



Drought indicators in The Netherlands

a case study to support anticipative drought management

A thesis by **Rutger Weijers**
Master Water Management - Civil Engineering, TU Delft
July 2020



Rijkswaterstaat

 **TU Delft**

This thesis was carried out in close collaboration with Rijkswaterstaat,
part of the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management:



Rijkswaterstaat



Drought indicators in The Netherlands

A case study to support anticipative drought management

By

R.T.J. Weijers

in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science

in Civil Engineering, Water Management

at the Delft University of Technology,
to be defended publicly on Wednesday July 8, 2020 at 15:00 PM.

Supervisor:	Dr. E. Mostert	TU Delft
Thesis committee:	Dr. ir. M. Coenders (-Gerrits),	TU Delft
	Dr. ir. J. S. Timmermans,	TU Delft
	Drs. V. Beijl,	Rijkswaterstaat
	Ir. W. Oosterberg,	Rijkswaterstaat

An electronic version of this thesis is available at <http://repository.tudelft.nl/>.

Summary

In 2018, The Netherlands experienced the most severe drought since 1976. In response to this, the Minister of Infrastructure and Water Management established the 'Beleidstafel Droogte'. This committee was asked to study drought, and to come up with recommendations concerning drought management to make The Netherlands more resilient to drought. An external scientific committee took part in the Beleidstafel Droogte. One of their key recommendations was to introduce other drought indicators since the currently used indicator (precipitation deficit) is not sufficient due to limitations.

This research investigates what drought indicators can be used in The Netherlands to support anticipative drought management. For water managers, it is crucial to know when and where drought occurs, and how severe this drought is. For this reason, drought indicators can be used to reveal the start, severity and end of a drought. However, to define drought, regional differences need to be incorporated. Therefore, this research used a case study area to find out what drought indicators can be introduced. Within the boundaries of this area, three different analyses were conducted: 1) hydrological analysis, 2) stakeholder analysis and 3) policy analysis. According to the results of these analyses, a set of potentially relevant and suitable drought indicators was selected. Subsequently, these drought indicators were tested with focus groups to determine whether they can be used to support anticipative drought management.

The area of water board Vallei & Veluwe was selected as the case study area. Concerning the hydrological analysis, multiple methods were applied to obtain a better understanding of the water system and essential hydrological processes. In this way, relevant drought indicators were selected from a physical point of view. Because of the relative nature of drought, several stakeholders that are directly affected by drought are interviewed. Through semi-structured interviews, information was obtained about the stakes and information needs of different stakeholders, concerning drought. This information was taken into account when relevant, and suitable drought indicators were selected. Since measures can be taken to anticipate drought or to mitigate drought problems, the policy on drought was considered. Furthermore, based on drought conditions that are evaluated through drought indicators, measures are taken. Apart from this, the measures that are taken will influence the indicators. Therefore, considering this interrelation, policy on drought within the case study area was studied. The results of the analyses mentioned above led to the following selection of drought indicators: SPI-1 & SPI-3, soil moisture, stream discharge, groundwater levels/isohypse, NDVI and EVI.

To test the selected indicators can support anticipative drought management, two focus groups session were organised. For these focus groups, a dry year was reconstructed, which was explored by the participants. Based on the information that was presented to the participants, they were asked whether they would advise taking measures and what their level of alertness was. One group received information from the selected indicators, whereas the other group received information which is used nowadays for drought monitoring. After evaluating and comparing the focus groups, conclusions were drawn.

The participants that received information from the selected drought indicators acted more pro-active, because: 1) measures were advised more rapidly, 2) more measures were advised, and maintained applicable for a more extended period, and 3) the level of alertness was significantly higher. Based on these findings, it was concluded that the selected drought indicators support anticipative drought management.

Samenvatting

In 2018 kende Nederland de ergste droogte sinds 1976. Als reactie hierop heeft de minister van Infrastructuur en Waterstaat de 'Beleidstafel Droogte' opgericht. Deze commissie is gevraagd om droogte te onderzoeken en aanbevelingen te doen voor droogtebeheer om Nederland weerbaarder te maken tegen droogte. Een externe wetenschappelijke commissie heeft deelgenomen aan deze Beleidstafel Droogte. Een van de belangrijkste aanbeveling was om andere droogte-indicatoren te introduceren, aangezien de huidige indicator (neerslagtekort) vanwege beperkingen niet voldoende is.

Dit onderzoek verkent welke droogte-indicatoren in Nederland gebruikt kunnen worden om anticiperend droogtebeheer te ondersteunen. Voor waterbeheerders is het cruciaal om te weten wanneer en waar droogte optreedt en hoe ernstig deze droogte is. Droogte-indicatoren kunnen worden gebruikt om het begin, de ernst en het einde van een droogte te achterhalen. Echter, om droogte te definiëren, is het van belang dat er regionale verschillen in acht worden genomen. Daarom heeft dit onderzoek een casestudygebied gebruikt om uit te zoeken welke droogte-indicatoren kunnen worden geïntroduceerd. Binnen de grenzen van dit gebied zijn drie verschillende analyses uitgevoerd: een 1) hydrologische analyse, 2) stakeholderanalyse en 3) beleidsanalyse. Op basis van de resultaten van deze analyses is een set potentieel relevante en geschikte droogte-indicatoren geselecteerd. Vervolgens zijn deze droogte-indicatoren getest en geëvalueerd door middel van focusgroepen om te bepalen of ze kunnen worden gebruikt om anticiperend droogtebeheer te ondersteunen.

Het waterschap Vallei & Veluwe is gekozen als casestudygebied. Meerdere methoden zijn toegepast om een beter begrip van het watersysteem en de essentiële hydrologische processen te verkrijgen. Op deze manier zijn relevante droogte-indicatoren geselecteerd vanuit een fysisch oogpunt. Verschillende belanghebbenden die rechtstreeks door droogte worden getroffen zijn geïnterviewd. Informatie werd verkregen over de belangen en informatiebehoeften van de belanghebbenden over droogte door middel van semi-gestructureerde interviews. Waar relevant, werd met deze informatie rekening gehouden en werden geschikte droogte-indicatoren gekozen. Er is gekeken naar het droogtebeleid, omdat maatregelen kunnen worden genomen om droogte te voorkomen of om droogteproblemen te mitigeren. Verder worden maatregelen genomen op basis van droogte-omstandigheden die worden geëvalueerd aan de hand van droogte-indicatoren. Daarnaast zullen de maatregelen die worden genomen de indicatoren beïnvloeden. Gezien deze onderlinge samenhang is besloten om het droogtebeleid binnen het casestudygebied te onderzoeken. De resultaten van de bovengenoemde analyses hebben geleid tot de volgende selectie van droogte-indicatoren: *SPI-1 & SPI-3, bodemvocht, afvoer, grondwaterstanden / isohypse, NDVI en EVI*.

Twee focusgroep sessies zijn georganiseerd om de geselecteerde indicatoren die anticiperend droogtebeheer kunnen ondersteunen te testen en te evalueren. Voor deze focusgroepen is een droog jaar gereconstrueerd die door de deelnemers is verkend. Op basis van de informatie die aan de deelnemers werd voorgelegd, werd hen gevraagd of zij zouden adviseren maatregelen te nemen en wat hun alertheid was. De ene groep ontving informatie van de geselecteerde indicatoren, terwijl de andere groep informatie ontving die tegenwoordig wordt gebruikt voor droogtemonitoring. Na evaluatie en vergelijking van de focusgroepen zijn conclusies getrokken.

De deelnemers die informatie van de nieuw geselecteerde droogte-indicatoren ontvingen, reageerden proactiever, omdat: 1) maatregelen sneller werden geadviseerd, 2) meer maatregelen werden geadviseerd en van toepassing bleven gedurende een langere periode, en 3) het niveau van alertheid was significant hoger. Op basis van deze bevindingen werd geconcludeerd dat de geselecteerde droogte-indicatoren anticiperend droogtebeheer ondersteunen.

Acknowledgements

The completion of this thesis would not have been possible without the participation of all **participants** involved in this research by sharing their narratives, knowledge and opinions. Their contributions are sincerely appreciated and gratefully acknowledged.

Besides this, I would like to express my sincere gratitude to my supervisors from the TU Delft, **Erik Mostert**, **Miriam Coenders (-Gerrits)**, and **Jos Timmermans** to encourage me and to provide me with valuable guidance and supervision throughout the course of this work.

As a daily supervisor, I would like to thank **Vincent Beijck** from Rijkswaterstaat for sharing his expertise and knowledge about the subject, providing me with valuable feedback, and introduce me to Rijkswaterstaat as an executive agency of the Ministry of Infrastructure and Water Management. Then, I would also like to express my gratitude to **Willem Oosterberg**, also from Rijkswaterstaat, for the valuable input at various stages of my thesis research.

Last, but not the least, I feel to acknowledge my **family, friends** and **girlfriend** who shared their support, encouragement, suggestions, and very constructive criticism with me, and gave me the confidence in completing this master thesis.

Rutger Weijers
Breda, July 2020

Contents

01

Chapter 1. Introduction	1
1.1 Motivation	1
1.2 General background	3
1.3 Problem statement	7
1.4 Goal and research question	8
1.5 Definitions	9
1.6 Research approach	10
1.7 Outline	13

02

Chapter 2. Theoretical background	15
2.1 Drought	15
2.2 Types of drought	17
2.3 Drought versus water scarcity	22
2.4 Anthropogenic activities and drought	23
2.5 Conclusion	24

03

Chapter 3. Methodology	27
3.1 Case study area	27
3.2 Hydrological analysis	33
3.3 Stakeholder analysis	35
3.4 Policy analysis	38
3.5 Selection of drought indicators	39
3.6 Focus groups	42
3.7 Overview of the methodology	53

04

Chapter 4. Results	55
4.1 Hydrological analysis	55
4.2 Stakeholder analysis	63
4.3 Policy analysis	70
4.4 Selection of drought indicators	74
4.5 Focus groups	76

05

Chapter 5. Discussion	80
5.1 Main outcomes	80
5.2 Discussion of the results	81
5.3 Literature comparison	87
5.4 Implication of the findings	90
5.5 Evaluation of the study	91
5.6 Recommendations and future work	93

06

Chapter 6. Conclusion	95
------------------------------	-----------

07

Chapter 7. References	100
------------------------------	------------

08

Chapter 8. Appendices	105
Appendix A	105
Appendix B	107
Appendix C	156

List of Figures

Chapter 1

Figure 1.1 Conceptual overview of the methods used for this research and how they are connected	11
--	----

Chapter 2

Figure 2.1 Different types of drought that can be used to measure drought as a physical phenomenon (NDMC, 2018)	17
--	----

Figure 2.2 Drought propagation through the terrestrial part of the hydrological cycle by means of a synthetic time series: 0, mean; +, positive anomaly; -, negative anomaly (van Loon, 2015)	20
--	----

Figure 2.3 The propagation of drought in the Anthropocene (Van Loon, Gleeson, <i>et al.</i> , 2016)	23
--	----

Chapter 3

Figure 3.1 Conceptual overview of the methods used for this research and how they are connected	27
--	----

Figure 3.2 The six RDO's	28
---------------------------------	----

Figure 3.3 Drought regions characterised by drought problems (Rijkswaterstaat and Waterschappen, 2019)	29
---	----

Figure 3.4 Case study area for this research	29
---	----

Figure 3.5 West-East oriented vertical cross section of the case study area with the REGIS II model. On the right side the location of the cross section is indicated (A-A')(DINOloket, no date)	31
---	----

Figure 3.6 North-South oriented vertical cross section of the case study area with the REGIS II model. On the right side the location of the cross section is indicated (A-A')(DINOloket, no date)	32
---	----

Figure 3.7 Water balance set up of the case study area	33
---	----

Figure 3.8 Risk of drought stress for the WH climate scenario of the KNMI, projected on the current climate	37
--	----

Figure 3.9 Precipitation deficit in mm/month for the years 1976, 2003 and 2018	42
---	----

Figure 3.10 Example of a precipitation map that was shown in an information update during focus group	44
--	----

Figure 3.11 Example of a precipitation deficit map that was shown in an information update during focus group	45
--	----

Figure 3.12 Map that shows the groundwater levels of several piezometers across the case study area	46
--	----

Figure 3.13 Isohyse map that was made for focus group session	46
--	----

Figure 3.14 SPI-1 map for the month May	47
--	----

Figure 3.15 SPI-3 map for the month May	48
--	----

Figure 3.16 (left) Different terms according to the soil moisture content (Pitts, 2016)	49
--	----

Chapter 4

Figure 4.1 Long term average yearly precipitation for the case study area	55
--	----

Figure 4.2 Locations of groundwater extraction for industrial purposes	56
---	----

Figure 4.3 Locations of the extraction points for drinking water supply	57
--	----

Figure 4.4 Map of the case study area, with several of the main water bodies	59
---	----

Figure 4.5 Map that shows the sprengbeken that are located within the case study area (Bouma, 2017)	60
--	----

Figure 4.6 Elevation map of the case study area (AHN, 2020)	60
--	----

Figure 4.7 Sources of the water supply for different regions. The case study area does not have a water supply source	61
--	----

Figure 4.8 Relation between the thickness of the unsaturated layer (y-axis) in metres and the reaction time (x-axis) in days (Jansen, 2013)	62
--	----

Figure 4.9 Average number of measures that was advised by the participants	77
---	----

Figure 4.10 Level of alertness with respect to drought, based on the information updates during the focus groups	77
---	----

List of Tables

Chapter 3

Table 3.1 Drought (and flood) intensities for different SPI values (World Meteorological Organization (WMO), 2012)	40
Table 3.2 Overview of stream discharge data set	49
Table 3.3 (right) Soil moisture content	49
Table 3.4 NDVI & EVI values for the information updates	50

Chapter 4

Table 4.1 Overview of the answers from the participants of the focus group	78
---	----



1.1 Motivation

During the summer of 2018, The Netherlands experienced the most severe drought since 1976 (Kramer *et al.*, 2019). In response to this event, the Minister of Infrastructure and Water Management set up a committee (*'Beleidstafel Droogte'*) to study drought in The Netherlands, which included a scientific committee. As commonly known, The Netherlands will suffer from more droughts and other extreme weather events due to climate change. In order to anticipate and adapt to climate change concerning drought, the committee was asked to come up with recommendations for improving drought management. Although The Netherlands is internationally renowned for its expertise in water management, there is relatively limited experience concerning drought. In addition, it is interesting to note that the term drought does not even appear in the hydrological dictionary (Moors *et al.*, 2002). From this perspective, more knowledge with respect to drought is needed. Furthermore, it is generally known that drought causes severe economic, social and environmental damage (Wilhite, 2000). For this, drought management should be improved to prevent potential future damages caused by drought.

During the drought in the summer of 2018, the National Coordination Committee for Water Allocation (LCW) came into action and provided information and advice concerning drought. The LCW is a cooperation consisting of different parties, including Rijkswaterstaat, water boards, provinces, and water supply companies. Rijkswaterstaat is the implementing body of the Dutch Ministry of Infrastructure and Water Management. When the LCW comes into action and advises about drought impacts, it is usually intended to mitigate these through activating the water distribution priority sequence. During a persisting drought, circumstances compromise sufficient water availability for different functions (e.g., agriculture, shipping, and industry). When such a situation occurs, decisions have to be made concerning the water allocation from the discharge of the main rivers. Therefore, four different categories are determined with respect to priority. The first category (security and irreversible damage; e.g., the stability of water defences) has the highest priority, and the fourth category (other functions; e.g., shipping and agriculture) the lowest (Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen, 2019).

This study is performed from the perspective of drought management by the LCW. This committee acts as a crisis management team during drought. As already mentioned above, the LCW advises to anticipate drought and mitigate drought-related problems by implementing the priority sequence. Instead of mitigating drought employing the priority sequence, more attention should be paid to anticipate drought. In this way, drought-related problems can be prevented instead of mitigated. For example, it took almost two years after the drought of 2018 to recover from the effects and increase groundwater levels to normal (NOS, 2020). Although not as severe as during 2018, the summer of 2019 was also

very dry and had significantly affected water resources. Especially on the elevated sandy grounds of The Netherlands, drought impacts have been visible for an extended period. Moreover, when the winter half-year is less wet than average, no recovery can take place. This year, 2020, can be the third year in a row of dry years, as the precipitation deficit reaches record levels again.

It is important to have sufficient knowledge on the hydrological system, stakeholders and policy to support anticipative drought management. In this way, signals can be received in time, and decisions can be made based on this knowledge. As a consequence, drought impacts are most likely limited and long-term recovery becomes unnecessary. These signals can be provided by relevant and suitable drought indicators.



1.2 General background

This Section will briefly outline the background, which either contributed to the motivation of this thesis research, as well as playing a role in creating a vision on water management. Furthermore, this Section shows the importance of recognizing drought as a problem concerning the water system in The Netherlands. This supported the motivation to conduct this research.

1.2.1 Dutch battle against water

The Netherlands is renowned for its geographical location within a delta, causing two-thirds of the land surface area to be below sea level. As a result, there is a threat of water from the west by the sea and from the east by rivers bringing in water. Proper water management is of great importance to be protected against these threats. Due to well-designed hydraulic structures such as storm barriers, dikes and pumping stations, the Dutch society is able to live safely in this low-lying country. For centuries water managers are working day-to-day to guarantee protection from the threatening water. Some parts of The Netherlands used to be underwater, but have been reclaimed, and are therefore mostly used as agricultural fields due to the fertile soils. All of these interventions and daily challenges made the water system to become complex (Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen, 2019). As a result of this complex water system and the high-water management standards, Dutch water management has received increasing international interest. This international reputation was mainly caused by land reclamation and the famous Delta Works, in response to the big flood in 1953 (Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen, 2019).

Dutch society has always been challenged to stay protected against the devastating consequences of floods. Tol and Langen (2000) say that it can be argued that the battle of the Dutch against water is caused by themselves. In the 10th century, people migrated to low-lying arable grounds. During this time, the climate changed and is, therefore, better known as the Medieval Climatic Optimum (Tol and Langen, 2000). This was a time of warm climate which occurred between 900 - 1300 AD and was characterized by increasing warmth in Europe (Mann, 2002). As a result of this climate change, the Dutch society was able to expand their agricultural area to peatlands. Because of drainage of peatland, (ground)water levels decreased. This led to the desiccation of land and was followed by oxidation of the peat layers. As a consequence, subsidence occurred. This caused relative rise of water levels from both the sea and rivers, and made the land prone to flooding. During the 12th century, storm surges changed the shape of the coast. In combination with the relative rise of water levels, flooding occurred more frequently in the subsequent centuries. These floods instigated the design of flood protection, such as dikes, and the necessity to set up water boards (Tol and Langen, 2000). These water boards are at the cradle of Dutch water management and enabled the development of a safe society, with respect to flooding.

Water boards were the first democratic governances in The Netherlands and represented stakeholders' interests that would benefit from proper water management (Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen, 2019). However, it is somewhat debatable whether water boards were the first democratic governances. According to van Tielhof (2015), the term democracy is not unambiguous and was insignificant during

the middle ages and pre-modern times or was spoken of as something inconvenient. Since the 18th-century, rivers in The Netherlands were having problems with the discharge of water. These problems were mainly caused by sedimentation of estuaries of the main rivers and ice dams during winter, which resulted in frequent flooding. The government decided that a central organization should be established to handle these problems. As a result, Rijkswaterstaat was founded as a powerful central organization that addressed water problems and thereby protected The Netherlands from flooding (Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen, 2019).

1.2.2 Changing water management

The Section above shows that water has often been interpreted as a hazard, and that the Dutch society had to fight against the water. Nowadays, flooding is still an important topic in water management and receives much attention. This attention for flooding and alertness for potential risks that could cause damage is not unnecessary. The Netherlands is still prone to flooding due to the low-lying land surface, river peak discharges, subsidence, and threats from the sea. However, the water system in The Netherlands is well-engineered, and due to alertness and Dutch experience concerning water management, the risk of flooding is small. One should remind that risk is determined by: $risk = probability * consequences$. Due to the Dutch water management efforts, the probability is low, but flooding can have significant consequences.

Rivers were normalized in the 18th-century to address the problems concerning floods. Besides, also the distribution of water of the river Rhine over the different branches was a problem. Therefore, the river system in The Netherlands was re-designed to ensure that the discharge capacity of the rivers has been improved (Praamsma, 1986; Heezik, 2007). In this way, the risk of flooding has been reduced. More recently, the view on water management has changed. Instead of building engineered infrastructural works for flood protection, spatial flood protection measures are designed more often nowadays (Roth and Warner, 2007). The project 'Room for the River' is a good example. With the project, more room was given to the river, and thereby flood levels were lowered, as opposed to heightening dikes that lead to increased flood levels (Klijn, Asselman and Wagenaar, 2018). Also, the recovery of small streams that takes place since the end of the 20th century is opposite to the idea of normalization. At the beginning of the 20th century, most small streams were canalized to meet groundwater level standards for the sake of agriculture, reduce flood risks, and improve discharge capacity (Eekhout *et al.*, 2014; Pesman, Evers and Kits, 2016). This led to increased drainage, which enhanced drought in the river valleys significantly. By restoring the river valley's natural system and taking into account both river course and river banks, discharge dynamics have become lower. Decreasing discharge dynamics results in increased water retention during drought while peak discharges level off (Verdonschot *et al.*, 2017).

1.2.3 Climate change

The aforementioned 'Room for the River' project was a response to the near floods in the 1990s. After an extended period in which significant floods had not been witnessed, the extreme discharge events in 1993 and 1995 were the trigger for The Netherlands to change river flood management policy (Klijn, Asselman and Wagenaar, 2018). Also, climate change has been part of the debate as well, when the river flood management policy was revised. Due to climate change, higher peak discharges are expected to occur, and therefore flood risk needs to be decreased by giving more room to the river (Roth and Warner, 2007).

Hitherto only flooding has been discussed, resulting from the Dutch's ongoing battle against water for a long time and the corresponding hazards. One should remind that the effects of climate change are not unambiguous. Therefore, water management policy should consider multiple possible scenarios that can be a result of climate change. Nowadays, it is well acknowledged that climate change due to human activities cannot be reversed. Concerning the river discharge regime, it is expected that high peak discharges will become higher and occur more frequently. On the other hand, lower discharges are expected to become lower and will last longer. According to climate scenarios, peak discharges within the relevant catchments will increase with 20%-30% above the capacity of the designed catchments in The Netherlands. These peak discharges are better to predict compared to lower discharges. Complex interactions within the catchment cause difficulty in the prediction for lower discharges. Lower discharges will negatively affect the shipping industry, nature, drinking water supply, and water distribution and increase salinization (Klijn *et al.*, 2019). These consequences of climate change are related to river discharge, but climate change has more consequences.

The KNMI has translated the results of the IPCC 2013 report to the effects of climate change in The Netherlands and came up with four different scenarios. These scenarios are better known as the KNMI'14 - climate scenarios. For all four scenarios (G_H , G_L , W_H , W_L), the temperature will rise in The Netherlands, and precipitation will increase except during the summer season. Regarding extreme precipitation, the intensity of these extreme events will increase for all scenarios. Furthermore, snowfall will decrease, which means that more rainfall will occur during winter. Consequently, there will be less supply of smelt water from the Alps during the summer half-year. Apart from this, the amount of solar radiation that reaches the earth's surface in The Netherlands will increase.

Since both temperature and incoming solar radiation will increase, it makes sense that (potential) evaporation in the future will become higher as well (Tank *et al.*, 2015). Regarding future scenarios and keeping climate change in mind, one can say that The Netherlands will experience more flooding on the one hand, but on the other hand, drought will occur more frequently. High river discharge and extreme rainfall can cause flooding. By contrast, low river discharge, high temperatures and increased solar radiation can lead to more droughts in the future.

1.2.4 Drought

Based on those mentioned in previous paragraphs, the main focus of attention seems to lie on flooding and keeping dry feet by protecting land and society from threatening water. However, with climate change lying ahead, and already happening, it is of great importance to acknowledge the consequences of drought as well. According to the KNMI'14 - climate scenarios, the return period of droughts will decrease, which means that the likelihood of drought increases in the future (Sluijter *et al.*, 2018). As climate change will cause a higher frequency of drought, it is essential to consider drought as equally relevant as flooding, and take that into account for future water management. Therefore, more attention should be paid to drought in The Netherlands to deal with the consequences of climate change, and the corresponding effects on the water regime.

The '*Delta Programme*' is a Dutch government programme to protect The Netherlands from flooding and to ensure sufficient fresh water. With this programme, the government wants to organize The Netherlands in such a way that it is climate-proof and water-robust (Deltacommissaris, no date). Due to climate change, new challenges have arisen for The Netherlands and demand for innovative water management. Instead of having the main focus of attention on flooding and keeping dry feet, the attention should be distributed more equally among both flooding and drought. To qualify this statement, it is important to keep in mind that flooding has major consequences and should be prevented at any time. However, drought is something relatively unknown for The Netherlands and did not cause any significant problems yet, in contrast to flooding. Because of this fact, the use of drought indicators should be studied more closely to be better prepared for drought and to support anticipative drought management in The Netherlands.

1.3 Problem statement

The main topic of this thesis is “**drought indicators in The Netherlands**”. One of the key recommendations made by the scientific committee for drought is to introduce other drought indicators. The currently used drought indicator in The Netherlands is the precipitation deficit. The desire for other drought indicators has arisen due to limitations of the precipitation deficit. One of these limitations is, for instance, the use of reference evaporation for the computation of the precipitation deficit. This makes precipitation deficit a rather theoretical indicator. Furthermore, this indicator takes only meteorological input data into account, and thus focuses on meteorological drought. Therefore, Hulscher *et al.* (2019) recommend that by improving the effectiveness of the policy, and thereby drought management, other indicators are needed. These should be more realistic concerning water shortages. Besides, the indicators should be not only physical but also socio-economic and ecological. In this way, anticipative drought management can be supported through the use of other drought indicators. This will lead to a shift from mitigation of drought-related problems, to anticipate drought-related problems.

It is essential for water managers to know when and where drought impacts are likely to occur and how extreme these will be, to be prepared, and to anticipate. This information can be provided through drought indicators that express drought conditions (Bachmair *et al.*, 2016). More than 100 drought indicators and indices are already being used in drought monitoring (Lloyd-Hughes, 2014). One can conclude from the large number of indicators that defining drought is difficult. Some of these indicators are designed for specific drought impacts on an ad hoc basis and often respond to a severe drought episode. This is mainly caused by authorities and stakeholders that demand for explanation and more research for the benefit of future drought management and policy after an extreme event. However, ad hoc solutions that are initiated this way are often constrained by practical issues and pragmatic choices due to poor data availability and data quality (Lloyd-Hughes, 2014; Bachmair *et al.*, 2016).

The WMO and GWP published a handbook concerning drought indicators and indices as part of the Integrated Drought Management Programme, based on literature (Svoboda and Fuchs, 2017). The aforementioned scientific committee suggested to study existing literature about indicators, to find out how these drought indicators can become operational in The Netherlands.

1.4 Goal and research question

This thesis aims to introduce other drought indicators that can be used to support anticipative drought management, so that drought management will be improved in The Netherlands. As already mentioned in the problem statement above, the precipitation deficit is not sufficient as a drought indicator. Other indicators should be introduced that are more realistic concerning water availability during drought. Furthermore, when finding other drought indicators they should not only be of a physical nature, but also of ecological and socio-economic nature as well (Hulscher *et al.*, 2019). Current practice concerning drought management focuses on the mitigation of drought impacts. However, according to the goal of this thesis, drought management should become more anticipative instead. The main research question therefore is:

“What drought indicators can be used to support anticipative drought management?”

Besides this main research question, also, several sub-questions will be addressed. These sub-questions will be introduced in the 'Research approach' Section. It is decided to introduce the sub-questions in another Section to provide a clear connection between the sub-questions, main question and methodology. The sub-questions are supportive for the research in order to answer the main research question.

1.5 Definitions

In order to clarify several terms that are frequently used in this research, this Section will describe the definitions of these terms.

drought indicators

"variables or parameters used to describe drought conditions. Examples include precipitation, temperature, stream flow, groundwater and reservoir levels, soil moisture, potential evaporation and snowpack" (Svoboda and Fuchs, 2017). In The Netherlands, the precipitation deficit is used as drought indicator.

drought indices

"are typically computed numerical representations of drought severity, assessed using climatic or hydrometeorological inputs including the indicators listed above (see indicators). They aim to measure the qualitative state of droughts on the landscape for a given period. Indices are technically indicators as well" (Svoboda and Fuchs, 2017).

drought

"Drought is a sustained period of below-normal water availability. It is a recurring worldwide natural phenomenon caused by a meteorological anomaly and modified by the physical properties of a catchment. Drought has spatial and temporal characteristics that vary significantly from region to another" (Tallaksen and van Lanen, 2004).

water scarcity

Water scarcity is a man-made phenomenon and is a recurrent imbalance that arises from an overuse of water resources, caused by consumption being significantly higher than the natural renewable availability. Water scarcity can be aggravated by water pollution (reducing the suitability for different water uses), and during drought episodes" (Schmidt and Sanz, 2013).

stakeholder

For this research stakeholders are individuals, institutes or sectors that are related to water and depend on proper water management. Therefore, they can be affected by deviations in water management and thus have their own needs and stakes concerning water management. Stakeholder are often affected by drought, although they might be able to have influence on the drought conditions as well through measures that can be taken.

1.6 Research approach

This Section provides a brief introduction of the methodology that is used for this thesis research. Several methods are used and will be discussed separately. Finally, the methods are connected to each other in order to create an overview of the scope and boundaries of this research. In Chapter 3 (*Methodology*), further details are given.

Drought is a relatively natural phenomenon that should be regarded not only from a physical perspective but also from a socio-economic perspective. Due to human influences on the water system and regional differences, it is impossible to provide a universal definition of drought. When neglecting human influences, one can only speak of merely meteorological drought. Therefore, physical characteristics, socio-economic aspects and human influence should be considered when defining drought. These solely have a meaning on a regional scale (Wilhite and Glantz, 1985; Lloyd-Hughes, 2014). More details about the definition of drought and the different types of drought are described in Chapter 2 (*Theoretical background*).

This thesis focuses on a case study area to consider regional differences. In doing so, the case study area that is used for this thesis research, is the area of water board Vallei & Veluwe. In the Section '*Case study area*' of Chapter 3 (*Methodology*), more details are provided regarding the choice of this area and about the area itself. It is important to note that using a case study area is one of the methods applied in this research. Within this case, several other methods are used to conduct three different analyses. These analyses are briefly introduced below.

First, to interpret and understand drought, the hydrology of the case study area needs to be studied. Therefore, one of the three analyses that was conducted within the case study area is a hydrological analysis. Through this analysis, relevant and suitable drought indicators can be determined, that correspond with the water system. The first step of this analysis is to set up a water balance to become familiar with key figures and obtain reference values. These reference values are important and useful figures to consider to determine whether the water availability in the area deviates from long term average values. Components of the water balance are precipitation (P), reference evaporation (E), inflow (Q_{in}), outflow (Q_{out}), leakage (GW_{loss}), and water use (Use). Further steps are discussed in Chapter 3 (*Methodology*).

As already briefly mentioned above, drought is a relatively natural phenomenon, and to define drought, both socio-economic aspects and human intervention need to be considered. To do so, it is only possible on a regional scale, since on that scale, socio-economic aspects have significance. Therefore, as a second analysis, a stakeholder analysis is performed. Besides, the impact of drought on these stakeholders is important to consider. To better understand this impact, it is necessary to learn more about how they

experience drought and what drought means for them. For this analysis, a selection is made of five different stakeholders within the case study area, that are directly affected by drought. These stakeholders are water managers, agriculture, the shipping industry, water supply company, and nature. Water managers, farmers and the water supply company are both affected and influential stakeholders. They can take measures against drought when necessary, which enables them to influence drought conditions. For all these sectors, representatives are interviewed to find out what their stakes and (information)needs are concerning water availability and drought, and how they experience drought. More elaboration and details concerning the stakeholder analysis is provided in Chapter 3 (*Methodology*).

The third analysis that is performed for this research focuses on policy. The reason for doing a policy analysis is because of the influence that water managers have on drought indicators when measures are taken. Furthermore, they can use drought indicators to determine whether an action is needed or not and what kind of action should be taken if necessary. To investigate this, the decisions and measures that can be taken with respect to drought in this case study area need to be further explored. For this analysis, the drought of 2018 is used as an example. The policy analysis is conducted by studying documents and using the results of the interviews of the stakeholder analysis. As a result, a timeline concerning drought management in 2018 is constructed, which provides an overview of the policy of that specific year. More details about this policy analysis are further discussed in Chapter 3 (*Methodology*).

The described methodology that is applied during this research, in which three analyses are performed within the case study area, can be interlinked to each other and to the goal of this study. The results of the three analyses together led to a set of relevant and suitable drought indicators, as shown in Figure 1.1. A conceptual overview of the methods used for this research to find these drought indicators is created. Basically, the Figure shows the three pillars of this research and how these three analyses have led to an answer to the main research question. After the set of drought indicators is selected, other methods will

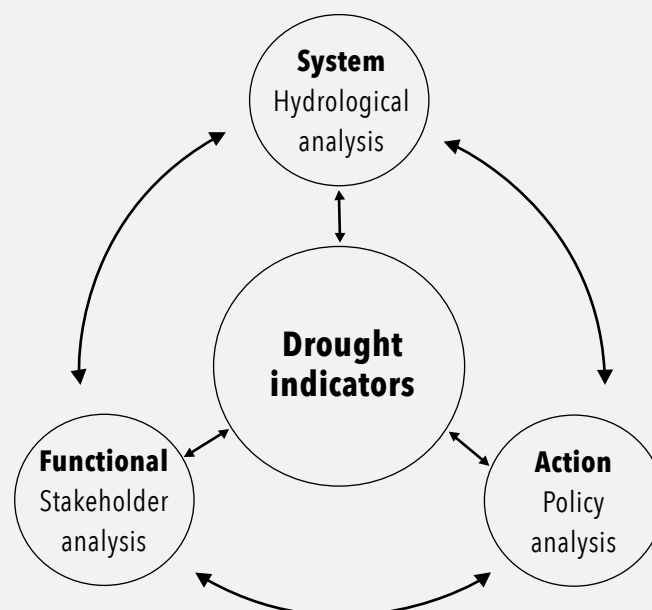


Figure 1.1 Conceptual overview of the methods used for this research and how they are connected.

be applied to test these drought indicators. This will be further explained in Chapter 3 (*Methodology*). After generating an initial research question and in order to get and answer to this question, several sub questions are defined and formulated to support this research. These sub-questions are structured according to Figure 1.1.

System

1. Which hydrological processes play an important role within the case study area?
2. What stocks and flows within the hydrological system are most important with respect to water availability?
3. How do the physical characteristics influence the water system within the case study area?

Functional

1. How do stakeholders experience drought, and what type of drought is most relevant for them?
2. What are the stakes and (information) needs of the stakeholders?
3. What impact does drought have on each stakeholder?
4. How can stakeholders benefit from new implemented indicators?

Action

1. What type of drought indicator (physical, ecological and socio-economic) is relevant for this research?
2. How do the determined drought indicators help policy makers and water managers concerning drought management?
3. What measures can be taken within the case study area, by both affected and influential stakeholders, to mitigate drought impacts?

1.7 Outline

This thesis consists of several chapters, which ultimately provides an answer to the main research question. Therefore, this thesis begins with an outline of a theoretical framework of this study in Chapter 2, which is based on literature research. Subsequently, Chapter 3 focuses on the methodology that is applied. Insights have been obtained from this method, which are explained in Chapter 4. These results are interpreted in Chapter 5, which contains the discussion. And finally, a conclusion is drawn from which recommendations are made in Chapter 6. To conclude this thesis, this last Chapter provides the reader with the answer to the main research question.



02 Theoretical background

This Chapter focuses on the theoretical background of this thesis. Some details about drought were already given in previous Chapter (*Introduction*). Further details concerning drought are discussed here based upon literature research.

2.1 Drought

As already mentioned in the introduction, *drought* is a naturally occurring phenomenon. However, there does not seem to be a general consensus about the concept and definition of drought. Therefore, extensive attention is paid to the concept and definition of drought in literature. In 1967 a paper was published which stated that the interpretation of the concept of drought widely varied amongst different fields of study. As such, this broad diversity to the definition of drought forms an obstruction for drought research (Yevjevich, 1969). Variety in both hydrometeorological conditions and socio-economic factors, together with the stochastic character of water demand on a regional scale, causes the impossibility to define drought precisely (Mishra and Singh, 2010). Lloyd-Hughes made an attempt to provide a mathematical description of a universal definition of drought. However, a universal definition of drought cannot be defined. This is due to a lack of knowledge with respect to certain climatologies, and the complexity of quantifying human influence. These climatologies are often not known, and for some cases, they cannot be known. Therefore, from the perspective of practical uses, universal drought cannot be quantified (Lloyd-Hughes, 2014). Since there are different concepts and definitions about drought, it is preferable to categorize them as either conceptual or operational. Wilhite and Glantz (1985) introduced these categories since they also state that the definition of drought should incorporate regional differences. As a result, they claim that it does not make any sense to search for a universally recognisable definition of drought (Wilhite and Glantz, 1985).

Conceptual definitions of drought usually imply the boundaries of the concept. Thereby these conceptual definitions are not helpful for those who would like to apply them for drought assessments (Wilhite and Glantz, 1985). Conceptual definitions of drought can often be found in dictionaries and basically refer to a more general description. These qualitative definitions of drought are mostly something like 'a deficit of water compared to the normal situation' (Lloyd-Hughes, 2014). In the Dutch dictionary, van Dale, drought is defined as 'a period without precipitation'. A more detailed conceptual definition of drought is given by Kallis (2008): "*Drought is a contemporary lack of water, which is, at least partly, caused by abnormal climate conditions and is damaging to an activity, group, or the environment*". Although this conceptual definition is broad enough to be used for multiple operational practices, it is still detailed enough to make a clear contrast between the related concepts of water scarcity and aridity (Kallis, 2008). The distinction between drought and water scarcity will be discussed later. For this research, the conceptual definition of drought, as described in Section 1.5, will be used: "*Drought is a sustained period of below-normal water availability. It is a recurring worldwide natural phenomenon caused by a meteorological anomaly and modified by the physical properties of a catchment. Drought has spatial and temporal characteristics that vary significantly from region to another*" (Tallaksen and van Lanen, 2004).

Operational definitions of drought try to reveal the start, severity, and ending of a drought. Therefore, these definitions can be helpful for drought assessment (Wilhite and Glantz, 1985). For example, the KNMI states that when more water is lost due to evaporation than water added through rainfall, one can speak of drought. Thus, the drought indicator that is being used by the KNMI for determining if there is any drought, is the precipitation deficit (KNMI, no date). This precipitation deficit is the cumulative difference between precipitation and reference evaporation, measured from the start of the summer half-year (April-September) (Eertwegh *et al.*, 2019). Since operational definitions make use of drought indicators, it is necessary to measure drought. However, it is not always easy to measure drought due to its complexity, which is different for other natural hazards. The challenges to measuring drought are caused by the difficulty of determining the onset, duration and ending of drought, the diffuse impacts of drought, spatial heterogeneity, hydro environmental and socioeconomic factors, and the relative concept of drought. These obstacles have led to a consensus amongst the drought scientific community that a universal drought definition is impossible to formulate (Kallis, 2008).

Now that both conceptual and operational definitions of drought are discussed, and the difference between them has been made clear, it is important to note that the operational definition of drought is more relevant for this research. Since the focus is on finding drought indicators that can be used to support anticipative drought management, it is more interesting to know the onset, duration, and ending of drought. As already mentioned above, these characteristics are encompassed within operational definitions of drought. In order to provide a more tangible definition of drought, further categorization of drought is necessary.

According to Horton (1931), the hydrological cycle is usually regarded as a composition of three phases: rainfall, runoff, and evaporation. One can imagine that precipitation, rainfall, for instance, is the process of the hydrologic cycle that transports water from the atmosphere to the earth's surface. This makes precipitation important for water availability. Concerning the amount of precipitation, it is sometimes normal that this amount is below-average due to natural climate variability (KNMI, 2019). However, nowadays, climate models show that year-to-year variability in precipitation will increase as a result of global warming (KNMI, 2018). Extraordinary lacking of precipitation is usually caused by deviating atmospheric circulation patterns. Several studies showed that anomalous atmospheric circulation patterns block the transport of moisture from the ocean. In Europe, the most relevant is the North Atlantic Oscillation (NAO), which blocks moisture transport that leads to abnormal precipitation deficits (García-Herrera *et al.*, 2007; Kingston *et al.*, 2015; Hanel *et al.*, 2018). A shortfall of precipitation does not always lead to drought. It depends on the local climate since it makes a difference whether an area with a humid climate is affected by precipitation deficit or an area with an arid climate (Kallis, 2008). Therefore, Kallis (2008) states that drought depends on rain effectiveness, the timing of the rain, the spatial distribution of the rain, hydro-environmental factors, and water uses. Considering precipitation deficit, one can speak of meteorological drought. This type of drought is used for further categorization. In general, four different types of drought are used and can help to identify and assess drought.

2.2 Types of drought

Drought can be defined from different disciplinary points of view. In order to create clear boundaries between the different disciplinary perspectives to define drought, it is useful to categorize these definitions into several types. The four different types of drought definitions that are commonly used are meteorological drought, agricultural drought, hydrological drought and socio-economic drought (Wilhite and Glantz, 1985). Figure 2.1 below shows the different types through time, starting with meteorological drought, followed by agricultural drought, and finally hydrological drought. Although agricultural drought is most often encountered in literature, this type of drought can also be called soil moisture drought. In Section 2.2.2, more details are discussed about these two different terms concerning soil moisture deficiency. The Figure shows the first three types of drought (meteorological, agricultural and hydrological), as these types can be used to measure drought when considering drought as a physical phenomenon. On the contrary, the socio-economic type considers drought from a supply and demand perspective, by regarding the effects of water scarcity propagating through socio-economic systems (NDMC, 2018). Each type of drought will be discussed in the following paragraphs, starting with a meteorological drought.

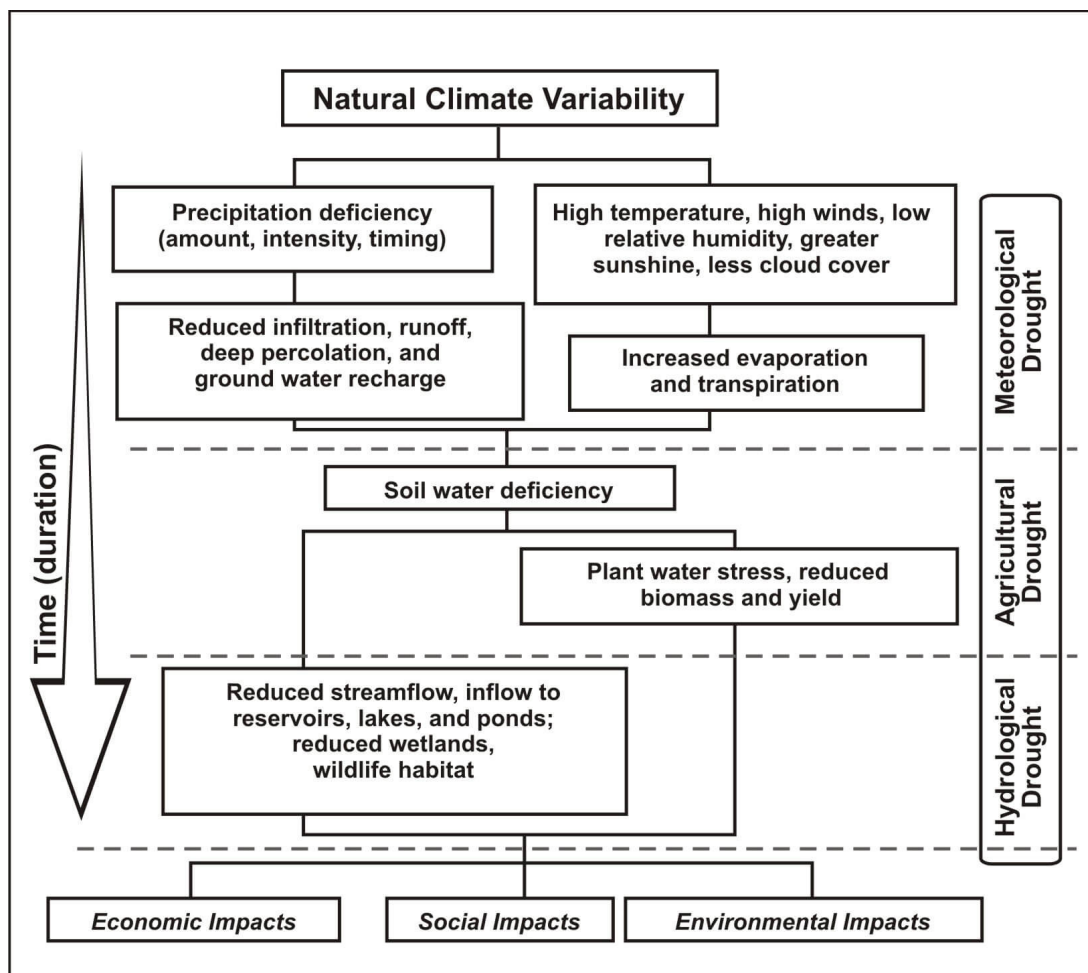


Figure 2.1 Different types of drought that can be used to measure drought as a physical phenomenon (NDMC, 2018)

2.2.1 Meteorological drought

Amongst the four types, meteorological definitions of drought are the most common. These definitions define drought merely according to the severity of drought and the duration of the dry period. Therefore, the intensity and duration are important variables for meteorological definitions and are compared to normal average values. Furthermore, these definitions should only be applied to single regions due to region-specific climatic conditions that determine whether one can speak of precipitation deficiencies (Wilhite and Glantz, 1985; Wilhite, 2000).

In general, **meteorological drought** is defined as a shortage of precipitation over a region for a particular duration (Mishra and Singh, 2010). Nowadays, the used operational definitions of drought, make use of certain indicator values that are input parameters for different drought indices (Kallis, 2008). Most important parameters that need to be measured and monitored for the analysis of meteorological drought are: precipitation, (potential) evaporation, and transpiration. Indices used to determine the severity of meteorological drought make both direct and indirect use of the parameters as mentioned earlier. Therefore, different temporal resolutions of the parameters are required for different indices. This can vary from real-time to monthly or annual values (Svoboda and Fuchs, 2017). As already mentioned earlier, a shortfall of precipitation, or meteorological drought, does not always lead to drought impacts. Regarding Figure 2.1, one can imagine that over time, as meteorological drought continues, the severity of precipitation deficiency will increase. The duration of meteorological drought - before leading to drought impacts - is also determined by surface water and groundwater storage. When these storages are sufficient, enough water is available for irrigation, meaning that meteorological drought duration can be extended (Stagge *et al.*, 2015). However, when meteorological drought continues for a certain period of time, the amount of available soil moisture will reduce. Therefore, the next type of drought that follows from the meteorological drought is agricultural drought.

2.2.2 Agricultural drought or soil moisture drought

Agricultural drought connects different aspects of meteorological drought to agricultural impacts. The main aspects considered are shortfalls of precipitation, the difference between potential and actual evaporation, transpiration, and soil moisture decrease (Wilhite, 2000). In principle, this is shown in Figure 2.1 as well. Quiring and Papakryiakou (2003) defined agricultural drought as “an interval of time, generally of the order of months or years, when the moisture supply of a region consistently falls below the climatically appropriate moisture supply such that crop production or range productivity is adversely affected”. However, the varying proneness of crops during different crop development stages should be taken into consideration when providing an operational definition of agricultural drought. This illustrates that drought impacts are particular for each crop species since phenological characteristics vary amongst them. Nevertheless, a significant decrease of yield will result when soil moisture deficiency persists for a sufficient amount of time (Wilhite, 2000).

Agricultural drought can also be called **soil moisture drought**. This is because soil moisture deficiency does not solely lead to reduced crop yield, but can also affect nature and infrastructure (Van Loon,

2015). Regarding the other types of drought from Figure 2.1, soil moisture drought would be more appropriate compared to agricultural drought. This is because both meteorological-, and hydrological drought focus on water types, as meteorological drought considers atmospheric water and hydrological drought considers both surface water and groundwater. In the majority of literature, the term agricultural drought is used. The emphasis in using this term is on the water user, which is agriculture. As agricultural damage is a well-known impact of drought, the term agricultural drought seems to be obvious. However, as mentioned earlier, soil moisture deficiency has more negative effects than a reduced crop yield. In order to incorporate these different effects that are related to soil moisture deficiency, and to prevent to emphasize on the water user instead of the type of water, soil moisture drought would be more suitable. For clarity, it is decided to use soil moisture drought in this thesis, due to the reasons mentioned above.

Another phenomenon concerning soil moisture drought is the so-called '*green droughts*'. These green droughts are encountered in the Central European region, and concern agricultural impacts of soil moisture drought. The remarkable characteristic of these green droughts is that it happens with relative plenty of annual rainfall. However, the timing of the rain is not right, and leads to reduced agricultural productivity (Trnka *et al.*, 2007). As such, it shows that not only precipitation deficit causes agricultural impacts, but also that the timing of precipitation plays an important role. However, both precipitation deficit and bad timing of precipitation can lead to soil moisture deficiency during critical development stages of crops. As a result, agricultural impacts will occur. In response, these impacts can be reduced by decreasing soil moisture deficiency through irrigation from surface water and groundwater. In doing so, soil moisture drought can be overcome. This is possible as long as there is no hydrological drought yet. As illustrated in Figure 2.1, hydrological drought occurs when time passes by and soil moisture deficiency increases.

2.2.3 Hydrological drought

When a lack of precipitation continues and becomes more extensive, meteorological drought evolves to other types. This is what is already discussed above concerning soil moisture drought. One could say that every drought, considering drought as a physical phenomenon, is in fact a meteorological drought (Smakhtin and Schipper, 2008). Albeit both soil moisture drought and hydrological drought are a result of meteorological drought, indicators for these types cannot be directly derived from meteorological drought indicators. Accordingly, a good understanding of the distinction between the different types is key to dealing with drought and minimizing the different impacts (Wang *et al.*, 2016).

Now focusing on **hydrological droughts**, these droughts are linked to the effects of precipitation deficits on surface or subsurface water supply instead of the shortfall of precipitation itself. After shortfall of precipitation, it takes time before any impact in other components of the hydrological system, e.g., streams or groundwater, are noticed. Therefore, hydrological droughts are out of phase with meteorological -and soil moisture droughts (Wilhite, 2000). The primary cause for developing a hydrological drought within a relatively constant climate, is shortfall of precipitation compared to normal conditions, which can be combined with higher than normal potential evaporation and transpiration rates. To clarify the

role of climate, it is important to be aware that hydrological drought develops differently for various types of climate regimes (Van Loon, 2015). The climate of The Netherlands is a temperate maritime climate which is known for its mild winters and cool summers, and thus can be regarded as a relatively constant climate. As already mentioned, it takes time before a shortfall of precipitation is noticed in other components of the hydrological system. When precipitation deficiency occurs, the amount of runoff will start to decrease, followed by soil moisture deficiency and finally leading to reduced streamflow and lowered groundwater levels. The latter two are characteristics of hydrological drought. Due to soil water deficiency, less water will reach the groundwater table to recharge groundwater storage, and less water will be discharged into streams since base flow will be reduced. Consequently, a reduced streamflow can cause saltwater intrusion. This is a recurring issue in The Netherlands during a (hydrological)drought episode, which is often encountered in Dutch polders, rivers and canals in the western part of this country. In comparison with precipitation anomalies, streamflow anomalies occur less frequent and are slightly less extreme. In addition, groundwater anomalies occur even less frequent and are smaller than streamflow anomalies. This sequence, starting with precipitation deficiency, is better known as 'drought propagation' (Van Loon, 2015). To illustrate, Figure 2.2 shows the mechanism of drought propagation through the terrestrial part of the hydrological cycle.

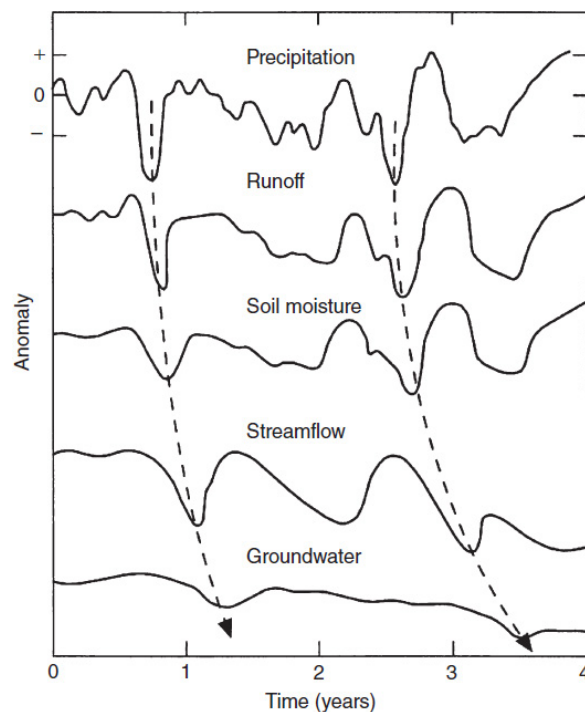


Figure 2.2 Drought propagation through the terrestrial part of the hydrological cycle by means of a synthetic time series: 0, mean; +, positive anomaly; -, negative anomaly (van Loon, 2015)

2.2.4 Socio-economic drought

The last type of drought that will be discussed is the **socio-economic drought**. Socio-economic drought links socio-economic effects to the types of drought that are mentioned in previous paragraphs, i.e., the impacts of the three above mentioned droughts. In principle, it implies a temporary shortcoming of water resources that can no longer satisfy the water demand. Thus, socio-economic drought relates drought to the supply and demand of a particular economic good (e.g., water, crop yield, hydroelectric power) (Wilhite and Glantz, 1985; Wilhite, 2000; Kallis, 2008; Mishra and Singh, 2010). Van Loon (2015) adds to that, the ecological impacts and impacts concerning health. Due to climate change and socio-economic developments (i.e., population growth, an increasing and intensifying agriculture, and an expanding industry) the demand for water will increase. For this reason, sufficient water supply is of great importance to society. Therefore, there is a growing recognition of the need for a better understanding of socio-economic drought (Mehran, Mazdiyasi and Aghakouchak, 2015). It is important not to confuse socio-economic drought, or drought in general, with water scarcity. Although both socio-economic drought and water scarcity are characterized by an imbalance between supply of water and water demand, these are not the same. Namely, water scarcity is a different phenomenon. Therefore, it is important to make a distinction between drought and water scarcity. The next Section will discuss in more detail the differences between drought and water scarcity.



2.3 Drought versus water scarcity

In Section 1.5, the definition of water scarcity is already provided. According to Schmidt and Sanz (2013), the main difference between water scarcity and drought is that water scarcity is a man-made phenomenon and drought is a natural phenomenon. As a consequence of the structural inequality between supply and demand for water, water scarcity is considered to be man-made. This imbalance results from excessive use of water resources for consumption that is higher than the natural recharge of these resources. Furthermore, one should know that water scarcity could be a result of drought, whereas drought can never be a result of water scarcity.

According to van Loon and van Lanen (2013), it is often difficult to make a clear distinction between drought and water scarcity, since the two phenomena often occur simultaneously. Water scarcity is associated with precipitation deficiency, but several other causes for water scarcity can be identified. Other non-meteorological aspects that can cause water scarcity are: absence of decent infrastructure for water storage and transport or water management constraints (e.g., water rights) (Martin-Carrasco and Garrote, 2007). The EU has growing concerns regarding drought events and water scarcity due to the lasting structural inequality of water demand and the amount of water available in Europe. Regarding the large number of people affected and the involving economic damage, the European Commission is asked to face the challenges of drought and water scarcity. As such, a water quantity analysis is relevant in order to address these challenges. To be able to conduct this analysis, water scarcity should be distinguished from drought (European Commission, 2012).

Previous research distinguished water scarcity from drought. In this study, van Loon and van Lanen (2013) defined water scarcity as: "The overexploitation of water resources when demand for water is higher than water availability". Based on this definition, water scarcity is more focused on the effects of anthropogenic activities on the hydrological system. In general, the socio-economic drought causes water scarcity. As already mentioned above, the socio-economic drought focuses on the impact of drought on society and leads to economic damage due to human activities. In order to reduce economic damages and maximize profit through water allocation, it is important to understand the relation between physical variables. These variables include, for example, temperature, precipitation, and streamflow, but also water demand and infrastructure management (Pedro-Monzonís *et al.*, 2015). Ultimately, both natural and anthropogenic factors influence the amount of water that is available for society. However, water scarcity, with respect to drought, should be regarded as a relative condition instead of an absolute condition (Wilhite and Glantz, 1985). To clarify, this thesis research focuses on drought. Although drought is a natural phenomenon, as discussed above, it is also influenced by human activity. Therefore, it should be questioned what role mankind plays. It becomes clearer that anthropogenic activities are important to consider when studying drought.

2.4 Anthropogenic activities and drought

As discussed in previous paragraph, drought is regarded as a natural phenomenon. Moreover, a general consensus on the definition of drought is lacking. Furthermore, the four different types of drought definitions are discussed as well. Recent studies have suggested reconsidering these definitions by taking human-activities into account (Wada *et al.*, 2013; Van Loon, Gleeson, *et al.*, 2016; Van Loon, Stahl, *et al.*, 2016). The geological epoch the world is presently facing is known as the Anthropocene. The Anthropocene is conceived by scientists due to the impacts of human activity on earth and in the atmosphere, which play a major role in geology and ecology. These human activities have grown to become geological forces, which justifies using the Anthropocene for marking the current geological epoch (Crutzen, 2006).

One of the human activities that have led to the term 'Anthropocene' is land-use change. This affects hydrological processes such as evaporation, transpiration, infiltration, surface runoff, and water storage. As a result, this also influences the development of drought (Van Loon, Gleeson, *et al.*, 2016). As already mentioned above, the hydrological cycle, according to Horton, regards hydrology from a purely natural point of view. However, to address the challenges of the SDGs concerning water, presented by the UN, a more integrated water resources management is required. The discipline of socio-hydrology has an important role to face these challenges and improve the understanding of the relations between water and human systems (Di Baldassarre *et al.*, 2019). By focusing on drought, drought research has made progress, but the interaction between drought and human society has not yet been sufficiently addressed (Van Loon, Stahl, *et al.*, 2016). Figure 2.3 below shows the propagation of drought in the Anthropocene, and thus takes human activities into account as well in drought development.

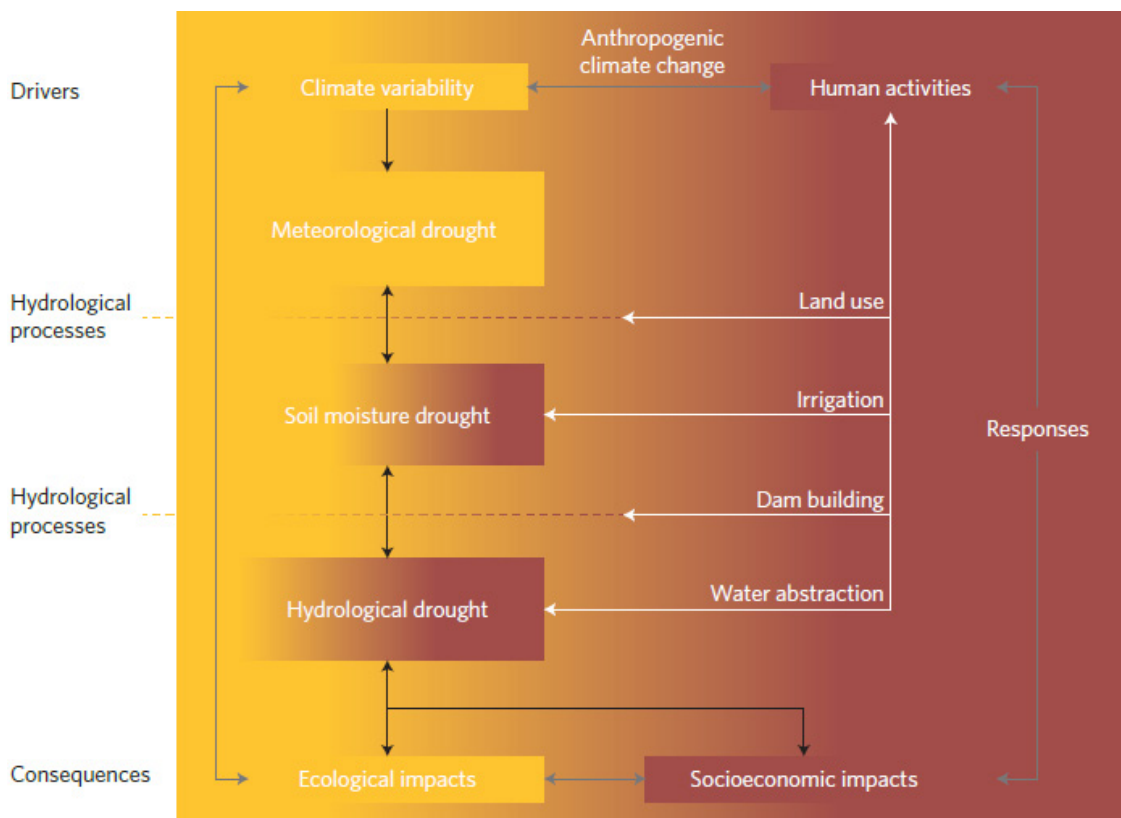


Figure 2.3 The propagation of drought in the Anthropocene (Van Loon, Gleeson, *et al.*, 2016)

Water fluxes and storages can be influenced by human activities, and thus these activities can modify the propagation of drought. Therefore, human activities can even cause drought when there is no natural driver of drought (Van Loon, Stahl, *et al.*, 2016). These are interesting insights in drought research that can be of great value for drought management. From the aforementioned different types of drought definitions, one can solely regard meteorological drought to be purely natural, since society cannot make it rain. Although, the KNMI-14 scenarios show that also precipitation is influenced by Anthropogenic climate change. The other types of drought, however, do involve human interaction with the hydrological cycle. Van Loon, Stahl, *et al.* (2016) suggest using the natural types of drought as 'climate-induced' droughts, and drought that can be assigned to human activities 'human-induced' or 'man-made' droughts. The introduction of these definitions are likely to be beneficial for drought management. It can be expected that more appropriate measures and decisions can be taken when water managers can better understand the drivers of drought.

2.5 Conclusion

In this Chapter, the theoretical background of this thesis is presented, based upon a relevant literature review. Noteworthy is that there is no consensus within the scientific community concerning the definition of drought to a universal definition. Moreover, a universally recognized definition of drought is not desirable due to regional differences that should be incorporated. However, in order to deal with this problem, extensive attention is paid in the literature to the concept and definition of drought. Within this thesis research, the conceptual definition of drought is used from Tallaksen and van Lanen (2004): "*Drought is a sustained period of below-normal water availability. It is a recurring worldwide natural phenomenon caused by a meteorological anomaly and modified by the physical properties of a catchment. Drought has spatial and temporal characteristics that vary significantly from one region to another*".

Considering the different concepts and definitions of drought, Wilhite and Glantz (1985) introduced conceptual and operational definitions of drought. Conceptual definitions refer to a more general description of drought, such as found in dictionaries. Operational definitions try to reveal the start, severity, and ending of a drought. Further categorization of drought definitions

resulted from the different disciplinary views on drought. The different types discussed in this Chapter are meteorological drought, soil moisture drought, hydrological drought and socio-economic drought. The first three types can be used to measure drought considering drought as a physical phenomenon, while the latter considers the effects of drought in socio-economic systems.

To address challenges concerning drought it is essential to perform a water quantity analysis. This requires a clear distinction between drought and water scarcity. In doing so, drought is regarded as a natural phenomenon, although human activities play an important role as well. By contrast, water scarcity is man-made due to the overexploitation of water resources. It should be considered that drought cannot be a result of water scarcity, whereas water scarcity can be a result of drought. In principle, water scarcity is the result of a structural imbalance between water supply and demand, resulting from poor water management. However, nowadays, it should be questioned what role mankind plays in drought development regarding human activities.

Drought in the Anthropocene may put a new focus on the definition of drought. Still, drought can be regarded as a natural phenomenon, but human activities affect processes within the hydrologic system. For the sake of proper water- and drought management, the interaction between water and human systems should be studied for a better understanding. By taking human activities into account in drought development, the understanding of drivers of drought will become better. In this way, the right measures and decisions can be taken by water managers.

For this thesis research, drought is regarded as a natural phenomenon according to the definition of Tallaksen and van Lanen (2004). Furthermore, this research focuses on drought indicators that can be used to support anticipative drought management. Thereby, the focus is on dealing with drought and not on the mechanisms of drought development that is influenced by human activities. However, despite regarding drought as a natural phenomenon due to the scope of this thesis research, the interaction between water and the human system is considered. By combining the hydrologic system with stakeholders and policy, the interaction is considered on a regional scale.



03 Methodology

In this Chapter, the methodology used in this thesis is discussed to explain and justify the decisions for applying them. The methods are further discussed according to Figure 1.1, and extended with additional methods that are applied. First of all, the case study area is further described, followed by the three different analyses, as shown in Figure 3.1. Furthermore, in the last Section, the other methods that are used for this thesis research, which are not included in Figure 1, are highlighted

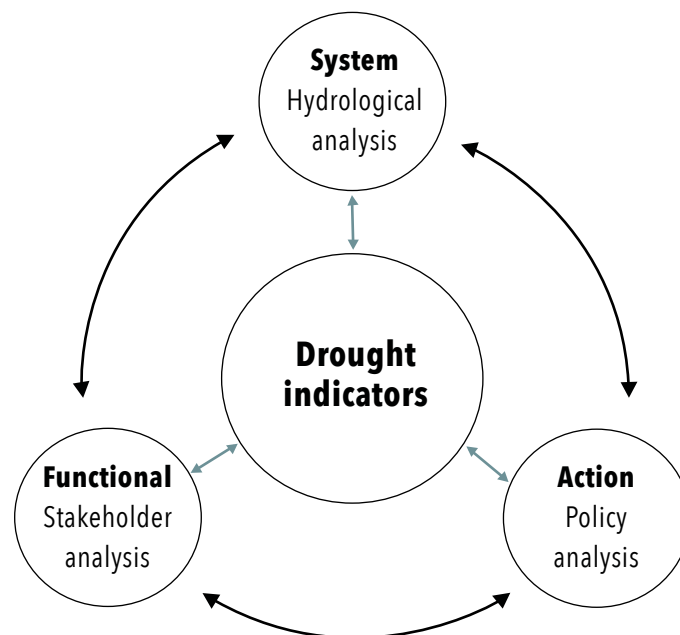


Figure 3.1 Conceptual overview of the methods used for this research and how they are connected.

3.1 Case study area

Section 2.1 of this thesis discussed that a universal definition of drought cannot be identified, due to regional differences in hydrometeorological conditions, socio-economic variety, and a lack of knowledge concerning climatologies. Therefore, drought should be defined on a regional scale considering regional differences (Wilhite and Glantz, 1985; Mishra and Singh, 2010; Lloyd-Hughes, 2014). In response to this, it is decided to focus on a specific area. Therefore, this thesis research uses a case study area as a method to conduct the study within the boundaries of that area. Since many different areas can be used as a case study, specific criteria are used to define this case study area. These criteria and information concerning the case study area are discussed in the next sections.



Figure 3.2 The six RDO's.

3.1.1 Selection of the case study area

During a drought episode in The Netherlands, the LCW plays a central role to properly allocate water to the regions that need it the most. Furthermore, they provide advice to anticipate drought and to mitigate drought impacts. To know where potential drought problems can occur, and to maintain an overview of the hydrometeorological conditions and socio-economic developments, six 'Regionale Droogte-overleggen' exist for regional considerations. The 'Regionale Droogte-overleggen', abbreviated as RDO, are regional bodies of the LCW. Figure 3.2 below shows an overview of the six RDO's.

As shown in Figure 3.2., the different RDO's partially take regional differences into account. They consist of water boards, regional bodies of Rijkswaterstaat and provinces that maintain contact with stakeholders. The RDO's are defined according to administrative boundaries and coherent water systems. For this thesis research, it is preferred to take more specific regional differences into account. Instead of using administrative boundaries and coherent water systems as criteria, more physical differences are considered. This additional criterion is to take hydrometeorological conditions and water system characteristics into account, which play an essential role in defining drought. Therefore, another division concerning drought in The Netherlands, which is made by Rijkswaterstaat, is considered as well. This division shows the different drought regions, which are defined by characteristic problems that are encountered during a drought episode. Figure 3.3 shows the different drought regions of The Netherlands.

The region 'Oost', from Figure 3.3, is characterised by the presence of sloping areas where transport of water is not possible. Furthermore, within this region, a large part is better known as the elevated sandy-grounds of The Netherlands. The elevated sandy-grounds are prone to drought, and severe drought-related problems occur in these areas. Another criterion that is considered is the presence of stakeholders. To be able to define drought, also the socio-economic aspects should be considered. As already mentioned, these socio-economic aspects do only have significance on a regional scale. In order to incorporate this, the case study area should be an area with a sufficient variety of stakeholders.

Finally, the action perspective is studied. Measures or decisions that can be taken during drought are determined by a governmental authority. Concerning this aspect, the area should be ideally within the borders of such an authority. Based on these criteria, it was decided to use the area of water board Vallei & Veluwe as the case study area. Apart from this, the borders of this water board consist of water bodies that are part of the main water system, of which Rijkswaterstaat is responsible. Figure 3.4 shows the case study area that is used for this thesis research.



Figure 3.3 Drought regions characterised by drought problems (Rijkswaterstaat and Waterschappen, 2019)

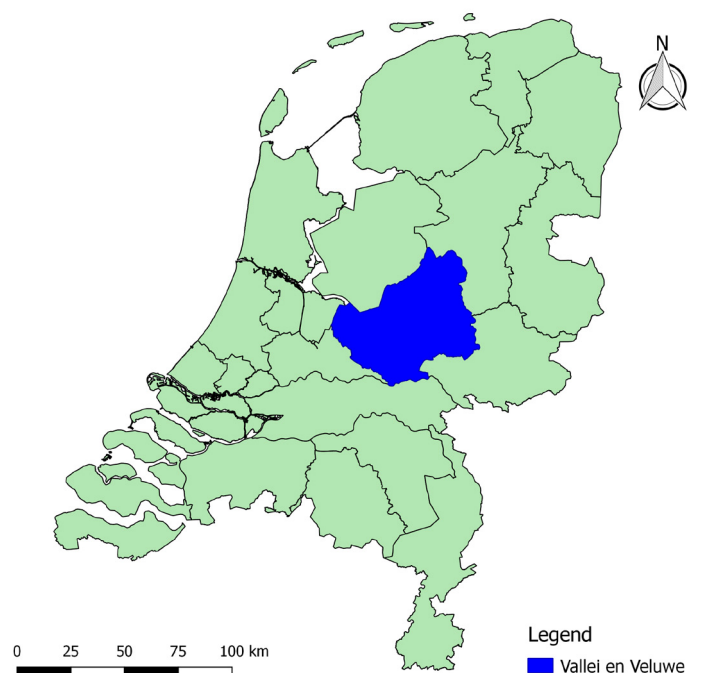


Figure 3.4 Case study area for this research

3.1.2 Basis facts and figures

The area of water board Vallei & Veluwe, has a surface area of 245644 hectares and a total of 1.1 million inhabitants. It is located within two different provinces: Gelderland and Utrecht. However, the majority of the surface area is located within the province of Gelderland. The area is enclosed by the border lakes at the north side, the river IJssel in the east, the river Nederrijn in the south and the Utrechtse Heuvelrug in the west. More about the rivers and water bodies will be discussed in Section 3.2. Another interesting part within the case study area is the Veluwe. The Veluwe is an elevated part of The Netherlands, with its highest point at approximately 107 m above NAP. In between the Utrechtse Heuvelrug and the Veluwe is the Gelderse Vallei, and east of the Veluwe the IJsselvallei is located.

3.1.3 Geomorphology and geology

The geomorphology of the case study area is somewhat peculiar for The Netherlands, regarding the topography that resulted from glacial processes during the penultimate ice age. This ice age is better known as the Saalien, during the Mid-Pleistocene about 150000 BP. The Mid-Pleistocene was characterised by glacial and interglacial periods, and especially the last glacial of that age, the Saalien, was extremely cold. Due to these extreme conditions, the ice sheets reached a maximum extension in the southern direction and covered the northern part of The Netherlands (Wesselingh, no date). As a result of the eroding effect of the glacier termini, glacial basins were formed with depths ranging from 30 m to 140 m. Within the case study area, both the IJsselvallei and the Gelderse Vallei are glacial basins that were formed due to these glacial processes during the Saalien. The unstratified glacial sediment from the formed basins was pushed forwards by the glacier termini and piled up in front of the ice sheet. These piles of glacial sediment are better known as moraines and are present in the case study area. Both the Veluwe and the Utrechtse Heuvelrug are formed due to these glacial processes, and are moraines in fact (Weijers and van Ansenwoude, 1995).

Besides the geomorphology, also the geology is an interesting component of the case study area to consider. Especially for the hydrological analysis, it is relevant to obtain knowledge concerning the geology of the area, to understand subsurface water flow better. Effects of the aforementioned glacial processes are also shown in geological cross-sections of the case study area. However, before looking at these cross-sections it is important to consider what happened prior to the Saalien.

Before the Saalien, rivers deposited relatively thick layers of sand and gravel, and thin layers of clay. As already mentioned above, the case study area is characterised by sandy grounds which were deposited there before the penultimate ice age as well. The subsurface consists mainly of sand layers, complex layers and thin layers of clay in the glacial basins. Cross-sections of the case study area were made to visualize the geology and used for the hydrological analysis. With respect to the scope of this thesis research, it was chosen to use the hydro-geological model REGIS II, for the cross-sections of the case study area. The REGIS II model shows the stratification of the subsurface based on the permeability of the layers and is therefore often used for geohydrological analysis. Two vertical cross-sections were made in the case study area: one that is west-east oriented and another one that is north-south oriented. Figure 3.5 shows the west-east oriented vertical cross-section, and Figure 3.6 shows the

north-south oriented vertical cross-section. Below Figure 3.5 and 3.6 (also shown in Appendix A), the vertical cross-sections will be discussed for interpretation. Regarding the scope of this thesis, the cross-sections are not discussed too detailed, but sufficiently enough to better understand groundwater flow that is further discussed in the hydrological analysis.

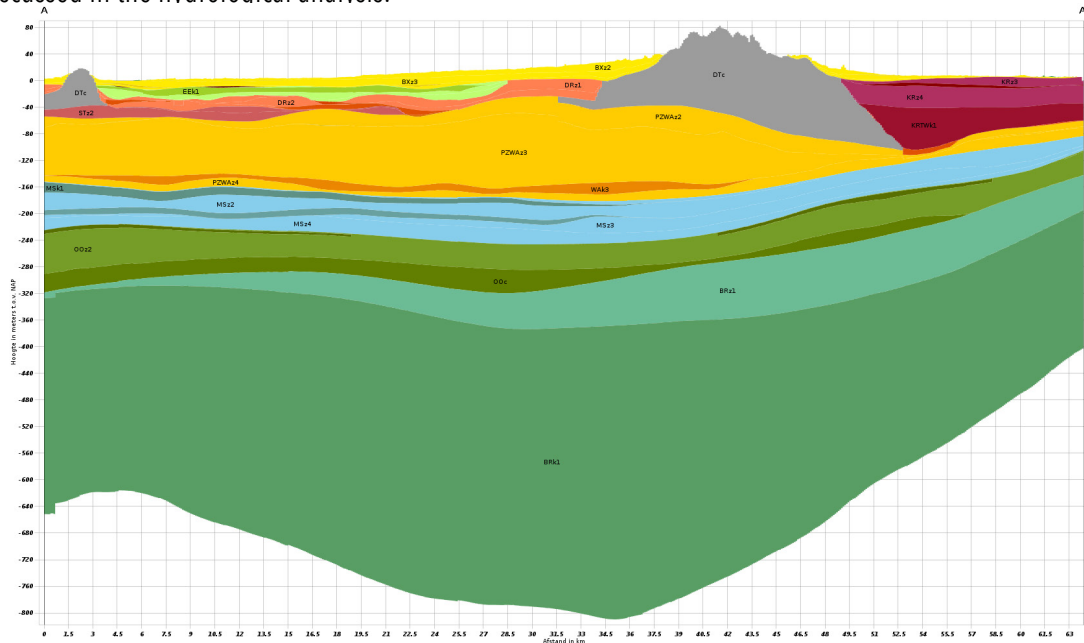


Figure 3.5 West-East oriented vertical cross section of the case study area with the REGIS II model. On the right side the location of the cross section is indicated (A-A')(DINOloket, no date)

Figure 3.5 visualizes the aforementioned glacial basins and moraines. On the left side of the cross-section, between 0 km and 4 km, the Utrechtse Heuvelrug is shown. The layer of this moraine is a so-called complex formation that consists of pushed sediment that is caused by glacial processes. In this figure, this layer is indicated by DTc. Between 31.5 km and 52.5 km the other moraine, the Veluwe, is shown and also indicated by DTc. On top of some parts of the moraines, where there is no outcrop of the complex formation, relatively thin sand layers are deposited. East of the Veluwe the IJsselvallei is located, with sand layers in the upper part of the stratigraphic column. These sand layers are the formation of Boxtel (BXz2) and the formation of Kreftenheye (KRz3 and KRz4). A thick clay layer is deposited underneath these sand layers and known as the formation of Kreftenheye, which is indicated by KRTWk1. This clay layer consists of fluvio-deltaic sediment that is deposited in the IJsselvallei by the river Rhine (Busschers and Weerts, 2003). Underneath the formation of Kreftenheye, a thin red layer is deposited below. This layer is the formation of Drenthe and mainly consists of boulder clay (Bakker, den Otter and Weerts, 2003).

Between the Veluwe and the Utrechtse Heuvelrug, from 5 km to 30 km, the Gelderse Vallei is located. The top layer of the Gelderse Vallei, the formation of Boxtel, consists of sand and is indicated by BXz2 and BXz3. The second layer is the Eem formation and is a clay layer, which stretches out over the width of the valley

and is indicated by EEk1. This formation consists of clay with marine deposits and is called after the river Eem. Due to sedimentation of both clay and silt, that was supplied by the melting ice during the Saalien or the river Rhine, the Eem formation was formed (Bosch, Busschers and Weerts, 2003). The bottom layer, indicated by BRk1, is a thick clay layer and better known as the formation of Breda.

In Figure 3.6, the Veluwe is clearly shown as the moraine, which is indicated by the complex formation, DTc. Within this figure, the vertical cross-section is north-south oriented and is drawn over the middle of the Veluwe. Most of these layers are already discussed earlier, whereas in this vertical cross-section fewer clay layers are shown. Overall, it can be concluded from the vertical cross-sections that the subsurface of the case study area mainly consists of sand layers, complex layers of the moraines, and a few thin clay layers in the valleys.

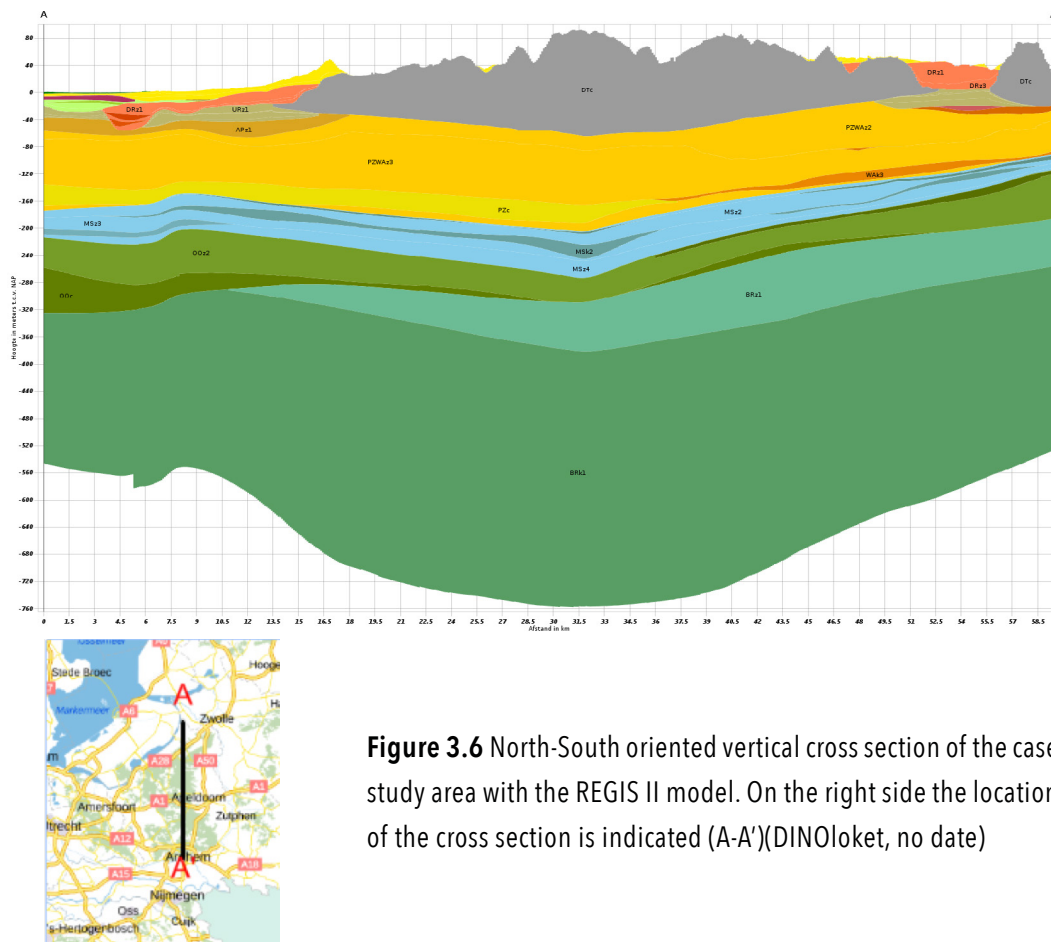


Figure 3.6 North-South oriented vertical cross section of the case study area with the REGIS II model. On the right side the location of the cross section is indicated (A-A')(DINOloket, no date)

3.1.4 Land use

In the final part of this section, the land use of the case study area will be discussed. Land use is important to consider for the choice of the case study area and for the stakeholder analysis. A large part of the area consists of nature, especially the Veluwe has a large surface area. These nature reserves are frequently visited and are managed by nature conservation organizations. Furthermore, agriculture activity mainly takes place in the IJsselvallei and the Gelderse vallei and focuses on the non-capital-intensive agriculture. Reason why agricultural activity takes place in the valleys is because of the elevated sandy grounds in the other parts of the area that do not make it possible to cultivate crops. Besides nature and agricultural land, also urban areas are present within the case study area with Amersfoort and Apeldoorn as being the largest two cities.

3.2 Hydrological analysis

In order to determine which drought indicators can be used to support anticipative drought management, knowledge about the water system is essential. The water system of the case study area was studied through different manners to obtain an understanding of the hydrological processes. This Section describes how the hydrological analysis was conducted.

3.2.1 Water balance

The first step that was taken in this analysis was to set up the water balance for the case study area. Figure 3.7 shows the water balance with its fluxes and storage

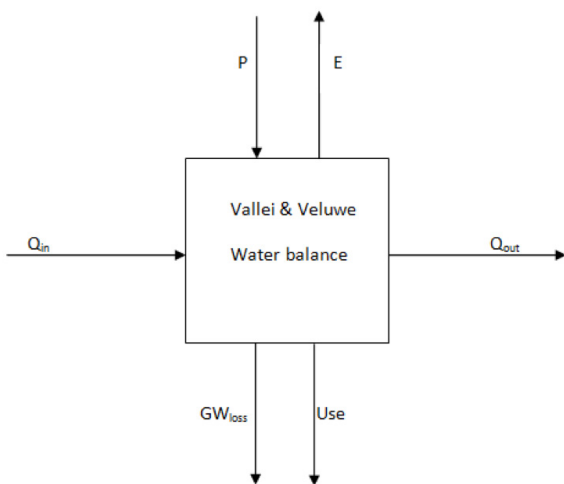


Figure 3.7 Water balance set up of the case study area

In Figure 3.7, the main fluxes are indicated by the arrows, which are the input or output of the storage of water within the area that is indicated by the big square in the middle. For this water balance long term yearly, average data is used. To clarify these fluxes, the input consists of: precipitation (P) and water flow in (Q_{in}). The output consists of: evaporation (E), water flow out (Q_{out}), groundwater loss or leakage (GW_{loss}) and water use or extraction (Use).

Precipitation is measured by multiple stations across the case study area (29 stations) on a daily basis, and are monitored

by the KNMI. Most of these stations started measuring precipitation since 1951. Therefore, historic data is available and can be used to compute long term average precipitation. For the precipitation flux, yearly long-term average (1981-2010) data has been used to determine the average input of precipitation for one year. Through interpolation the long-term average yearly precipitation was computed.

In contrast with precipitation, evaporation is only measured on a few locations by meteorological stations. Within the case study area, two meteorological stations (Deelen and De Bilt) measure evaporation, and have a historical record for a long-term average evaporation (1981-2010). Since both stations measure almost the same long-term average yearly evaporation it has been decided to compute the average of the two stations, and use that average for the entire case study area. The evaporation that is measured at the meteorological stations, and thus used for the water balance, is reference evaporation according to the Makkink method that incorporates a reference crop. The equation that is used to compute the Makkink reference evaporation is (Schuurmans and Droogers, 2010; Hiemstra and Sluiter, 2011):

$$ET_{ref} = C * \frac{s}{s+\gamma} * \frac{S_{day}^{\downarrow}}{\lambda * \rho}$$

Where:

ET_{ref} = Makkink reference evaporation [md^{-1}]

C = constant (0.65)

s = slope of the curve of saturation of water vapour pressure [$kPa^{\circ}C^{-1}$]

γ = psychrometric constant [$kPa^{\circ}C^{-1}$]

S_{day}^{\downarrow} = daily incoming short wave radiation [$Jm^{-2}d^{-1}$]

λ = heat of vaporization [Jkg^{-1}]

ρ = bulk density of water [kgm^{-3}]

in out

Both Q_{in} and Q_{out} are not measured in the case study area. Therefore, a water agreement from 2011, between Rijkswaterstaat Oost-Nederland and water board Veluwe, was consulted. Nowadays, water board Veluwe and water board Vallei & Eem are fused as water board Vallei & Veluwe. Due to a lack of data concerning water inflow and outflow, the figures from the water agreement from 2011 were used.

Another component of the water balance that is not known is leakage or groundwater loss. For this water balance, leakage is regarded as groundwater loss, whereby groundwater flows out of the case study area. Unfortunately, there is nothing known about the leakage within this case study area. However, for the other fluxes data was found which can be used for the water balance to compute the leakage as the residual.

The final component of the water balance is *Use*, and contains all the water that is extracted and used from storage. These extractions include extraction for drinking water, industrial use and water extraction for irrigation purposes. Most water is extracted from groundwater, although for irrigation purposes also surface water is used to extract water. It can be argued whether used water is double counted in the water balance, concerning the Q_{out} flux. Used water can end up in the wastewater treatment plant, or can be discharged into surface streams. Both discharge of the wastewater treatment plants and discharge of surface streams are considered for the Q_{out} flux. However, several arguments can be given why *Use* should be considered as well, next to Q_{out} . At first, it is in fact difficult, or even impossible, to distinguish sewage from precipitation entering the wastewater treatment plant. Secondly, the extracted water can also be used outside of the case study area. For instance, the water supply company extracts water within the case study area and distributes it to customers outside the area. Third, regarding water use for industrial purposes, it is not known how much of the water is consumed during production and how much is discharged. Concerning the lack of certain data and the possibilities that extracted water is used or discharged outside the case study area, both Q_{out} and *Use* should be considered for the water balance. Furthermore, if all used water would remain within the area, an entirely closed circular water system would be achieved. However, in reality this is hardly ever the case.

3.2.2 Water system analysis

Besides setting up the water balance, other methods were used as well for the hydrological analysis. The following methods are used: 1) a document analysis, and 2) semi-structured interviews that were held with different stakeholders. First, information was gathered about the main water bodies through document analyses, and showed how the water system operates within the area. Second, both insights and experiences about the water system were obtained through interviews. Apart from this, both the document analysis and interviews were useful sources to collect data used for the water balance.

3.3 Stakeholder analysis

After the hydrological analysis, the next method that was applied within this research was a stakeholder analysis. An assumption is that drought is most likely experienced differently by different stakeholders. These differences are due to the relative nature of drought, and the various stakes and needs stakeholders have concerning water availability. Interviews were conducted to find out how drought is experienced by different stakeholders and to ask questions about their information needs concerning drought. In this Section, the stakeholder analysis is further discussed and explained.

3.3.1 Selection of relevant stakeholders

The initial phase of this analysis was to select relevant stakeholders that could be interviewed. Several possible stakeholders were found through the search for the case study area. Next, the hydrological analysis helped to indicate which sectors were relevant concerning the water system, such as which possible stakeholders extract water and can be affected by drought. On the basis of the obtained information, five different stakeholders were selected for this stakeholder analysis:

First, the **water manager** plays a rather peculiar role as a stakeholder since the water manager also manages the water system within the area. Therefore, water managers were considered to be both affected and influential stakeholders. Furthermore, the water manager is also dependent on the hydrometeorological conditions for his own work within the case study area. When these conditions lead to drought, the water manager is an affected stakeholder. Besides, the water manager can provide useful information about the case study area, and will most likely have experience with drought. This information is useful for the research in order to select relevant and suitable drought indicators.

Second, the **agricultural sector** was selected as a stakeholder since they financially suffer from drought. As such, farmers are directly affected by drought. Therefore, they were considered as affected stakeholders. On the other hand, farmers can also be regarded as influential stakeholders since they are able to take measures on their land or within their business operation. Within the case study area, the agricultural lands are mostly located in the IJsselvallei and the Gelderse Vallei, and on the lower parts of the Veluwe and the Utrechtse Heuvelrug. Regarding the subsurface of the case study area, it makes sense that agriculture is mainly located in the valleys. This is a result of the elevated sandy-grounds, which are difficult to use for cultivation. The farmers in the area mainly cultivate the so-called non-capital-intensive crops, such as grass and maize. Considering the drought impacts on the agricultural sector, their experience concerning drought and their information needs are relevant information for this thesis.



Nature



The third stakeholder that was selected for this analysis is **nature**. A relatively large part of the surface area consists of nature. The main reason why nature was chosen as a stakeholder is because of the drought-related damage to nature. Besides, due to the large surface area of nature, the risk for drought stress is high. Figure 8 shows the risk of drought stress within the area and indicates that the highest risk is at the Veluwe and the Utrechtse Heuvelrug.

In Figure 3.8, the risk for drought stress is determined for grass and can be used as an indicator of reduced crop yield. For nature, a high risk for drought stress means a decreasing variety of species. Based on Figure 8, it becomes clear that the nature reserves show most risk for drought stress, according to the WH climate scenario for 2050 (KWR, 2019). For this third stakeholder, a nature conservator that is specialized in hydrology and active within the case study area was interviewed.

Shipping



A fourth stakeholder that was selected for this analysis is the **shipping industry**. The eastern boundary of the case study area is the river IJssel, and the southern border the river Nederrijn. Both of these rivers, and especially the river IJssel, are used for shipping in The Netherlands. Since drought influences the discharge and water levels of these two rivers, the shipping industry is directly affected by drought. Due to decreasing discharge and water levels, the shipping industry will not be able to transport the same amount of cargo as they do under normal conditions. This fourth stakeholder is relevant for this thesis considering the potential drought impacts on the shipping industry.

Water supply



The final stakeholder of this analysis that was found relevant was the **water supply company**. Within the case study area (deep) groundwater is extracted for water supply. Because of the high quality of the groundwater within this area, which originates from the glacial period, it is extracted within this specific area. Water extraction is regulated by the provincial government that provides the water supply company with a permit. During drought, people are consuming more water. As a result, the water supply company needs to satisfy this increased water demand by extracting and distributing more water. Thereby, the water supply company is directly affected by drought, which therefore makes it a valuable stakeholder for this analysis. Besides, the water supply company is also able to take measures during drought, which makes it an influential stakeholder as well.

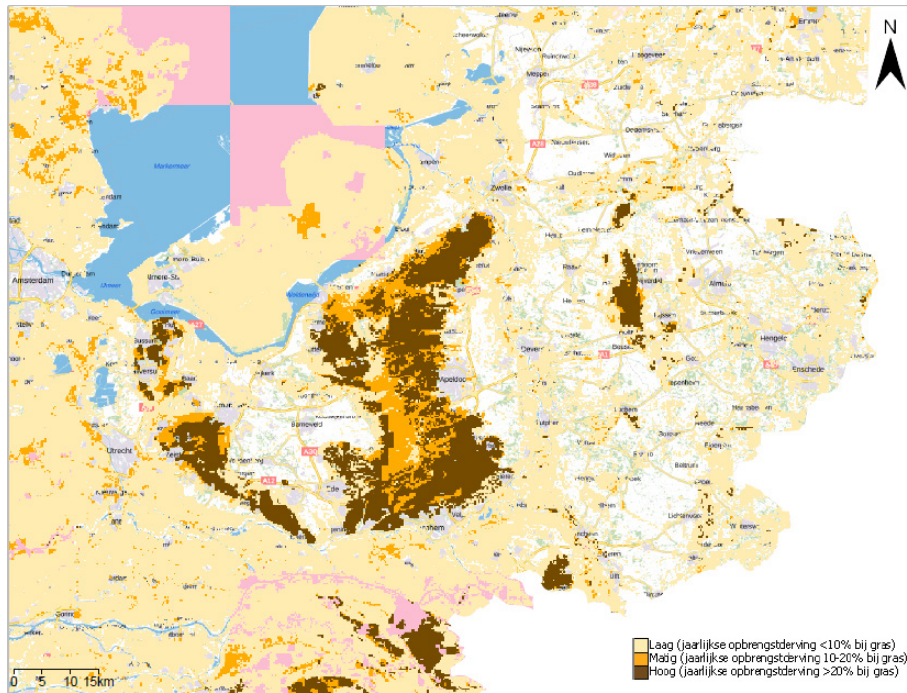


Figure 3.8 Risk of drought stress for the WH climate scenario of the KNMI, projected on the current climate

3.3.2 Semi-structured interviews

After identifying the different stakeholders, participants were recruited for the semi-structured interviews. Semi-structured interviews are interviews that use questions as a guidance throughout the interview. In this way a certain degree of flexibility is created. Therefore, the interview becomes more or less a conversation about the subject. This enables the interviewer to obtain a good understanding of the interviewee's answer (Harrell and Bradley, 2009; Longhurst, 2016). By conducting these interviews, the stakes of the stakeholders, their information needs and their experiences concerning drought, were obtained. For each sector of the stakeholders, as mentioned earlier, an individual participant was asked to participate in this interview. The following inclusion criteria were adhered to: 1) the participant operates within the related sector, 2) the participant has knowledge of the case study area, and 3) the participant has experience with drought. Subsequently, an appointment was made with these participants to conduct the semi-structured interviews. For each participant, the interview was held at their work environment or a location of their choice. Prior to the interview, a list of questions was sent to the participants to allow them to prepare themselves for the interview. These questions are shown in Appendix B. Each participant received more or less the same questions, although small nuances were made depending on each (stakeholder)participant. The questions for the water manager were different from the rest because of the peculiar role that the water manager plays as a stakeholder.

Each interview started with a brief introduction. The first question asked was a general question to create a relax and confidential environment, and to become familiar with each other. During the interview, the conversation focused on the more specific, pre-formulated questions. Sometimes these questions did not have to be asked explicitly since it often happened that the question was already discussed, due to the semi-structured format of the interview.

The interview was audio-recorded and important notes were written down during the interview, in order to be able to process the gathered information afterwards. At the beginning of the interview, the participants were informed about the compliance with the principle of privacy and that the data from the interviews would be processed anonymously. This was repeated prior to the audio-recording. When all pre-formulated questions were covered, and sufficient data was collected, the interview was ended. The participants were thanked for their time and useful information. After processing the audio-recording, the transcript of the interview was sent to each participant for encouraging transparency.

3.4 Policy analysis

The third component of the conceptual overview, based on Figure 3.1, is the policy analysis. During drought, water managers decide whether or not to take measures, which will affect the drought indicators. Because of this interaction between water managers and drought indicators, it was found important to consider policy for this thesis research. Furthermore, gaining insights into possible measures that can be taken are useful for the focus groups that are discussed in the next Section.

The aftermath of the severe drought of 2018 had a significant impact on water managers and politicians. Therefore, it was decided to use this specific year for the policy analysis. During the drought of 2018, water board Vallei & Veluwe took different measures and provided advice concerning drought-related problems. The policy analysis was conducted through document analysis and with information gathered during the interviews. A timeline of 2018 about the decisions and measures that were taken to anticipate drought and to mitigate drought-related impacts was created. In this way, potential measures that are possible to take within the area were mapped and evaluated.

3.5 Selection of drought indicators

Based on the results of the three analyses that are discussed in the previous paragraph, a set of drought indicators was established for the final part of this thesis research. In doing so, the indicators were tested through focus groups to find out whether they could be used to support anticipative drought management. This was done to obtain an answer to the research question. In Section 3.6, the selected drought indicators are further discussed and explained. The reasoning behind the selection of these indicators will be clarified in the Results Chapter.

3.5.1 Precipitation and Precipitation deficit

Two drought indicators that were used during the focus groups were precipitation and precipitation deficit. During drought, these selected indicators are already used by the LCW. Furthermore, the precipitation deficit is the current drought indicator that is applied in The Netherlands. Both precipitation and the precipitation deficit are given in millimetres. The total amount of rainfall that is measured in millimetre provides the precipitation data that can be used. Whereas, the precipitation deficit is computed by the accumulated difference between reference evaporation and the amount of precipitation.

3.5.2 Groundwater levels

Currently, the LCW considers groundwater level changes by monitoring the groundwater levels. In doing so, the course of the groundwater levels is closely observed. In this way, the degree of fluctuation of groundwater levels indicate the severity of a drought. During the focus group sessions, the groundwater levels were shown in two different ways. More details about the focus group are provided in Section 3.6. The unit of this indicator is m+NAP or cm+NAP. This data is collected from national databases, DINOloket and grondwatertools, that contain data about the groundwater levels in The Netherlands.

3.5.3 SPI

Another drought indicator that is being introduced during the focus group is the Standardized Precipitation Index, which is abbreviated as SPI. SPI is a meteorological drought index and is recommended by the WMO to use in order to identify and to monitor drought (Hayes *et al.*, 2011; Svoboda and Fuchs, 2017). It only uses historical precipitation data as input and is therefore relatively easy to compute when this data is available. The data record should contain at least 20-30 years of monthly precipitation data, although a record of 50-60 years is preferred which will give optimal results. The computation of SPI values is based on the probability of precipitation for specific timescales. These timescales usually have a period of 1, 3, 6, 12, 24 or 48 months. The larger the timescale, the further it goes into the drought propagation. Thus, SPI-1 (timescale of 1 month) shows something similar to the percentage of normal precipitation for one month. Therefore, SPI-1 identifies and monitors meteorological drought. Whereas, SPI-3 shows a comparison of precipitation for a certain 3-month period with the same 3-month period for all the years within the data set. For example, SPI-3 for February means that it accumulates the precipitation for the months December,

January and February. Subsequently, the total amount of precipitation for that specific 3-month period is compared with the same 3-month period for all the years within the data set. Furthermore, as SPI-3 considers a 3-month period it says something about soil moisture conditions, and thus can be used to monitor and identify soil moisture drought. When SPI-12 or SPI-24 is used, hydrological drought can be identified and monitored. This is what is meant with going further into the drought propagation (meteorological -> soil moisture -> hydrological)(World Meteorological Organization (WMO), 2012). The historical data record is fitted to a gamma distribution, and subsequently, it is normalized by a normal distribution. This way the anomaly of precipitation is computed, in which the mean is 0 and the standard deviation is between -1 and +1 ($-1 < \sigma < +1$) (McKee, Doesken and Kleist, 1993). This is essentially the SPI value. Negative SPI values indicate less precipitation compared to normal, which can lead to drought. Positive SPI values mean that the amount of precipitation is higher compared to normal, which can result in flooding. In this thesis research, the focus is on negative SPI values. Table 3.1 below shows the drought intensity for different SPI values.

Table 3.1 Drought (and flood) intensities for different SPI values (World Meteorological Organization (WMO), 2012)

2.0+	extremely wet
1.5 to 1.99	very wet
1.0 to 1.49	moderately wet
-.99 to .99	near normal
-1.0 to -1.49	moderately dry
-1.5 to -1.99	severely dry
-2 and less	extremely dry

3.5.4 Stream discharge

Another indicator that was selected to discuss during the focus group was the stream discharge. For this indicator, the stream discharge of the smaller streams within the area was considered. These streams are also known as 'sprengenbeken'. In order to maintain certain ecological standards within the streams, for the sake of aquatic life, the flow velocity should remain above a certain threshold. Since these standards are incorporated within the legislation, it is important to monitor the stream discharge. The stream discharge is expressed by the unit m^3/s . More details about this indicator will be given in Section 3.6.2.

3.5.5 Soil moisture

It is important to consider soil moisture during drought, as it indicates whether vegetation will experience drought stress. Therefore, soil moisture content was selected as a drought indicator since this reflects the water availability for vegetation in the root zone. Apart from this, soil moisture conditions are also important to consider for drought impacts on infrastructure. Furthermore, soil moisture drought is one of the types of drought that is considered within this thesis. The soil moisture content was expressed in percentages, according to the following equation:

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} * 100\%$$

where;

θ = soil moisture content [%]
 V_w = volume of saturated pores [cm^3]
 V_t = total volume of the soil [cm^3]

3.5.6 NDVI and EVI

The final two drought indicators that were selected were NDVI and EVI. NDVI is the abbreviation for Normalized Difference Vegetation Index, and EVI is the Enhanced Vegetation Index. In general, these two indices are the same, although there are some small differences between them.

NDVI reacts on chlorophyll that is found within the leaves of vegetation. Chlorophyll absorbs visible light (VIS), whereas the cell structure of the leaf strongly reflects near-infrared light (NIR). Thus, when there are relatively many 'healthy' leaves, much of the visible light will be absorbed, and near-infrared light will be reflected. From a theoretical point of view, NDVI can have values between -1 and +1, albeit only values between 0 and +1 are possible in reality. The closer the NDVI is to +1, the healthier the vegetation is. In general practice, the value of NDVI will vary between 0.3 and 0.8. An NDVI value of 0 would indicate that there is no vegetation and a value close to 0.8-0.9 would indicate the highest probability of density of the leaves. NDVI is computed according to:

$$EVI = G * \frac{(NIR-RED)}{(NIR+C1*RED-C2*BLUE+L)}$$

where;

NIR = near-infrared light

VIS = visible light

C1 and C2 = coefficients of the aerosol resistance term

(C1=6 and C2=7.5 in the MODIS-EVI algorithm)

L = canopy background adjustment

(L=1 in the MODIS-EVI algorithm)

G = gain factor

(G=2.5 in the MODIS-EVI algorithm)

By contrast, EVI reacts more on the changes in the structure of the canopy, the type of canopy and its architecture, and plant physiognomy. Apart from this, EVI is the same as NDVI. Both indices can be used as a drought indicator. EVI is mainly associated with stress and changes of vegetation due to drought, and NDVI identifies drought stress of vegetation. Often EVI is used to identify drought stress over different landscapes and usually focuses on drought development within agriculture. NDVI focuses on monitoring and identifying droughts that affect agriculture (Svoboda and Fuchs, 2017). Also, the application of both indices is almost the same. However, NDVI focuses on agriculture, whereas EVI can also be used for identifying drought stress in different landscapes. Both NDVI and EVI values can be obtained from satellite data, which will be further discussed in Section 3.6.2.

3.6 Focus groups

A set of potentially relevant drought indicators were selected after conducting the aforementioned analyses. These drought indicators should be evaluated to determine whether these can be used to support anticipative drought management. Therefore, it was decided to set up two focus group sessions to evaluate the selected drought indicators, and to find out if the drought indicators were used to anticipate drought. The procedure of both focus groups was to reconstruct a dry year, which would be gone through and experienced by the participants. During the session, the participants received information updates from the selected drought indicators. To determine whether the additional information from the newly introduced indicators would support anticipative drought management, one group received less information compared to the other. Further details will be discussed below in the upcoming Sections.

3.6.1 Dry year reconstruction

The first step was to reconstruct a dry year that could be used as a scenario to test the drought indicators. It is important to note that the reconstructed dry year is fictitious, although real data was used. In this way, it was possible to create a representative scenario. To do so, daily meteorological data was used (precipitation and reference evaporation) from January up to and including December. Therefore, the first question that had to be answered was: 'Which data should be used?' To answer this question, a study by Kramer *et al.* (2019) was used. This research showed the severity of the drought of 2018 in The Netherlands, by comparing it with other droughts. Figure 3.9 shows the precipitation deficit for the years 1976, 2003 and 2018, as these years are characterised by drought.

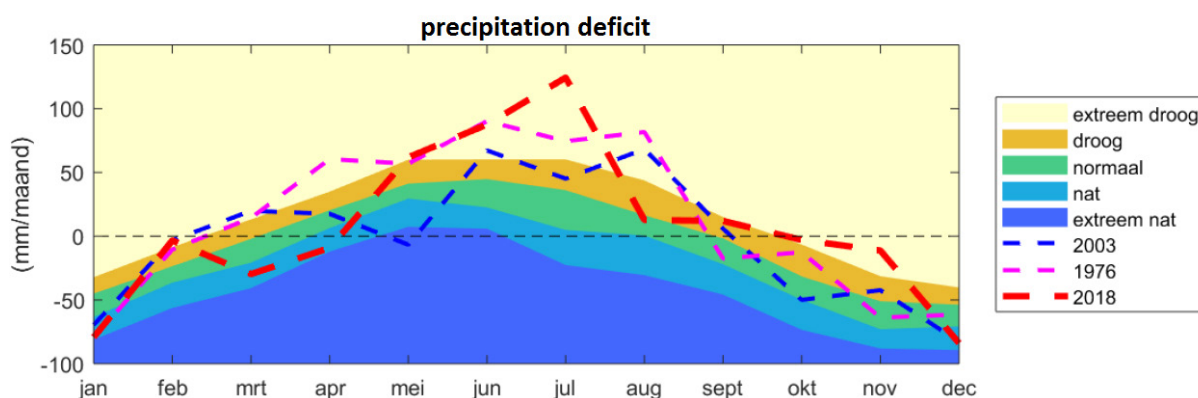


Figure 3.9 Precipitation deficit in mm/month for the years 1976, 2003 and 2018

According to Figure 3.9, the data to reconstruct a dry year was selected for each month or period of that year. For each period, the most extreme year was selected from the figure. For instance, the month February shows the highest precipitation deficit in 2003 and was therefore selected. Below an overview of the selected years for each month or period is shown that were used for the reconstruction.

January	1976
February	2003
March- April	1976
May-15th of July	2018
16th of July-15th of August	1976
16th of August-1st of September	2003
September-November	2018
December	1976

Meteorological data was gathered from the KNMI after the data for the reconstruction of the dry year was determined. As already mentioned, the KNMI has a long-term record of measurements which usually starts from 1951. Thus, data was gathered for each station according to the overview above. The dry year was reconstructed per month. Therefore, for the month January data of each station was obtained from 1976 and so on until an entire year of meteorological data was gathered. Subsequently, each month or period of the reconstructed dry year was loaded in QGIS in order to create maps. To do so the coordinates of the station were added to the data. With the focus groups in mind, it was decided to make maps for each month. An exception was made for the summer months (July, August and September), which were split into two. The (point)data of the stations had to be interpolated to cover the entire case study area.

Besides rainfall data, also reference evaporation was considered for the reconstruction of a dry year. As already mentioned, the KNMI measures reference evaporation at a certain meteorological station, of which one is located within the area (Deelen). Another one is located just outside the area (De Bilt). For each month or period of the reconstructed year, the reference evaporation was collected from the data sets of the two meteorological station, according to the overview above. Each station was provided with the corresponding reference evaporation of the meteorological station that was at the shortest distance. So, for example, the station of Apeldoorn was provided with reference evaporation of the meteorological station of Deelen, and the station of Amerongen was provided with reference evaporation of De Bilt. After each station was provided with reference evaporation data, it was added to the data sets in QGIS. The reference evaporation was used together with precipitation to compute the precipitation deficit, which was one of the indicators that were used. More information about the indicators is discussed in the Section 3.6.2.

3.6.2 Creating data sets of all indicators

The second step in the preparation of the focus groups was to create data sets of the different drought indicators, according to the reconstructed dry year. As already mentioned above, the participants of the focus groups received information updates with respect to the discussed drought indicators. Both precipitation and reference evaporation were used as an indicator, and to compute the precipitation deficit. However, for the preparation of

the focus groups precipitation maps were made for each information update. The point data of the stations had to be interpolated to create these maps. Both ordinary kriging and spline interpolation techniques were used within QGIS. The best result of the two different techniques was selected, which was based on the comparison of the result with the measured point data. An example of such a map is shown in Figure 3.10.

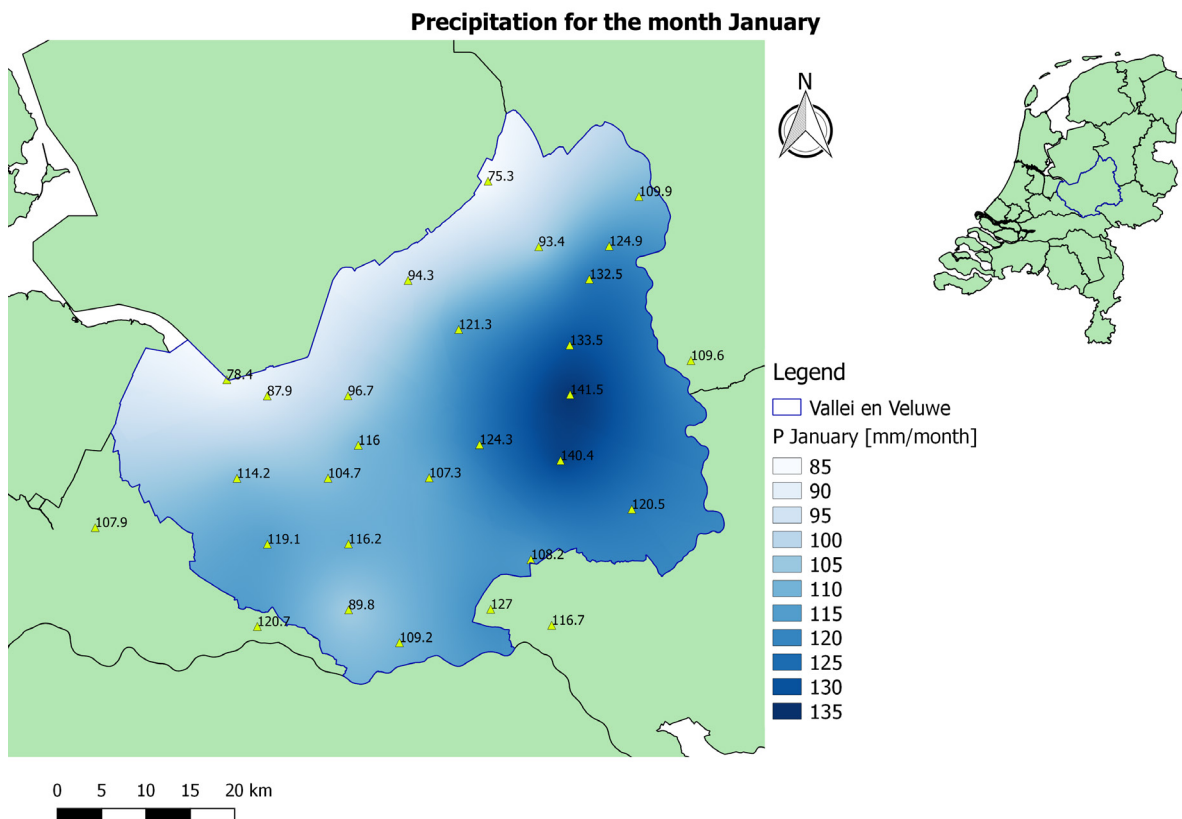


Figure 3.10 Example of a precipitation map that was shown in an information update during focus group

Reference evaporation was used to compute the precipitation deficit. It is already discussed above how this indicator was computed. However, since the reconstructed dry year is from January up to and including December, the computation of the precipitation deficit started in January. The reason for this is to be able to go through the entire reconstructed dry year. In current practice, the computation of precipitation deficit starts at the beginning of the dry season in April. On the contrary, during the winter season one speaks of a precipitation surplus. For this research, the accumulation of the difference between precipitation and reference evaporation started in January. As the precipitation deficit is an accumulation, it is important to keep in mind when this accumulation starts. One can imagine that the precipitation deficit is higher when the accumulation starts in April than if it would start in January. After the computation of the precipitation deficit was finished, maps of the precipitation deficit for each information update were created with QGIS. Figure 3.11 shows an example.

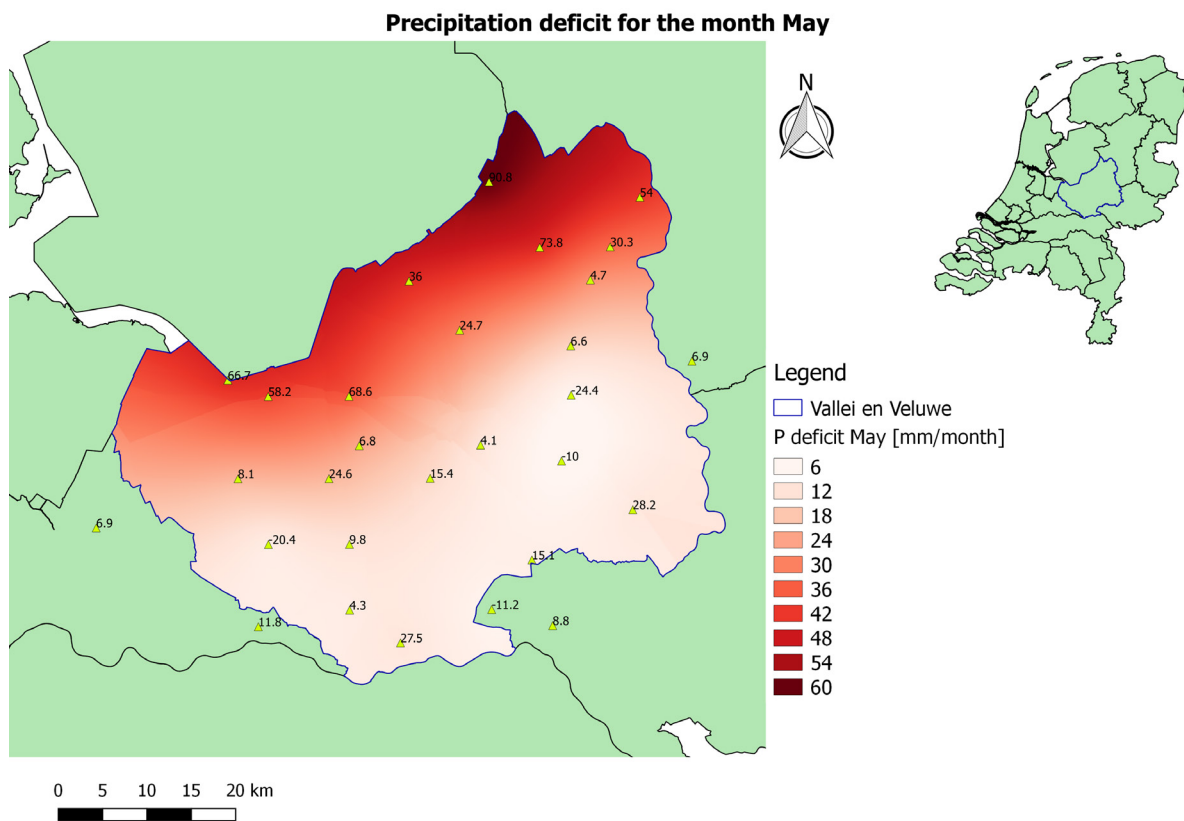


Figure 3.11 Example of a precipitation deficit map that was shown in an information update during focus group

Subsequently, groundwater levels were collected for the focus groups. One group (focus group 1) solely received groundwater levels from several piezometers across the case study area. Groundwater levels were collected from 1977 to obtain and use representative data for the focus groups. The reason for choosing 1977 for groundwater level data was because of the record drought in 1976. As commonly known, groundwater flow is very slow, and therefore groundwater level fluctuation shows delay with respect to drought. This delay is also discussed in Section 2.2 concerning drought propagation. Another reason was to prevent any bias when using more recent years that could have shown a familiar pattern. For each month of the reconstructed dry year, groundwater levels were collected. Subsequently, the groundwater levels were shown on a map to provide a clear overview for the participants of both focus group. Figure 3.12 shows an example of such a map.

For the other group (focus group 2), additional groundwater level data was shown for each month. Since fluctuation in groundwater levels from point data might be more difficult to interpret, an isohypse map was provided for each information update. In this way, an overview was created of groundwater levels within the entire case study area, and fluctuations were made better visible. These maps were made by interpolation of many groundwater levels from piezometers. Figure 3.13 shows one of the isohypse maps that was created for focus group 2.

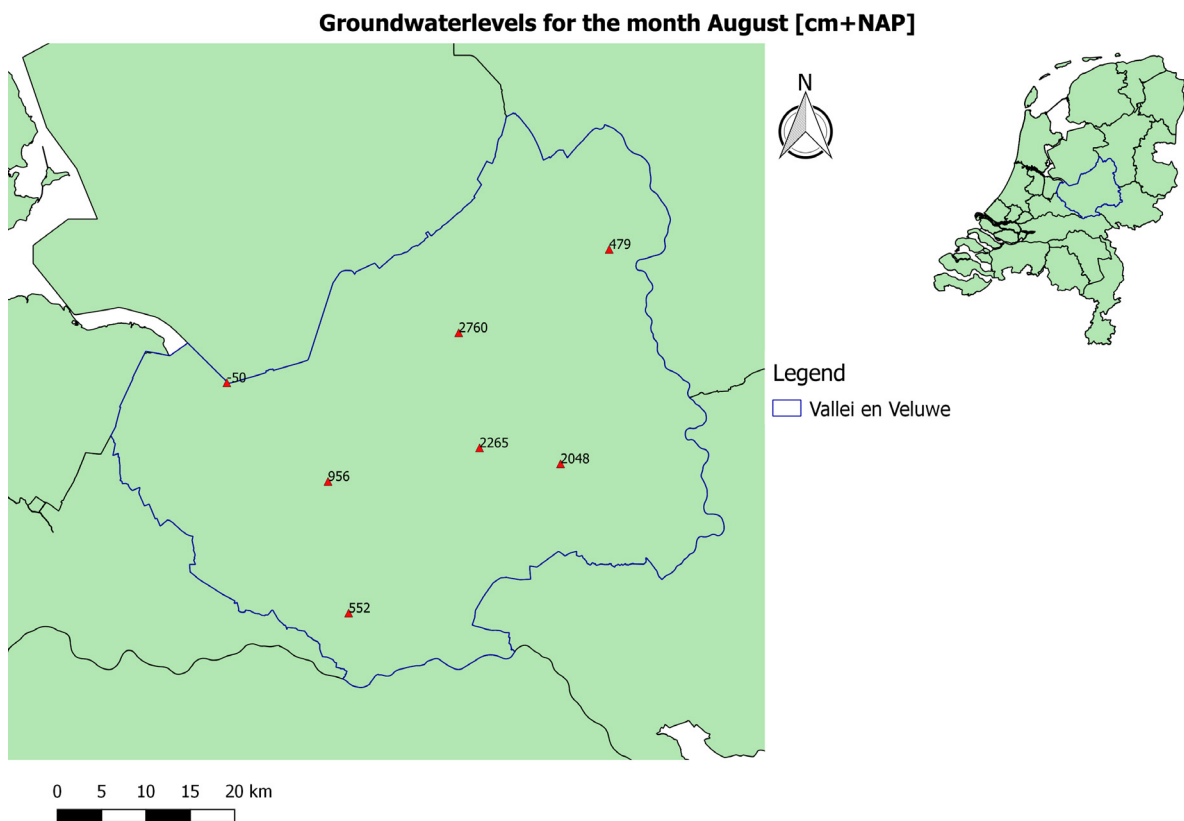


Figure 3.12 Map that shows the groundwater levels of several piezometers across the case study area

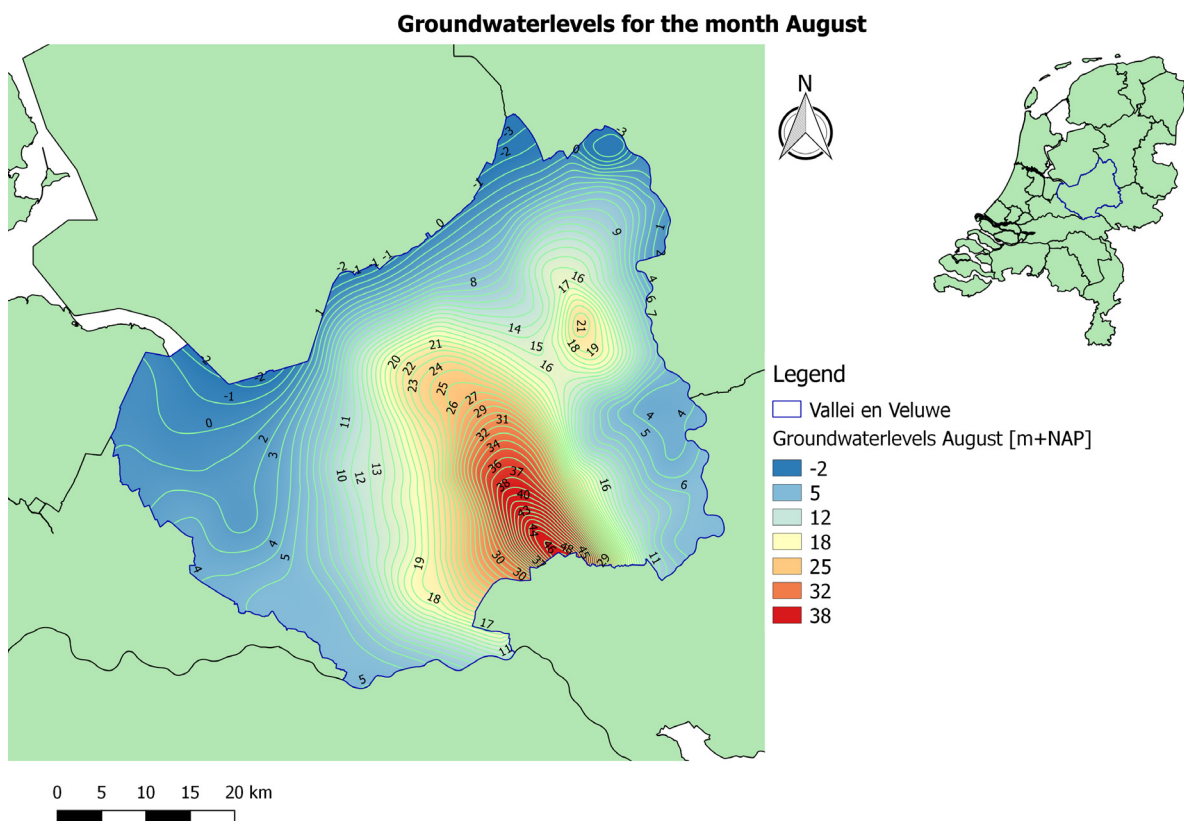


Figure 3.13 Isohype map that was made for focus group session

Next, the SPI values were computed for the preparation of the focus groups. In doing so, the long-term historical precipitation records had to be processed in a particular manner. Many different versions of software packages are available to compute SPI. For this research, the SPI software programme that has been developed by the National Drought Mitigation Center (NDMC) was used. The NDMC, from the University of Nebraska, developed and distributed software that can be used to compute SPI values, and is recommended by the WMO to use (Svoboda and Fuchs, 2017). It is essential to correctly process the input data set to make the algorithm of the software work. The data sets that were used as input consisted of long-term precipitation records of each station from 1951 up to and including 2019. From these data sets, the SPI values were computed. According to the reconstruction of the dry year, the SPI values were collected. Thus, for the month January of the reconstruction, SPI values of January 1976 were computed and collected for each station.

Prior to the computation, a decision was made about which SPI timescales should be used. Regarding the goal of this research, it was decided to compute SPI-1 and SPI-3. This is because the focus is on only one year. Therefore, potential short-term measures are considered. After both the SPI-1 and SPI-3 values were computed for the reconstructed dry year, and all the stations, files were made to load into QGIS. Within QGIS the SPI values were interpolated to create maps, in the same way as the other maps were made. Figure 3.14 shows an example of the SPI-1 map, and Figure 3.15 shows an example of the SPI-3 map.

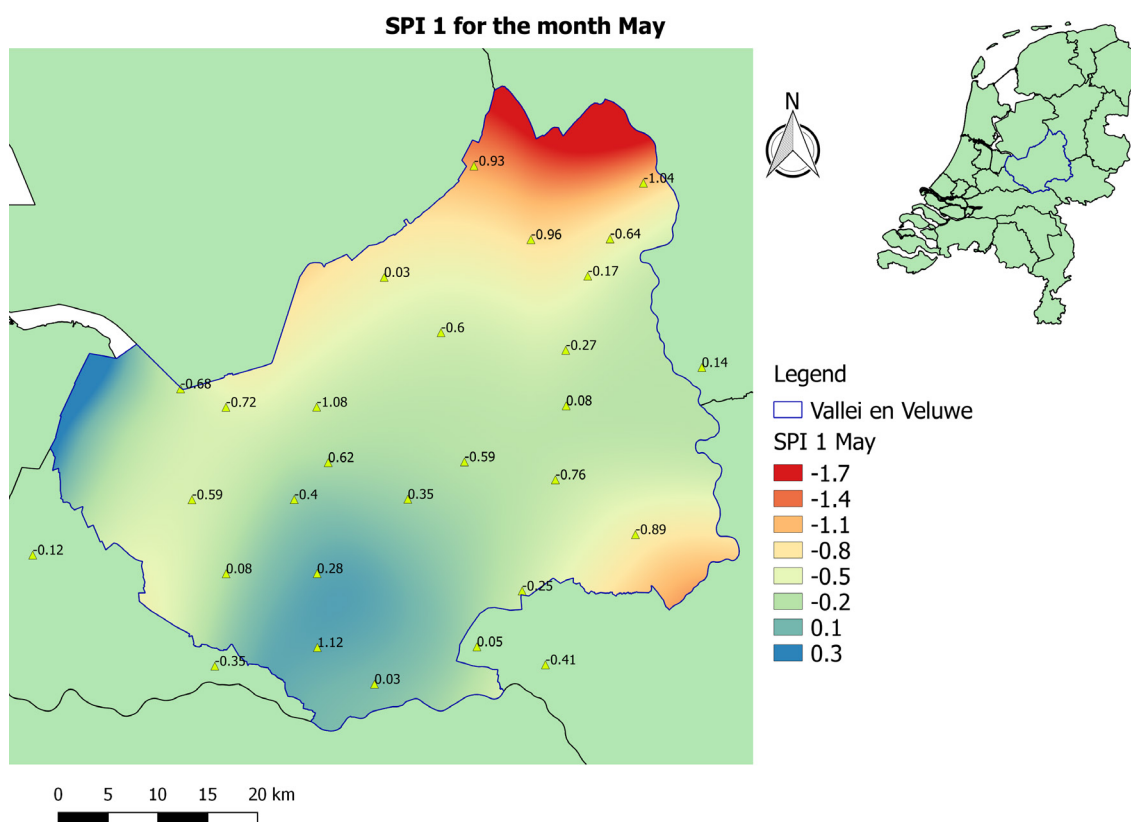


Figure 3.14 SPI-1 map for the month May

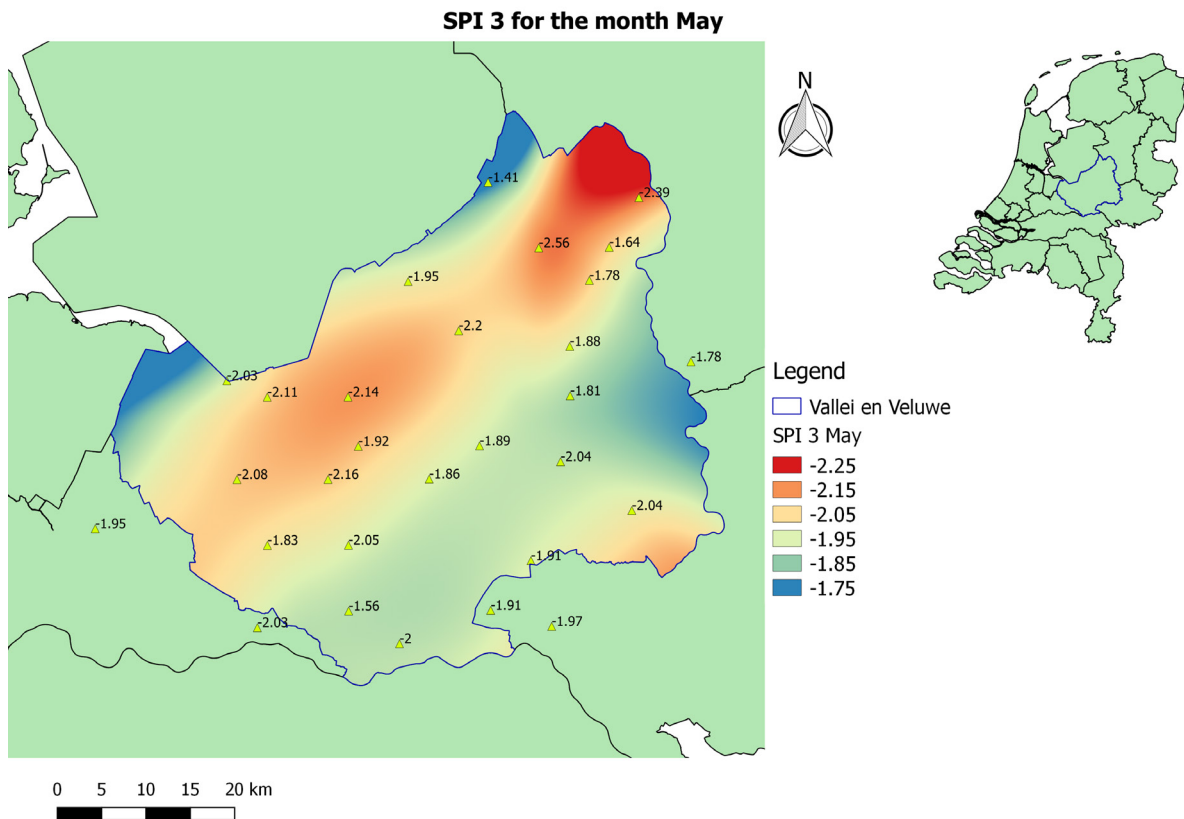


Figure 3.15 SPI-3 map for the month May

For the preparation of the focus groups, also the stream discharge had to be determined for each information update. Unfortunately, the stream discharge is not measured and, as a result, there is no existing data set. Since the stream discharge was thoughtfully selected to use as a drought indicator, a data set for the information updates were created. The stream discharge that was considered was of the smaller streams that are dug around the Veluwe. These streams are better known as 'sprengbeken', and are particular for the case study area. More details about the sprengbeken will be discussed in Section 4.1.1. From a water regulation of water board Vallei & Veluwe in 2012, it was found that for one specific stream (Heiligenbergerbeek), a minimum flow velocity of 10 cm/s was required. With this flow velocity as a reference, a data set for the stream discharge was created. For convenience, the dimension of the fictitious stream X was set at a width of 2 m and a depth of 0.5 m, in a rectangular profile, to obtain a surface area of 1 m². In this way, the participants could easily compute the flow velocity for the given stream discharge. Table 3.2 shows an overview of the stream discharges that were provided in the information updates for focus group 2, which received additional information.

Table 3.2 Overview of stream discharge data set

Discharge stream X, with A = 1 m ²	
Information update	Q [m ³ /s]
January	0.25
February	0.3
March	0.19
April	0.15
May	0.22
June	0.18
July (1-15)	0.08
July (16-31)	0.11
August (1-15)	0.13
August (16-31)	0.07
September (1-15)	0.1
September (16-30)	0.12
October	0.14
November	0.1
December	0.18

Another drought indicator that was selected is soil moisture content. Unfortunately, soil moisture is not measured in the case study area. Therefore, there is no existing data set concerning soil moisture that could have been used. A data set was created to provide the participants of focus group 2 with information concerning the soil moisture content. As already mentioned, the case study area is characterized by elevated sandy grounds. Also, in Section 3.1.3, the geology of the case study shows that the top layer consists of sand. This was important to take into consideration when creating a data set. Figure 3.16 shows different soil moisture terms related to the soil moisture content. According to Figure 3.16, the soil moisture content for sand was consulted. Apart from this, also, the computed SPI-3 values were used to determine the percentage of soil moisture content. Based on Figure 3.16 and the computed SPI-3 values, a representative data set was created. Table 3.3 shows an overview of the soil moisture content for each information update.

Figure 3.16 (left)
Different terms according to the soil moisture content (Pitts, 2016)

Table 3.3 (right)
Soil moisture content



Soil moisture content	
Information update	θ [%]
January	11
February	7
March	9
April	8
May	10
June	4
July (1-15)	1
July (16-31)	2
August (1-15)	2
August (16-31)	2
September (1-15)	4
September (16-30)	7
October	7
November	5
December	7

Both the NDVI and EVI values were collected from the US Geological Survey and NASA. The MODIS sensor that is on board on two satellites of NASA measures NDVI and EVI. For the case study area, both NDVI and EVI data was obtained. The year 2018 was selected for these values, and thus not according to the reconstructed dry year. The reason for selecting 2018 was to prevent changes in the landscape and land use when different years would have been used. The MODIS sensors measure both NDVI and EVI with a 250 m resolution for every 16 days. Table 3.4 shows the values that were collected.

Remote sensing drought indicators - NDVI & EVI		
Information update	NDVI	EVI
January	0.55	0.24
February	0.61	0.28
March	0.58	0.29
April	0.72	0.45
May	0.75	0.48
June	0.71	0.45
July (1-15)	0.61	0.42
July(16-31)	0.61	0.42
August (1-15)	0.77	0.4
August (16-31)	0.77	0.4
September (1-15)	0.75	0.42
September (16-30)	0.75	0.42
October	0.75	0.41
November	0.7	0.33
December	0.67	0.36

Table 3.4 NDVI & EVI values for the information updates

3.6.3 Focus group session

After the data sets of the drought indicators were finished, the focus group sessions were scheduled and prepared. Two different focus groups were established, with focus group 1 receiving less information compared to focus group 2. Each focus group will be discussed separately, but first general information about this method is provided.

Both focus groups were conducted online due to measures taken to prevent the spreading of COVID-19. A maximum of three participants were invited for each focus group to ensure that the discussion during the session would remain well-organized. The duration of each online focus group was 1.5 hours. During both online focus groups, a presentation was used as a guidance. Furthermore, the participants received an answer form that was supposed to be filled in after each information update. All participants were members of the LCW. Therefore, the level of experience was equal between the two different groups. The answer forms that were used contained the following options:

'Would you advice to take measures, regarding the information update that is shown?' Yes/No

'If yes, which measures would you recommend?'

Retain water (e.g. closure of culverts) Yes/No

Extraction prohibition from surface water Yes/No

Extraction prohibition from groundwater Yes/No

Otherwise, namely....

'What is your level of alertness, with respect to drought, after this update? On a scale from 0-5'

An example of one of the answer forms is shown in Appendix C. The participants were asked about their level of alertness. The author assumes that alertness is considered to be an essential component concerning anticipation. Therefore, when someone is very alert, he or she is expected to anticipate better compared to someone who is not that alert. The scale of alertness was from 0 to 5, with 0 meaning everything is okay and there is no need for extra attention. An alertness of 5 would mean that severe drought problems are likely to occur, and people are monitoring drought very intensive.

Usually, the LCW takes measures about water allocation on a national scale and advises about measures to mitigate drought impacts. However, the participants were asked to advise measures that they usually do not specifically consider. Therefore, the participants were clearly instructed that they should act as a water manager from the water board. Since all participants were experienced water managers, they had sufficient knowledge to perform that role. Apart from the three suggested measures, the participants were also given the opportunity to advise other measures based on their own input. These 'other' measures could also be related to national measures that they are used to advise, e.g., increasing the water intake from the main water system. Furthermore, to prevent any bias, it was desired that the participants did not have excellent knowledge about the case study area.

Focus group 1 received less information with each information update compared to group 2. The first group consisted of 2 participants. The precipitation maps, precipitation deficit maps and groundwater levels were shown to this group. This information was selected for them, based on the current practice of the LCW considers that used these indicators already during drought. For this focus group, the first information update was in April and they did not know what happened in the months before. This is in accordance with the modus operandi of the LCW that meet at the start of the summer half-year in early April. To conclude, focus group 1 received their last information update in October.

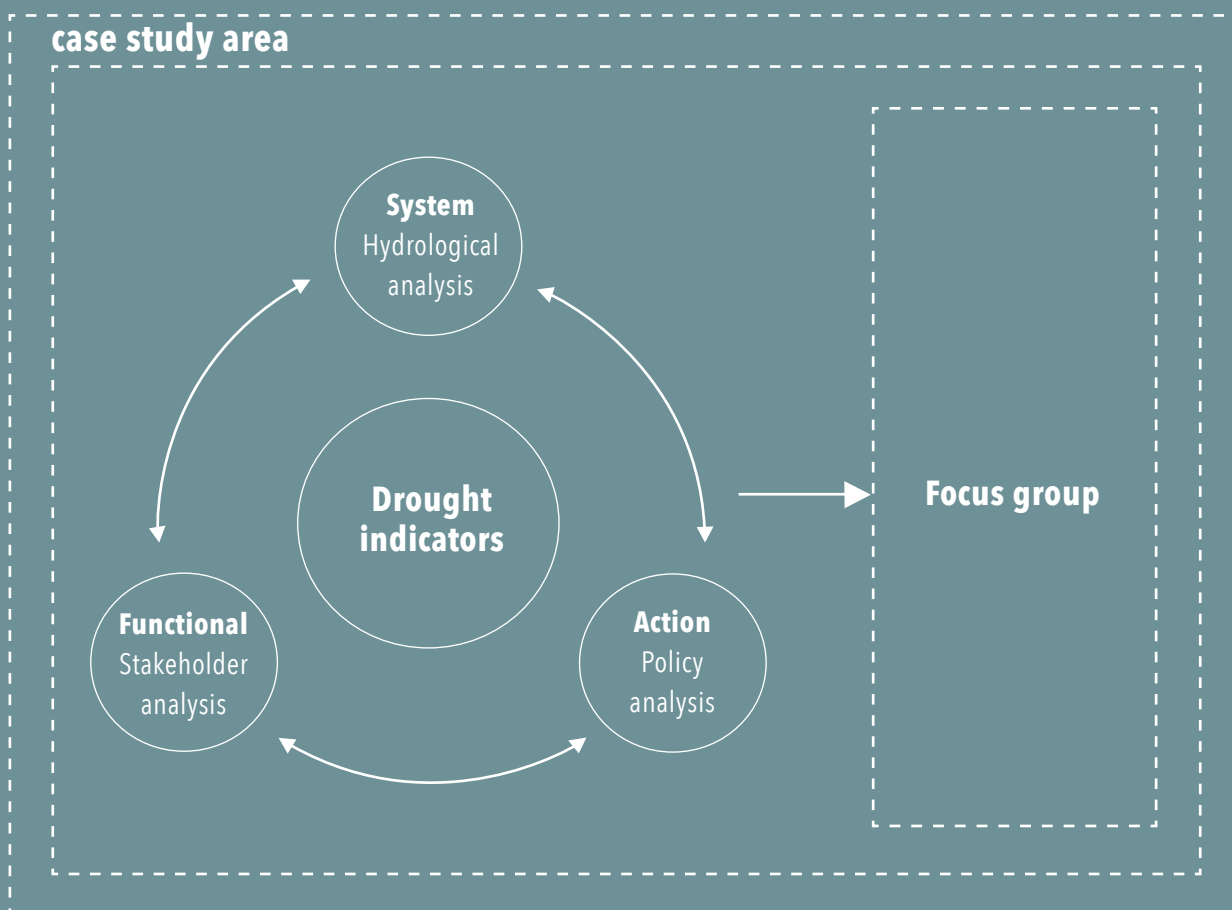
As opposed to focus group 1, focus group 2 received more information. Three members of the LCW participated in this session. Apart from the same information as focus group 1 received, additional information was provided. This information included: 1) SPI-1 and SPI-3 maps, 2) isohypse maps, 3) stream discharge, 4) soil moisture content and 5) NDVI and EVI. Besides this additional information from the drought indicators, their session was from January up to and including December. It was decided to increase the number of information updates by starting in January and going through the entire reconstructed dry year. More information updates were given to test whether the participants would advise measures prior to the start of the summer half-year. When the LCW come together in early April, they evaluate the hydrometeorological conditions of the prior months. However, when evaluating in April, no measures can be taken anymore in the winter months when dry conditions could have occurred. The information updates of January-March, November and December were limited to precipitation maps, precipitation deficit maps, SPI-1 and SPI-3 maps to ensure that focus group 2 would finish the session

within 1.5 hours as well. In this way, the participants were able to monitor hydrometeorological conditions from the start of the year and could advise measures.

The participants of both focus groups were asked to send back their answer forms after the sessions. These answer forms were used to compare and evaluate the answers of the participants. By comparing and evaluating the application forms qualitatively, it was determined whether the use of the drought indicators supported anticipative drought management. This will be further discussed in Chapter 4.

It is important to remind that the primary goal of this research is to find drought indicators that can support anticipative drought management. Focus groups were used to investigate this. However, increasing the frequency of information updates, by starting in January with focus group 2 instead of April, is not directly part of the goal of this research. Several arguments can be provided to justify why it is possible to start in January with focus group 2 and to separate this from the main goal. First of all, a combination of factors is studied to find out what drought indicators can support anticipative drought management. Apart from this, also the usage and information of these indicators are scrutinized with the focus groups. This is done by providing information of certain indicators in January, and by evaluating the answers of the participants concerning this information. Second, another argument is the introduction of SPI-3 as a drought indicator. As already discussed above, SPI-3 concerns an accumulation of precipitation for 3 months. Therefore, when using SPI-3 the participants were already indirectly provided with information about prior months. For instance, with the SPI-3 for the month April, the participants were able to obtain insights about the conditions in March and February. The third argument is that there was a limited number of focus groups that were held, which made it more challenging to test the drought indicators and the timing of information updates separately. The small number of focus groups that were held was caused by practical limitations. More about these decisions that were made will be discussed in Chapter 5.

3.7 Overview of the methodology





04 Results

This Chapter will show the results that were obtained during this research. The main outcomes of the research are described and interpreted. Interpretations that are subject to discussion will be discussed in Chapter 5 (*Discussion*).

4.1 Hydrological analysis

In this section, the main results of the hydrological analysis will be described. Each flux of the water balance is described separately, and finally put together to close the water balance. In order to convert each flux to mm/year, the surface area was used: $A=245644 \text{ hectare}=2456440000 \text{ m}^2$

4.1.1 Water balance

Precipitation

The total amount of precipitation is shown by Figure 4.1. This Figure shows the yearly long term average amount of precipitation for the case study area. The yearly amount of precipitation is: $P=891.92 \text{ mm/year}$

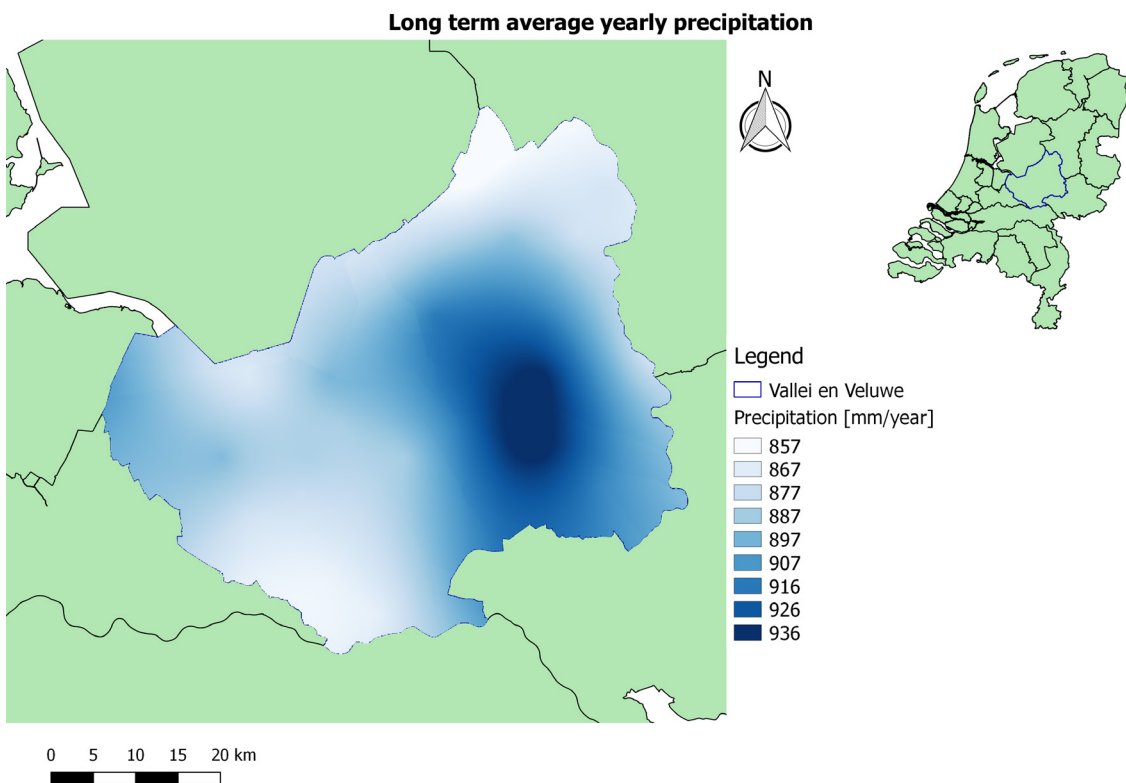


Figure 4.1 Long term average yearly precipitation for the case study area

Evaporation

The evaporation flux of the water balance is reference evaporation, that is computed by the KNMI according to the Makkink method. For the case study area, two meteorological stations can be used, which provide reference evaporation. Therefore, the long-term average yearly reference evaporation of the meteorological stations, Deelen and De Bilt, are used.

Long term average yearly reference evaporation Deelen is: 556.2 mm/year

Long term average yearly reference evaporation De Bilt is: 558.9 mm/year

Therefore, the long term average yearly reference evaporation for the water balance is: $E=557.6 \text{ mm/year}$

Water flow in and out

According to the water agreement of water board Veluwe, from 2011, the inflow and outflow are determined for the water balance. The locations of both the in- and outflow of water are located at water exchange points along the river IJssel.

$$Q_{in} \text{ is: } 0.8 * 10^6 \frac{m^3}{year} = 0.33 \text{ mm/year}$$

$$Q_{out} \text{ is: } 194.8 * 10^6 \frac{m^3}{year} = 79.3 \text{ mm/year}$$

Use

Water extraction is considered for the water balance. Extraction from both surface water and groundwater is considered, although the majority is groundwater extraction. Figure 4.2 shows the extraction locations for industrial purposes, and Figure 4.3 shows the extraction locations for drinking water supply. Extraction for irrigation purposes is found in agricultural areas, that are spread over the case study.

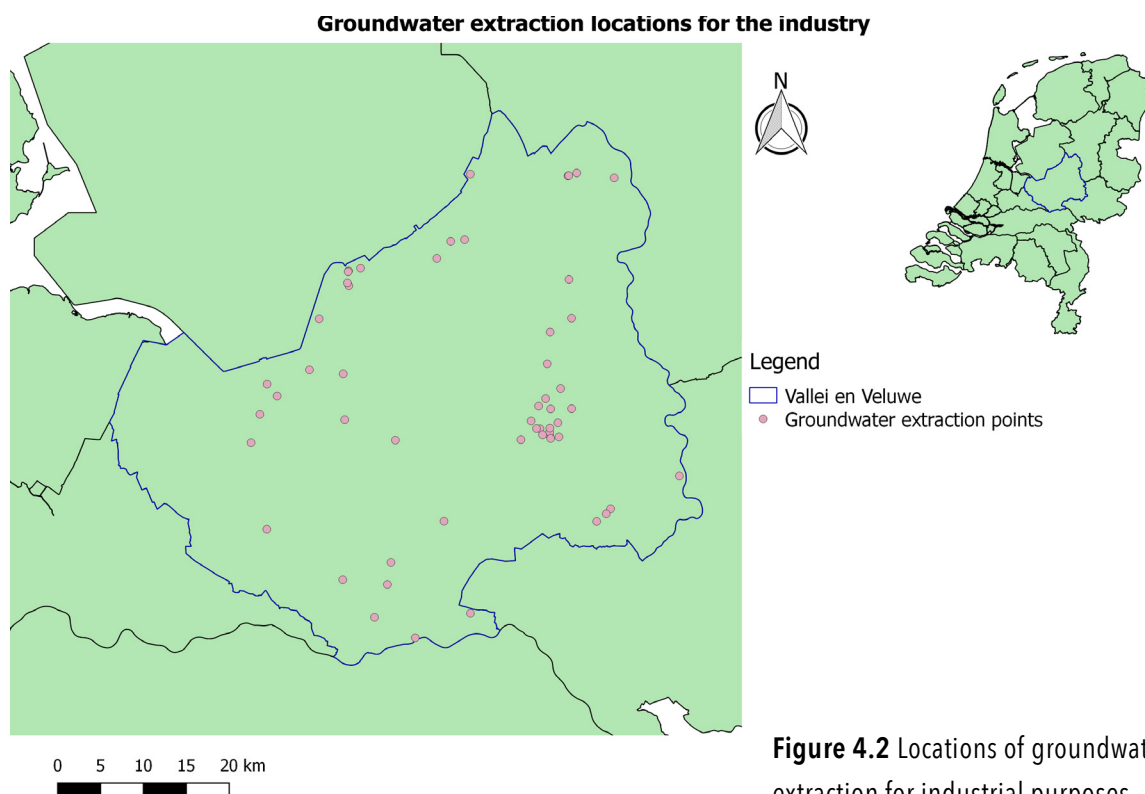


Figure 4.2 Locations of groundwater extraction for industrial purposes

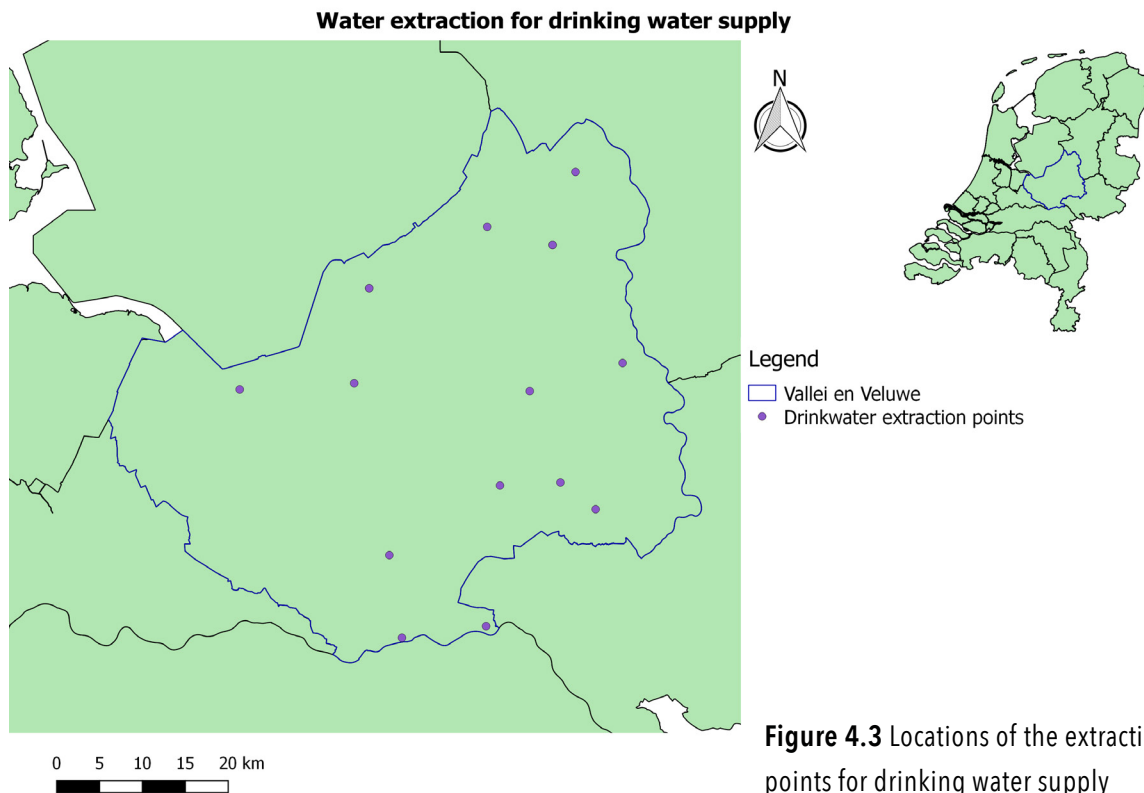


Figure 4.3 Locations of the extraction points for drinking water supply

The data of the extraction points that are shown in Figure 2 and Figure 3, are from 2008. Nevertheless, this is still representative and the best available data to use. Besides these types of extraction, also extraction for irrigation purposes should be considered. Although it is often part of the debate whether extraction for irrigation purposes is significant or not, it was decided to take it into account for the water balance. Eertwegh *et al.* (2019), computed the long-term average yearly water extraction for irrigation purposes within the case study area with the national hydrological model (LHM). Both extraction from groundwater and from surface water was considered for the computation of water extraction for irrigation purposes.

The total amount of extraction for industrial purposes is:

$$19821940 \text{ m}^3/\text{year} \approx 19.8 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$$

The total amount of extraction for drinking water supply is:

$$42870241 \text{ m}^3/\text{year} \approx 42.9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$$

The total amount of extraction for irrigation purposes is:

$$7 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{year};$$

of which $1.4 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}}$ is from surface water, and $5.6 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}}$ from groundwater.

Therefore, the total amount of water extraction that is used in the water balance as 'Use' flux is:

$$69692181 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} \approx 69.7 \cdot 10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{year}} = 27.6 \text{ mm/year}$$

Change in storage ($\frac{\Delta S}{\Delta t}$)

Besides the input and output fluxes of the water balance, also the change of the water storage is considered. Since the timescale of all fluxes is 1 (hydrological) year, also the change in storage is considered per year, and thus Δt is 1 year. Considering an average (hydrological) year, the summer half-year ΔS is negative, since the precipitation is smaller than the evaporation, and vice versa for the winter half-year (Hendriks, 2010). Therefore, for this water balance: $\frac{\Delta S}{\Delta t} = 0$.

Groundwater loss/leakage

As already discussed in Chapter 3 (*Methodology*), the leakage within the case study area is not determined and no data concerning leakage was found. Therefore, this flux has been regarded as the residual, and is computed from the other fluxes. This computation is shown below, starting with the set-up of the overall water balance.

$$In - Out = \frac{\Delta S}{\Delta t} \rightarrow In - Out = 0 \rightarrow In = Out$$

$$P + Q_{in} = E + Q_{out} + Use + GW_{loss}$$

$$GW_{loss} = (P + Q_{in}) - (E + Q_{out} + Use)$$

$$GW_{loss} = (891.92 + 0.33) - (557.6 + 79.3 + 27.6) = 227.75 \text{ mm/year}$$

It should be kept in mind that the evaporation flux, is reference evaporation. This reference evaporation is higher, compared to the actual evaporation. Therefore, the computed amount of leakage (GW_{loss}) is an underestimation.

4.1.2 Water system

For the analysis of the general water system within the case study area, several documents were studied to obtain these results. Furthermore, information was also gathered through interviews. In this Section the main outcomes of this part of the hydrological analysis are described.

Main water bodies

The main water bodies within the case study area are:

River IJssel

Grote Wetering

River Eem

River Nederrijn

Apeldoorns canal

Boundary Lakes

Vallei canal

Sprengenbeken

Figure 4.4 shows several of the main water bodies that are already mentioned. Only the Grote Wetering and the sprengenbeken are not shown in the Figure. De Grote Wetering is located east of the Apeldoorns canal, in the IJsselvallei. The sprengenbeken are shown in Figure 4.5. These so called sprengenbeken were dug in the 17th century in order to drive the mills that were located around the edge of the Veluwe. More than 150 of these small streams were dug. The mills that were driven by these water streams were used for copper and paper production, and to process cereals. As the case study area is known for its elevated sandy-



Figure 4.4 Map of the case study area, with several of the main water bodies

grounds, water streams are not naturally occurring. The small streams were dug perpendicular to the Veluwe for industrial purposes. In this manner, the groundwater table was reached, such that groundwater flowed into the streams (Bekenstichting, no date; Bouma, 2017).

Physical characteristics concerning the hydrological system

The inflow of water, through surface water streams, into the case study area is not possible due to the elevated grounds. This is an important characteristic since it indicates that the general input of water is precipitation. In addition, the water balance showed that the input of water from surface streams is almost insignificant compared to the amount of precipitation. However, at a few locations, water inlets make water intake possible from the main water bodies. An elevation map is shown in Figure 4.6 to obtain a better understanding of the elevated surface. The highest point of the case study area is the Toreenberg with 107 m+NAP.

Figure 4.7 shows the sources of water inflow for certain regions. This figure clearly shows that water inflow into the case study area is not possible. Only in a small part of the IJsselvallei, in the western part of the area, water inflow is possible from the river IJssel. In the northern part, inflow of water is facilitated through inlets from the border lakes.

Regarding the geology of the area, which is discussed in Section 3.1.3, it can be said that sand is most dominant. As sand has a relatively high permeability, water easily infiltrates and percolates down to the groundwater. Considering the physical characteristics with respect to the hydrological system, water inflow is not possible into the case study area. Furthermore, concerning the geology and dominant soil type it is difficult to hold water against gravity as water percolates down to the groundwater easily.

Groundwater system

Groundwater is, next to precipitation, the primary water source for the case study as the inflow of water from the main water bodies is not possible. Regarding the importance of groundwater, further research concerning the geohydrology of the case study area is needed to support the hydrological analysis. As a result of the relatively permeable sand cover, precipitation easily infiltrates and percolates down through the subsurface. Therefore, surface runoff is insignificant within the area. Due to the way in which the 'sprengenbeken' were dug, the groundwater table was reached. Consequently, these streams are fed by groundwater. In this way, the discharge of the sprengenbeken can be directly related to groundwater levels (Kant, 1982). Compared to one or two centuries ago, the discharge of the 'sprengenbeken' is three to four times less as opposed to nowadays. This desiccation of the small streams is mainly due to lowered groundwater levels



Figure 4.5 Map that shows the sprengenbeken that are located within the case study area (Bouma, 2017)

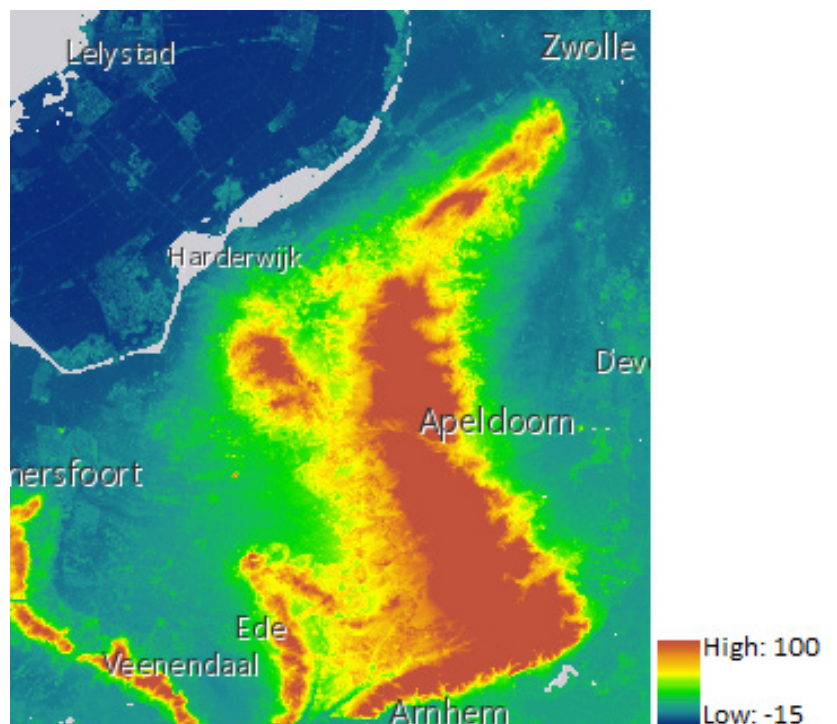


Figure 4.6 Elevation map of the case study area (AHN, 2020)

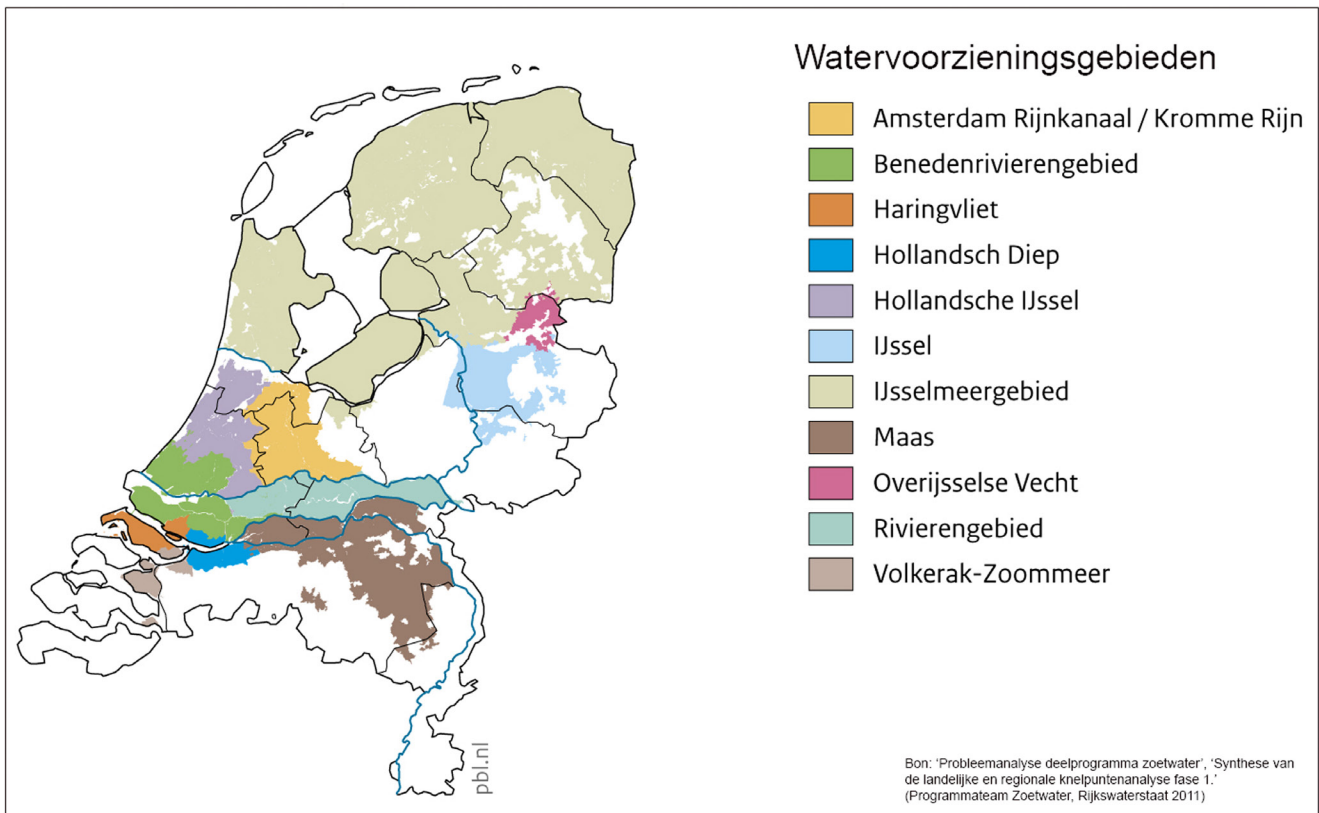


Figure 4.7 Sources of the water supply for different regions. The case study area does not have a water supply source

on the Veluwe, which is caused by groundwater extraction, drainage, adjustments in the subsurface and decreased groundwater recharge due to changing land cover (Witte, Voortman and Nijhuis, 2019).

The groundwater system of the case study area is characterised by the large transport times. Transport time is the amount of time it takes for a water drop to reach the groundwater table, and enter the saturated zone. This transport time is depending upon the thickness of the unsaturated zone, i.e. the depth of the groundwater table. In some parts of the case study area, this reaches a maximum of 70 m below the earth's surface (Verhagen, Spek and Witte, 2014). Groundwater recharge generally varies between 0.8-1.3 mm/year, depending on the meteorological conditions, whether it is dry or wet (T. Spek, 2020, personal communication). Meinardi (2003) conducted a study to determine the transport times for The Netherlands. Based on tracer research, with tritium, it was found that the transport time on the Veluwe varies from 3 to 11 years, depending on the location and the depth of the filter of the piezometer. Also, the IJsselvallei, in the western part of the case study area, has a large transport time. The top of the glacial clay layer that forms the uppermost aquifer within the IJsselvallei is located at a depth of 40 m below the earth's surface. Transport times vary from 8 to 10 years, depending on the depth of the filter.

As already shown and described in Section 3.1.3, the Gelderse Vallei is a glacial basin filled with fluvioglacial sediment that is relatively permeable. The top layer of the subsurface in the Gelderse Vallei is sand-cover. Underneath this sand cover, and on top of the fluvioglacial sediment, a clay layer with marine deposits is deposited. This layer is better known as the Eem formation. The Eem formation is regarded as the base of the hydrological system within the Gelderse Vallei and is semi-permeable at certain locations, which facilitates seepage. The top of the Eem formation is approximately at a depth of 20 m below the earth's surface. Around the edges of the valley and in the southern part, the Eem formation is missing. Therefore the base of the hydrological system at these locations is at greater depth (Meinardi, 2003). For this reason, Meinardi (2003) used a varying depth of the hydrological base between 15 and 70 m depth and determined the transport time. Depending on the depth and location of the filter, this is approximately eight years.

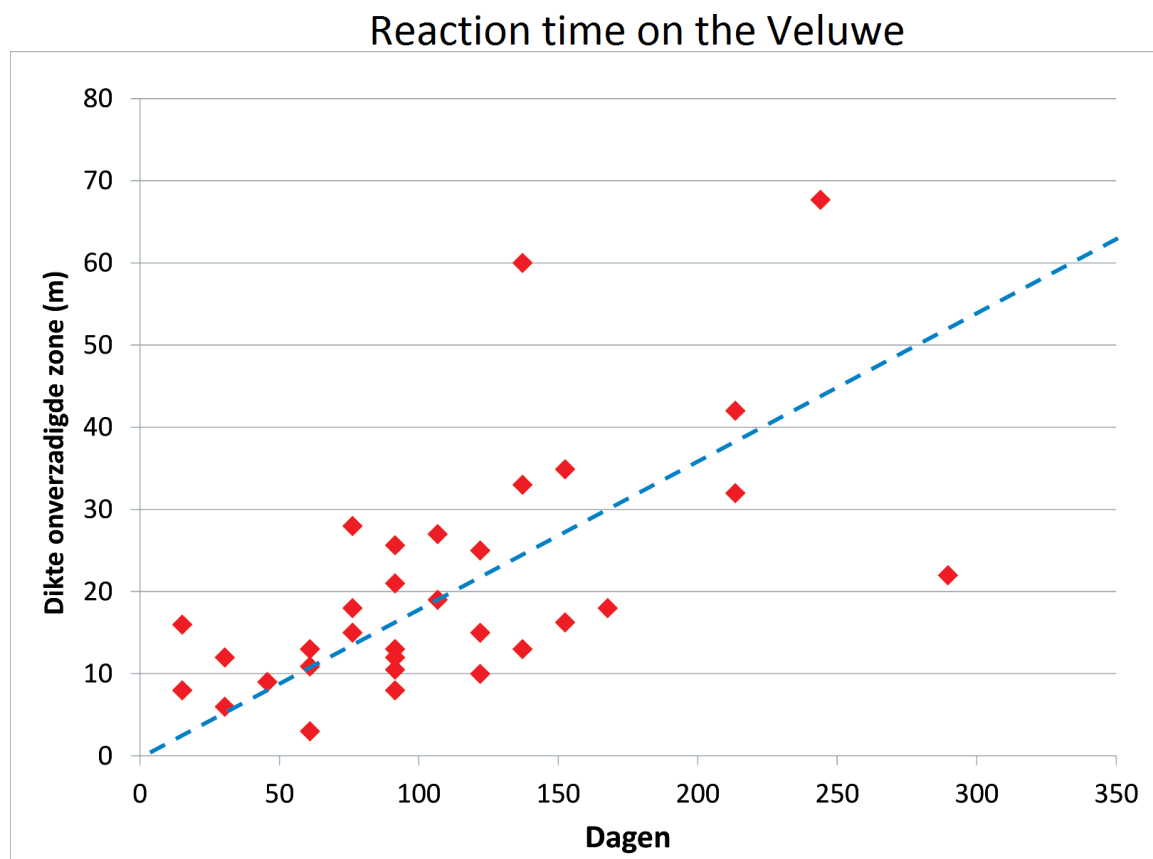


Figure 4.8 Relation between the thickness of the unsaturated layer (y-axis) in metres and the reaction time (x-axis) in days (Jansen, 2013)

Besides the transport time, also the reaction time is considered. The reaction time is the time it takes for the groundwater level to respond to precipitation, i.e. the time between a precipitation impulse and the observed groundwater level peak. It is sometimes called the delay factor. This reaction time is much faster compared to the transport time that is described above (Verhagen, Spek and Witte, 2014). The thesis of Jansen (2013) described the reaction time, or delay, for 45 different piezometers on the Veluwe. Figure 4.8 shows the relation between the thickness of the unsaturated layer and the reaction time. It is rather complex to determine the reaction times due to the alternating periods of wet and dry conditions. The reason why the reaction time is much faster, compared to the transport time is due to suction in the unsaturated zone (Verhagen, Spek and Witte, 2014).

4.2 Stakeholder analysis

Different participants were recruited and interviewed for the stakeholder analysis, which is also described in the previous chapter. In this Section, each interview is discussed separately. The primary outcomes of each interview are shown by providing a summary of the transcript. The complete transcripts can be found in Appendix B.

4.2.1 Interview water manager

The first interviewee is part of a team of hydrologists of the water board and is specialized in groundwater management. During drought, the interviewee acts as a technical advisor, and is active within RDO Gelderland as well. When a drought episode starts, one of the first measures that are taken is the ban on water extraction from surface waters in the sloping areas, where the inflow of water from main surface water bodies is impossible.

This measure is necessary because otherwise, the streams would go dry. As such, this can result in an ecological disaster. In these sloping areas, drought-related problems occur in an average year as well. Although, the problems are more extreme in a dry year such as 2018. During such an extreme drought episode, the farmers that are usually not dependent on irrigation start extracting groundwater for irrigation purposes. This trend should be monitored closely since the overexploitation of groundwater resources will enhance drought-related problems. Therefore, one of the long-term measures that is currently encouraged is improving the sponginess of the soil.

For a limited number of low-lying areas within the case study area, water can be taken in from the main water bodies. This is next to the river IJssel, the border lakes, the river Eem and the Vallei canal. The water availability from these water bodies is important for water intake as that happens through gravity drainage. When water levels drop due to drought this forms a problem and water intake is put at risk. With respect to the extreme drought of 2018, the evaporation rate was very high and almost possible to counteract by using pumps for water intake. The Apeldoorns canal can be used as water intake for the Veluwe, but that is more difficult than it appears to be. Most of the water that is taken in, is almost lost immediately due to leakage. Furthermore, due to the presence of extremely protected aquatic vegetation it is not allowed to take in too much water.

The advice from the LCW, about the priority sequence, is considered. First, the cultivation of grass and maize is excluded from irrigation with water extracted from surface waters. In the case study, there is hardly any capital-intensive cultivation, although during an extreme drought even grass is irrigated. Furthermore, only in the northern part, there are some polder areas with peat present in the subsurface that have to be maintained wet, and therefore have a priority. However, the nature conservation organisations that manage these areas do often not want 'foreign' water into these areas. Therefore, the water levels around these areas are set up to maintain pressure on the groundwater system which results in seepage.

Water Manager



Within the case study area, two different phases of drought can be identified: (1) drought in the area usually starts at the headstream in the upper reaches of the small streams that dry up. Prior to this, terrain managers have already tried to retain as much water as possible within the area. (2) When drought persists, also problems start to occur in the middle reaches of the small streams. This is, in general, the signal to start taking measures, to counteract or to mitigate drought-related problems. Thus, hydrological drought starts when the streams dry up. Of course, when all the snow in the Alps is gone at once you become extra alert because that means that the river Rhine becomes dependant of precipitation in the catchment. This is another signal.

Information concerning drought comes from point measurements, remote sensing, and model runs. Precipitation forecasts are used as input for the models, and different scenarios are created. Concerning remote sensing, use is made of SatWater that shows evaporation data. NDVI could be a useful product to use for monitoring and identifying drought since a smaller pixel size is obtained, and thus a better image can be obtained. Furthermore, SatWater uses visible light which is blocked on cloudy days, whereas NDVI is not affected by clouds. With the scenarios that are created, information can be shared with farmers and adjustments in water management can be made.

Three different types of systems can be identified within the area during drought: 1) low-lying polder areas with the possibility for water intake, 2) sloping areas where streams flow, and 3) moraines (Veluwe and Utrechtse Heuvelrug). Each of these types reacts differently to drought. Potential drought problems in the low-lying polder areas can be handled through water intake, on the sloping areas it is a matter of success of the possible measure. On the moraines, groundwater levels will simply lower. Infiltration should increase to recover from drought. This can, for instance, be stimulated by changing pine forest into deciduous forest. The spring of 2018 was relatively wet, and even flooding occurred. Suddenly there was drought which showed problems in areas that are usually not affected to such an extent, as the middle reaches of the streams were drying up. When this happened, it was a signal which indicated that measures had to be taken. However, you are already too late then, and there was no proper preparation for this drought. It was remarkable due to the wet spring vegetation was full of leaves, which caused maximal transpiration. The effects of this high amount of transpiration were clearly visible at several piezometers. On the Veluwe, nature is dependent on rainfall since the groundwater table is too deep for the roots. Although, some small patches of the forest seemed to be able to retain water better as the transpiration remained high for a more extended period.

During the winter months, before the dry season, the amount of snow in the Alps is monitored to make a first prediction for the discharge of the river Rhine. Unfortunately, in 2018 the amount of snow was not a great indicator, because the amount of snow seemed to be normal. Next, during the spring, groundwater levels are checked and compared to other years to determine whether it is dry or not. Furthermore, weather forecasts are carefully followed. The real trigger for drought is the discharge of the streams. In general, there are two triggers for drought: 1) Due to low water levels in the River Rhine, it becomes impossible to take in water, and 2) drought within the area (e.g., drying up of the streams).



4.2.2 Interview water supply company

For the drinking water supply in the region, sufficient water availability is crucial. In general, groundwater is extracted for the water supply in the region. In certain areas surface water is infiltrated. This is water from streams, which is stored in infiltration marshes where water can infiltrate for groundwater recharge to compensate for lowered groundwater level due to groundwater extraction. It is allowed to extract slightly more, compared to the amount of water that needs to be infiltrated according to the agreement.

The water supply company supplies water to both households and industry. On the Veluwe, there are in total 15 production sites, from where water is distributed. Because of the high quality of the groundwater from the Veluwe, it is used by industries that require high-quality water for their production processes. During the drought of 2018, there was a significantly higher water demand, compared to normal years. Several consecutive days showed a water demand increase of 30%, resulting in a persisting peak demand. The water supply company had to exceed the amount of allowed groundwater extraction according to the agreement with the province to satisfy this peak demand. To prevent this in the future, different ways of better water distribution are scrutinized, which can also result in increased groundwater extraction containing in the agreement. In this way, drought can be better dealt with.

During the drought of 2018, the priority sequence for water was considered. The water supply company is part of the team for water shortages to provide input about the situation concerning water demand. Furthermore, the customers are made clear to be parsimonious with water. Besides that, the customers are also explained that the water supply for consumption is not in danger since the groundwater resources will not run low.

Also, the agricultural sector extracts water from the same water system for irrigation purposes. This affects the production of the water supply company. The water board should play a central role in this situation, to make decisions and to take measures (e.g., stimulating water retention). The agricultural sector points rather quickly in the direction of the water supply company concerning drought-related damages. For the water supply company, it is tough to take short-term measures to counteract drought-related problems. The most effective tool for the water supply company is to communicate about drought towards the customer and create awareness. Furthermore, water spills during the production process and the distribution are minimized.

The drought of 2018 did not affect the production process for the water supply company. Although, much discussion happens ever since about using groundwater as the only water resource. In doing so, the possibilities for other resources are investigated. Furthermore, the water supply company is working hard on the claims by farmers that are drought-related. Another thing that plays a role is the slow groundwater system on the Veluwe, that causes the absence of drought problems concerning the resources. However, in order to handle future, drought problems, the water supply company is working on strategies to create a more climate robust water system together with other stakeholders. For example, in the future the distribution network of the water supply company needs to be adjusted, and for the long term, more climate

robust strategies should be implemented. It is important to know that drought does not result in drying up of the water resources since there is plenty, but the distribution network has difficulties to satisfy the peak demand.

The weather forecasts of the KNMI and the precipitation deficit are the drought indicators that are currently used by the water supply company. Mainly the temperature and precipitation are important for the production since rising temperatures are noticed by increasing water demand when it rains and vice versa. Another indicator that is frequently monitored is groundwater levels, for groundwater management and dealing with damage claims.

4.2.3 Interview nature conservator

The third interviewee works as a hydrologist for a nature conservation organisation and focuses on the elevated sandy grounds of The Netherlands. Therefore, the interviewee is experienced and has a good understanding of the processes within the case study area. For nature, sufficient water availability is essential. Besides, both the quantity and quality of water are important factors. Structural drought is encountered within the natural areas and ever since the 1950s, as the groundwater table is lowered with several decimetres. As a result, also the supply of seepage is decreased and changed direction towards agricultural grounds. Especially groundwater-dependent types of nature are affected.

As a result of structural drought, the variety of vegetation species decreases and thereby the composition of vegetation changes. Species that thrive well with high groundwater levels and little influence from agriculture can be supplanted. Furthermore, the top soil is dried out, which results in eutrophication. Only a few small places are still habited by rare species. Therefore, the species composition, not only the flora but the fauna as well, is changing.

Human influence on the hydrological system is significant, and shifts the balance. However, according to Natura 2000 and KWR we all agreed upon protecting the water-dependent types of nature. Structural measures are needed to deal with drought to halt the biodiversity decline. Areas that have been subject of these measures appear to improve. The transformation of pine forest into deciduous forest is one of the measures that have been taken. This decreases evaporation, whereas both interception and infiltration are increased.

The focus of the nature conversation organisation is on soil moisture, considering the groundwater-dependent types of nature. By maintaining groundwater levels that are preferred for the groundwater-dependent nature, the soil moisture content can be influenced. On the other hand, surface water is almost equally important since that is often used for the measures. However, sometimes the interaction between surface water and nature is not desirable for quality reasons. During drought, when water-dependent nature is drying up, 'foreign' water is not desired. In such situations, no water is preferred over foreign water which

Nature



might have bad quality. These decisions are tailored and area-specific.

Drought is a normal and completely natural phenomenon. However, one of the consequences of climate change is the occurrence of more droughts. Apart from this, also the effects of drought will become more severe since natural areas have become less water robust. Despite the negative effects of drought on nature, it does instigate the discussion about drought-related problems and increases public awareness. One of the pitfalls that should be avoided is the idea that water needs to be discharged during the winter to prevent potential floods. Therefore, water management should change to prevent flooding on the one hand, but on the other hand drought should be counteracted. This requires a different view on spatial planning.

During a drought, the nature conservation organization does not really take any measures, as it is hard to take measures in the areas. These areas are known for the lack of discharge, or a small amount of discharge since there is almost no water during the summer months. The spring of 2018 was very wet, but when there is no precipitation anymore, drought occurs. To counteract drought problems for nature, the zone of the ban on groundwater extraction should be increased. This zone is determined together with the water board. The monitoring of drought can be improved by obtaining more data which then can be used when taking measures.

Drought is defined by the nature conservation organisation according to the precipitation deficit and groundwater levels. Another interesting indicator that could be of value is discharge data. With discharge data, the relation between groundwater and surface water could be better understood. Apart from this, discharge data is also important to know when measures have to be taken. Since this data is not measured properly, attention should be paid to this. The priority sequence is considered, although it is only applicable within small areas of the sandy grounds. Since water supply is the first category in the sequence, the water supply company is exceeding the amount of allowed water extraction. This is precious groundwater for the area, and something should be done about it.

Thus, data about discharge is desirable, and water level management should become more accurate to improve water retention. Furthermore, groundwater levels are closely monitored. Remote sensing techniques seem to have potential in monitoring and identifying drought. But what does that mean? It shows the vitality of vegetation. However, it is not a disaster when vegetation is less vital for a year. There is not a big desire for other drought indicators, since everything that could be done to counteract drought is done, which is water retention.

4.2.4 Interview agricultural sector

The fourth interviewee works for the LTO on water-related subjects within the agricultural sector. Sufficient water availability is, of course, essential for the agricultural sector, albeit up to recently, the discussion was all about keeping dry feet. Therefore, farmers focus on flooding and water discharge to prevent flooding;



however, due to the drought-related problems that occurred in the last two years, the focus shifts slightly towards drought as well. Farmers have started investing in irrigation equipment and improving the sponginess of the soil for the sake of water retention. For the agricultural sector, both surface water and groundwater are essential components for irrigation. When the water board announces a ban on surface water extraction, farmers become dependent on groundwater resources. Unfortunately, not every farmer has access to groundwater and often it is conflicting with nature as it is not allowed to extract water within a particular zone near a natural area. Therefore, farmers ask for clear communication from the water board such that they can better anticipate drought. They expect that the water board takes measures as the farmers cannot take that many measures themselves. Currently, the water board is investigating potential adjustments of the water system of which farmers should be convinced, otherwise they will not participate.

During drought, the agricultural sectors expect that the water boards take action. For the farmers, it is important to know when the water board starts to ban water extraction. Again, communication is essential. Most farmers do not identify or monitor drought, as they cultivate their land as they are used to for years. Concerning drought, the farmers are not pro-active as they think that it is normal and that the conditions will change again. This is in contrast with flooding, when farmers are very quick in contacting the water board. Drought remains a relatively new phenomenon for the agricultural sector. Therefore, the agricultural sector is stimulated to take measures against drought. The priority sequence is not really considered but should receive more attention perhaps.

The LTO does not monitor or identify drought, whereas some farmers do monitor hydrometeorological conditions closely. Sometimes, the LTO receives information about the conditions in the field. As an example, when farmers are mowing less grass, they will share this information. However, compared to flooding, there is not so much attention for drought. Providing data that shows where, when and how drought-related problems occur is an important point. The agricultural sector does not use any drought indicator, although farmers monitor the weather but do not take measures if necessary. Furthermore, drought for the agricultural sector is very region-specific.

4.2.5 Interview shipping industry



The fifth interviewee is a waterway and shipping advisor of RWS. The dimensions of the river IJssel are relatively small for the ships that navigate this river. During drought, the water level of the river lowers, which can cause severe problems for shipping and unsafe situations can occur. In the case of unsafe situations that can have an impact on society, the government is allowed to intervene.

The majority of people is not familiar with the goods that are transported over water. Most of these goods are essential for all of us; one can think of fuel or commodities for medicine production. Drought can disturb

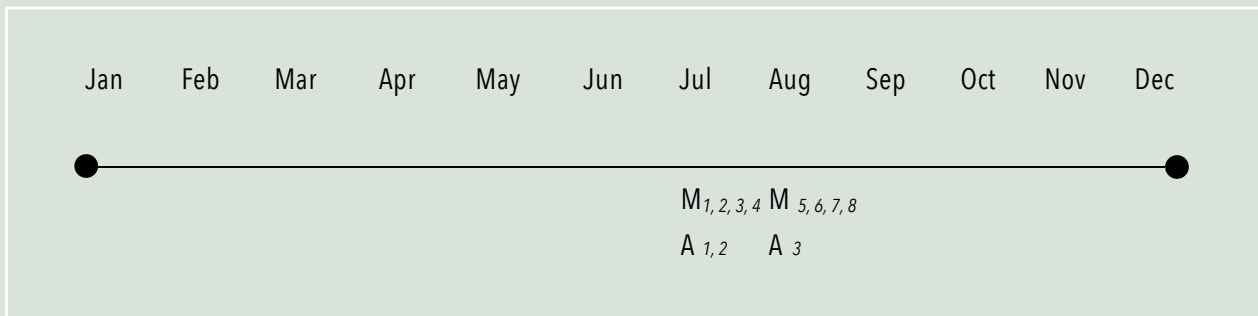
the transport of essential goods. When water levels drop, less cargo can be transported by a single ship. This can result in a bad image of the shipping industry when goods are not transported. Another problem with drought is that due to the lowered water levels, fewer goods can be transported and more ships are needed for transport. Consequently, there will be more traffic on the waterways, which enhances the drought-related problems.

For the skipper, there is no drought as long as they receive financial compensation for their services. In fact, during the drought of 2018, the shipping industry did good business as they were able to ask more money for their services since more ships were needed due to reduced load weights.

During drought, the weather forecast of upstream areas is important to consider, as rainfall in these areas can increase water levels. In general, the information that is available for the shipping industry is the discharge of the river Rhine for the upcoming 48 hours. The skipper does not desire a long-term prediction since each trip is a 5-6 day maximum to get from point A to point B. Measures that are taken against drought are: implementing unidirectional traffic on the river IJssel, dredging and communication.

4.3 Policy analysis

The year 2018 was used for the policy analysis to investigate which measures can be taken during drought by the water board. To do so, documents were consulted that provided information about the measures that were taken during that year. To make an overview, a timeline was made, which is shown below. The measures and given advice, which are shown in the overview, are further discussed after the timeline.



- M₁ = ban on surface water extraction (except for areas where water inflow from main water bodies is possible)
- M₂ = rescue of protected fish species
- M₃ = wetting of the dykes
- M₄ = maximum amount of water inflow where possible
- M₅ = set up water level
- M₆ = extended extraction prohibition
- M₇ = emergency pump in use due to low water levels in the river IJssel
- M₈ = due to priority distribution sequence it is not allowed to irrigate maize fields and grass fields

- A₁ = pay attention to the location where you can swim regarding safety and water quality
- A₂ = spray your garden during the night and use water parsimonious
- A₃ = avoid any contact with surface water due to poor water quality

Legend
M = measure
A = advice, subscripts = genuine measure or advice to be explained below)

The first measure (M_1) that was taken by the water board in 2018 was the ban on water extraction from surface water. This measure was introduced on the 2nd of July and was supposed to be applicable for ten weeks. Areas, where water inflow from the main water bodies is possible, were excluded. The reason for this measure was to delay or to halt the reduction of stream discharge. Apart from this, by banning water extraction, the deterioration of water quality and irreversible damage to nature can be prevented.

Two weeks after the first measure was introduced, the first advice (A_1) was announced on the 12th of July. The underlying idea for this advice was to create awareness about the dangers concerning swimming. Because of risks concerning water safety and water quality, it was not allowed to swim at a particular location. People were updated about this topic via a website.

Subsequently, the persisting drought of 2018 caused the streams to (partially) ran dry. As a result, aquatic life within these streams was dying. Amongst this aquatic life are several protected fish species. The protection of these species is a top priority to prevent irreversible damage to nature, in accordance with the priority sequence. Therefore, the water board introduced a new measure (M_2) on the 19th of July. Endangered fish was caught and released in other streams with sufficient discharge. This measure shows that the discharge of the small streams is a vital drought indicator, as was obtained during the interview with the water manager.

To reduce the risk of decreasing water safety levels, the water board decided to start spraying the dykes. On the 24th of July, this measure was introduced, when the drought caused the grass on the dykes to dry out. Other dykes within the case study area were closely monitored as well, and if necessary, further measures would have been taken. Therefore, on the 30th of July, the water board extended the measures concerning the spraying of the dykes by applying this measure to multiple other dykes that were affected by the drought. Another advice was given on the 26th of July (A_2), concerning water usage. People were urgently advised to spray there garden only between 18.00 and 09.00 hours. In this way, the water board also tried to grow awareness about parsimonious water use during drought. Apart from this, the water board made clear that the drought became severe, and therefore emphasized on the ban on water extraction and that the water inflow wherever possible was maximized. This maximized water inflow was another measure that was taken (M_4).

On the 2nd of August, the LCW announced that due to the drought an actual water shortage was developed in The Netherlands. In response to this, the water board introduced new measures. The water levels within the case study area were set up to a maximal extend to retain as much water as possible (M_5). Furthermore, on the 4th of August, the water board decided to introduce another measure. The ban on water extraction from surface water was further extended (M). Due to a lowered water level of the river IJssel, water inflow was reduced for certain areas. In response to these lowered water levels, the pumping

station near 'Terwolde', was suffering from technical problems. A new measure was introduced to counteract these problems (M_7). This measure consisted of the installation of an emergency pump to support the pumping station. Furthermore, both grass and maize fields were excluded from irrigation in accordance with the priority sequence (M_8). Finally, the water board urgently advised on the 9th of August (A_3) to prevent any contact with surface water. As a result of the persisting drought, the water quality was significantly deteriorated and poses a health risk.

The above-discussed measures and advice, that were announced in 2018, show the possibilities within the case study area concerning policy. When decisions need to be made about measures to anticipate or to mitigate drought-related problems, socio-economic drought should be considered. As discussed in Section 2.2.4, socio-economic drought relates socio-economic effects to the three other types of droughts. These socio-economic effects need to be studied and evaluated carefully to take correct measures. The trade-off between the different possible socio-economic effects is already taken into account through the priority sequence, that was applied in 2018, as shown by the timeline.



4.4 Selection of drought indicators

Based on the results of the earlier discussed analyses, a set of potential relevant and suitable drought indicators was chosen. In Chapter 3 the different drought indicators are already explained. Therefore, in this Section the reason why these indicators are chosen, based on the other results, is discussed.

SPI

- Based on the hydrological analysis, precipitation is the essential flux of water input for the case study area.
- A vast majority of the surface area solely depends on precipitation and seepage since only for small areas water inflow is possible
- Based on the interviews of the stakeholder analysis it was found that precipitation is an important indicator to consider
- From the policy analysis, it became clear that measures are not immediately taken due to precipitation deficiency. However, SPI is of great value when taking measures as it can be used to predict the effects of the measures. For example, when water retention is maximized SPI values can indicate whether relatively much rain will be retained or not
- Due to good data availability and the software that can be used, SPI can be relatively easily used and computed
- To substitute/to support the current indicator (precipitation deficit)
- Recommended by the WMO to use as the standard meteorological drought index

Soil moisture

- Soil moisture is the crucial water supply for vegetation in the root zone
- From the hydrological analysis, it was found that the groundwater table is at great depth. Therefore, soil moisture deficiency is rather quickly developed when precipitation is lacking. That gives reason to monitor the soil moisture content closely and to use this as a drought indicator
- From the interview with both nature and agriculture stakeholders, soil moisture was found to be most important
- Soil moisture drought is one of the types of drought that is considered within this thesis. Soil moisture content is essential as an indicator due to the relevance of soil moisture deficiency concerning drought impacts on agriculture, nature and infrastructure
- Currently, soil moisture is not measured, and therefore there is a lack of data

Stream discharge

- According to the results of the hydrological analysis, the small streams are fed by groundwater. Furthermore, the discharge of these streams is directly related to groundwater levels. During a drought, these groundwater levels will lower. As a result, the discharge will decrease
- One of the key findings from the stakeholder analysis, based on the interview with the water manager, was that the discharge of the middle reaches of the small streams was crucial for drought management. Due to particular ecological standards, the minimum allowable flow velocity is required. When flow velocities fall below these standards, irreversible damage to nature occurs. Therefore, stream discharge is a vital drought indicator to consider
- Regarding the discussed measures of the policy analysis, stream discharge is often considered by the water board. Through a ban on water extraction from surface water, the discharge of the small streams is tried to maintain
- Currently, stream discharge is not (correctly) measured, there is a lack of data

Groundwater levels/Isohypse

- The main reason to select this indicator was based on the results of the hydrological analysis. As a result of particular characteristics of the case study area, the most crucial water resource next to precipitation is groundwater
- Information obtained from the interviews during the stakeholder analysis emphasized the importance of groundwater. First of all, the water manager explained that groundwater levels are decisive during spring to identify potential drought. Second, the hydrologist from the nature conservation organization said that groundwater level management is essential to influence soil moisture content. Third, the water supply company extracts groundwater from the case study area. Therefore, groundwater is highly relevant concerning water supply. Fourth, farmers are often affected by lowered groundwater levels. As a result, this leads to damage, thus also for the agricultural sector groundwater is a vital drought indicator

NDVI & EVI

- Remote sensing could be a contribution to drought management. During the interviews, the water manager and the hydrologist of the nature conservation organization showed interest in remote sensing indicators. Mainly because of the broad applicability and possibilities of these types of indicators, although they both did not have decent experience with these type of indicators
- Concerning the data availability, both NDVI and EVI data can be obtained relatively easily through space agencies such as NASA or other organizations as the USGS

4.5 Focus groups

In this Section, the primary outcomes of the focus group sessions are described, following the answer forms which were filled in by the participants. These answer forms can be found in Appendix C. First, the primary outcomes of focus group 1 are described, followed the outcomes of group 2, and finally, an overall conclusion of the focus groups is given.

4.5.1 Focus group 1

The first focus group started with information updates in April. Therefore, the hydrometeorological conditions before this update were unknown. A surprising result was that for one participant, the lack of information led to an increased level of alertness. Nevertheless, because of the small amount of information that was provided, no measures were advised by the participants.

The first measures were advised after the 4th information update (first half of July). The measures that were advised were: 1) increase water retention, 2) ban water extraction from surface water, and 3) ban water extraction from groundwater. Apart from this, after the fourth update, the level of alertness increased significantly to level 4 and 5. The advised measures maintained applicable up to and including the 7th information update (second half of August). Meanwhile, the level of alertness gradually declined.

The participants more than once noticed that the amount of information for each update was minimal, and therefore sometimes difficult to interpret. That was due to the absence of anomalies, or average values, to compare. However, based on their experience, the participants did know what the average values for precipitation and precipitation deficit are. On the other hand, the average values of groundwater levels were not known. As a result, groundwater levels were not very usable for the participants because of the lack of average values for comparison.

4.5.2 Focus group 2

Focus group 2 received the first information update in January. As a result of this, one of the participants advised taking measures in February. Since February appeared to be a dry month, water retention was advised. Primarily the SPI-3 values were used for this decision since the negative values indicated drought. Based on this indicator, water retention should take place in areas with the most negative SPI values. Furthermore, the level of alertness increased slightly during the first four updates (up to April). After the fourth information update (April), the levels of alertness increased significantly. As of the fourth update (April), all participants advised maximizing water retention.

After the sixth information update (June), also a ban on groundwater extraction was advised next to maximal water retention. Apart from this, the levels of alertness increased to 4, for all participants. For the information

updates 7 -10 (July and August), each participant advised taking all measures. Furthermore, the level of alertness remained high with 4 or 5. For the remaining updates, the participants maintained to advise measures, although the number of measures declined together with the level of alertness. It was remarkable that up to the final information update (December), the participants advised increasing water retention.

In line with focus group 1, average values and anomalies were desirable. However, as the SPI values are normalised, anomalies were provided by the indicator. Nevertheless, especially the groundwater levels were difficult to interpret without reference to average values. The introduced drought indicators to focus group 2 were difficult to interpret at the beginning of the session. That was due to the relative inexperience with these indicators. However, after a clear explanation, and additional information was given concerning these indicators, the participants were able to use the drought indicators appropriately. As already mentioned, the SPI-1 and especially the SPI-3 values were found to be useful for drought management. Regarding the stream discharge, this indicator was found to be useful as well after information about the importance of this indicator was given. Also, the soil moisture content was considered with great attention during each information update. As a result, this indicator was considered for the advises, albeit it was more challenging to interpret. Furthermore, the remote sensing indices, NDVI and EVI, were also considered. However, these indices were even more challenging to use due to inexperience in interpreting this type of data. Overall the drought indicators were useful for the participants and used well for the advice that was given after each information update. Drought indicators that are relatively unknown remain difficult to use. Therefore, it is expected that more training and experience with these indicators would result in better use and interpretation.

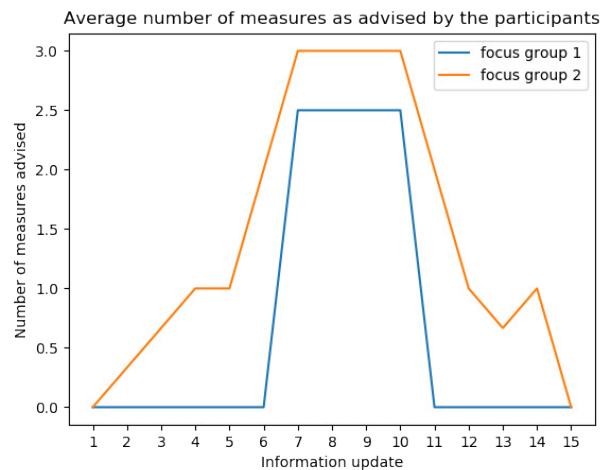


Figure 4.9 Average number of measures that was advised by the participants

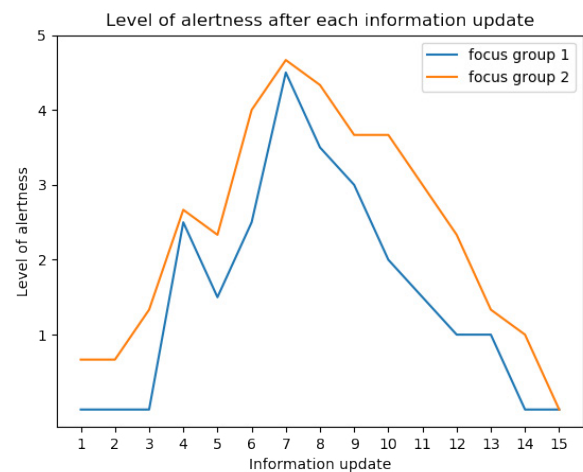


Figure 4.10 Level of alertness with respect to drought, based on the information updates during the focus groups

4.5.3 Conclusion

After the evaluation of the sessions and a comparison between the results of both focus groups, a few main conclusions were found. Some of the key points that were found are not described in the results above as these are subject to discussion, and will, therefore, be further discussed in Chapter 5. Figure 4.9 and Figure 4.10 provide a visual overview of the results from the focus group sessions. Table 4.1 shows an overview of the results from the focus groups that were used to create the Figures.

Primary outcomes of the focus group sessions

- Focus group 2 started earlier to advise measures, which remained applicable for a more extended period. Besides, their level of alertness appeared to be higher
- Primarily SPI was found to add value for drought management
- Due to inexperience with some drought indicators, interpretation was sometimes difficult
- Average values/anomalies are desirable. Indices such as SPI satisfy this desire
- Application of drought indicators is region-specific
- A lack of information (in focus group 1) can lead to an increased level of alertness
- Too much information, or information that is more difficult to interpret, is not used appropriately
- There should be more and better measurements to obtain data that is essential for drought indicators

Information update	Focus group 1		Focus group 2		
	P-1	P-2	P-1	P-2	P-3
1	-	-	0; A=1	0; A=0	0; A=1
2	-	-	1; A=1	0; A=0	0; A=1
3	-	-	1; A=1	0; A=1	1; A=2
4	0; A=3	0; A=2	1; A=4	1; A=2	1; A=2
5	0; A=2	0; A=1	1; A=3	1; A=2	1; A=2
6	0; A=3	0; A=2	1, 3, 4; A=4	1, 3, 4; A=4	1, 3; A=4
7	1, 2; A=5	1, 2, 3; A=4	1, 2, 3, 4; A=5	1, 2, 3, 4; A=4	1, 2, 3; A=5
8	1, 2; A=4	1, 2, 3; A=3	1, 2, 3, 4; A=4	1, 2, 3, 4; A=4	1, 2, 3; A=5
9	1, 2; A=4	1, 2, 3; A=2	1, 2, 3, 4; A=4	1, 2, 3; A=3	1, 2, 3; A=4
10	1, 2; A=2	1, 2, 3; A=2	1, 2, 3; A=4	1, 2, 3; A=3	1, 2, 3; A=4
11	0; A=2	0; A=1	1, 2; A=3	1, 2; A=3	1, 3; A=3
12	0; A=1	0; A=1	1; A=3	1; A=2	1; A=2
13	0; A=1	0; A=1	1; A=2	1; A=1	0; A=1
14	-	-	1; A=1	1; A=1	1; A=1
15	-	-	0; A=0	0; A=0	0; A=0

Table 4.1 Overview of the answers from the participants of the focus groups

Legend: P = participant, 0 = no measures, 1 = measure 1 (increasing water retention), 2 = measure 2 (ban water extraction from surface water), 3 = measure 3 (ban water extraction from groundwater), 4 = other measures, e.g.(participant's input, such as increase water intake from head water system, increase all water levels etc.), A = level of alertness (0-5)



05 Discussion

In this Chapter, the findings are discussed and compared to current existing literature. Furthermore, the results of this research are further discussed by translating the outcomes into operational opportunities for Rijkswaterstaat, and eventually, the LCW. Finally, the methodology of this research is critically evaluated and discussed, followed by recommendations for future work.

5.1 Main outcomes

First of all, it is found necessary indeed to identify and monitor drought on a regional scale, since the results showed the importance of region-specific drought indicators. By using a case study area for incorporating regional differences, the claim that a universal definition of drought is impossible, was taken into account (Wilhite and Glantz, 1985; Mishra and Singh, 2010; Lloyd-Hughes, 2014). Based on the findings of the analyses and the focus groups, it was found that this is true. For example, it was found that each stakeholder had a different idea or experience to drought. Secondly, the findings of the hydrological analysis showed that specific drought indicators are necessary. Besides, by considering the possibilities of policy, the use of a regional scale to define drought was supported.

The findings from the three different analyses enabled to determine a selection of drought indicators that can be used for drought management. Through the three analyses (hydrological, stakeholders and policy), both physical and socio-economic characteristics were taken into account. In this way, drought was considered on different levels. Apart from this, relevant and suitable drought indicators were selected. Bachmair *et al.* (2016) concluded that it is desired that drought indicators should represent different stages of drought propagation, with different temporal and spatial scales. Furthermore, the dynamic interaction between the environment and society should be better understood concerning drought impacts (Bachmair *et al.*, 2016).

From the results of the focus groups, it was found that the introduction of other drought indicators leads to increased alertness and pro-active drought management. During the sessions of the focus groups, it became clear that information concerning the characteristics of the case study area is an essential factor. As a result, the drought indicators were better understood and interpreted. Thereby this once more shows the relevance of the regional scale and knowledge about drought for that specific region. Because of the format of the focus group method, participants were able to work together and discuss the content. This method was found to be an interesting way of collaboration and, in which relevant information was gathered concerning the drought indicators. An example of this was the desire for average values to compare drought indicator values with, and thus to determine the anomaly of the drought compared to normal situations.

5.2 Discussion of the results

5.2.1 Selection of drought indicators

Based on the results of the three analyses, a selection of drought indicators was made. This selection is subject for discussion and will, therefore, be discussed in this section. For clearness, the selected drought indicators are **SPI, Soil Moisture, Stream Discharge, Groundwater levels/Isohypse** and **NDVI & EVI**.

From the hydrological analysis, it was found that the main input of water in the case study area is precipitation. This is because the external water supply from the main water bodies is not possible on the elevated sandy grounds. Therefore, precipitation is one of the essential components to consider when identifying and monitoring drought. The drought indicator that is currently used in The Netherlands, the precipitation deficit, is a meteorological indicator which is not sufficient. To support this indicator, **SPI** is introduced. The standardized precipitation index (SPI) is a meteorological drought index. It is recommended by the WMO to use as standard meteorological drought index, as is described in the Lincoln declaration on drought indices (Hayes *et al.*, 2011). For this reason, amongst others, SPI was selected, and the applicability of this indicator was tested. Another reason is the availability of data of the KNMI that can be used. Apart from this, SPI is a statistical relevant index which is based on a long-term record of precipitation (50-60 years). Besides, this index also appears to be flexible, considering the different timescales that can be selected for the computation of the SPI values. Concerning the flexibility of SPI, this index can be used throughout the entire year, whereas the precipitation deficit is usually suitable from April to October. Also, SPI is more than a meteorological index since a larger timescale can be used for the other types of drought.

In this research, SPI-1 was used to identify and monitor meteorological drought. Furthermore, SPI-3 was used to identify and monitor soil moisture drought since it can be used to determine soil moisture conditions. The combination of SPI-1 and SPI-3 can contribute to anticipating drought, and therefore supports anticipative drought management. Therefore, this is further explained. When SPI-3 shows an average value ($-0.99 \geq \text{SPI-3} \leq 0.99$) and SPI-1 shows values smaller than -1.5, this means that SPI-3 will become more negative in the next month. Since SPI-3 is an accumulation of three months, the SPI-1 value of a particular month is taken into account when computing SPI-3 for the upcoming two months. Therefore, SPI-3 reacts slower to fluctuations in precipitation compared to SPI-1. This mechanism can be used to anticipate drought, and thereby to support anticipative drought management.

The **soil moisture** content is the essential water supply for vegetation. It indicates the water availability in the root zone that can be taken up by vegetation. Especially the interview with the nature conservation organization showed the importance of sufficient soil moisture. Moreover, they try to influence this by maintaining groundwater level standards. Drought affects agriculture and nature because of the depletion of soil moisture. As a result, drought stress is developed, which can lead to reduced crop yield and damage to nature. For these reasons, soil moisture is an important drought indicator to consider and closely monitor to identify drought at an early stage. For this research, the soil moisture content was expressed in percentages.

However, instead of using the percentage of soil moisture content solely, it was desired to compute an index comparable to SPI. In doing so, anomalies could have been incorporated. Unfortunately, soil moisture is not measured within the case study area. Therefore, there is no data record of soil moisture content available. However, the computed SPI-3 values that were used for this research could have been used to compare with average values, concerning the soil moisture content. Nevertheless, the soil moisture content is vital to consider during drought and can be used to validate computed SPI-3 values.

Based on the findings of all three analyses, the **stream discharge** was found essential and relevant to use as a drought indicator. First of all, the hydrological analysis showed that the sprengbeken are essential water bodies in the eastern part of the case study area. Furthermore, these small streams work as a drain since they are fed by groundwater and therefore affect the water availability. Considering the groundwater system, it is clear that there is a direct relation between groundwater levels and stream discharge. Over the last one or two centuries, the discharge decreased by a factor 3 to 4. Next, the stakeholder analysis showed that stream discharge is essential for water management and nature. Moreover, a particular minimum stream discharge is required to maintain a threshold flow velocity to ensure ecological standards. When water managers observe a decreasing discharge, this means that action is required to mitigate drought-related problems. Moreover, this is also found in the results of the policy analysis that showed a ban on surface water extraction, to increase water retention. Similar to soil moisture, stream discharge is not adequately measured within the case study area. As a result, there is no long-term record of stream discharge. Therefore, it is currently not possible to compute comparable index such as SPI to incorporate anomalies. However, since there is a minimum flow velocity required, it is sufficient to measure the stream discharge and closely monitor the discharge. In this way, measures can be taken when the stream discharge is likely to fall below a particular warning value that should be determined.

Regarding the importance of groundwater for the water availability within the case study area, this was found relevant to consider as a drought indicator. All three analyses showed that the main water supply of this area is groundwater, when there is no precipitation and when extraction from surface water is prohibited. Furthermore, the sprengbeken are fed by groundwater, and thus most surface water within the area originates from groundwater. **Groundwater levels** are considered during drought, and lowering of the groundwater table is closely monitored. In doing so, an extended monitoring network of piezometers throughout the area is used. The participant from the water manager interview explained that during the spring, groundwater levels are reviewed and compared to average values. Therefore, groundwater levels are essential to consider as a starting point of drought. Groundwater levels were provided in the information updates of the focus group sessions. In addition to this, an isohypse map was produced to provide a better overview of groundwater fluctuations and to test the use of this indicator further.

Finally, two remote sensing drought indices were selected based on the results of the stakeholder analysis. Both the interview with the water manager and with the nature conservation organization suggested that remote sensing techniques could be useful for drought management. Therefore, both **NDVI** and **EVI** were

selected to test as drought indices. With MODIS on board of satellites from NASA data is available of both indices, on a spatial resolution 250 m for every 16 days. Ideally, the resolution of this data should be higher. Especially during a drought episode, frequent high-resolution data to closely monitor and identify drought is desired.

5.2.2 Connecting the results to the goal of this research

The goal of this thesis follows from the problem statement, which states that the precipitation deficit is not sufficient anymore as a drought indicator. Other drought indicators that are introduced should be more realistic to actual water shortages. These should be physical, ecological, and socio-economic indicators (Hulscher *et al.*, 2019). Subsequently, this study is performed from the perspective of drought management by the LCW. During drought, the LCW acts as a crisis management team which will advise short term measures. This perspective is essential to keep in mind. As a result, this also affects the selection of drought indicators.

Concerning the different types of drought, socio-economic drought relates drought to the supply and demand of a particular economic good (e.g., water, crop yield, hydroelectric power) (Wilhite and Glantz, 1985; Wilhite, 2000; Kallis, 2008; Mishra and Singh, 2010). Van Loon (2015) adds to that, the ecological impacts and impacts for health. Regarding the goal of this thesis and the research question, it was decided to neglect the socio-economic drought indicators. The other drought indicators that are introduced are selected to support anticipative drought management. When anticipating drought, potential socio-economic effects are tried to be prevented. Therefore, socio-economic indicators are not relevant to this thesis. Besides, the LCW acts as a crisis team during drought and advise short term measures. Since the focus is on the other types of drought when anticipating, the purpose of these measures is not to counteract socio-economic drought problems. For these problems, more structural adjustments concerning the water system and water management are expected to be required. Therefore, long term measures are better suitable when dealing with socio-economic drought.

However, it is vital to be aware that socio-economic drought is always taken into consideration when measures are taken. When decisions have to be made about possible measures, potential socio-economic effects of drought are evaluated. An example is the priority sequence that is applied by the LWC during drought. This priority sequence is based on the impacts of drought on socio-economic systems, which are categorized according to four different levels of priority. Therefore, the potential impacts of socio-economic drought determine how water is allocated and what measures should be taken. Furthermore, socio-economic drought is always an effect of the other three types. As a result, it can be argued whether any socio-economic drought indicators can be used to anticipate drought. Indicators that can be used to measure the severity of socio-economic drought are different. Based on the above mentioned, socio-economic indicators are not the type of indicators that are relevant to this thesis.

Focus groups sessions were conducted to test the use of the selected drought indicators. By evaluating and comparing the answer forms of the two different groups, results were obtained that enabled to answer the research question. As a reminder, the selected drought indicators were introduced to focus group 2, which therefore received more information. It was found that focus group 2 started earlier to advise measures which maintained applicable for a more extended period. Besides, their level of alertness was significantly higher as well. Regarding the outcomes of the focus groups, it can be concluded that the use of the other introduced drought indicators supports anticipative drought management.

First of all, the average number of advised measures was higher. Therefore, this clearly shows that participants anticipated drought more pro-active, based on the information that they received. Second, the level of alertness of focus group 2 was significantly higher in response to the information that was provided with each update. It is expected that alertness is an essential component for anticipation and that someone who is very alert is most likely more eager to anticipate. Therefore, the participants were asked to indicate their level of alertness on a scale from 0 to 5, after each information update. In this way, a measure was provided to determine whether the obtained information from the introduced drought indicators would support anticipative drought management.

Besides the additional information that was presented to focus group 2, the number of information updates was also higher compared to group 1. Whereas group 1 started in April, the other group started in January and went through the entire reconstructed dry year. Several arguments were provided concerning this difference, to separate this from the goal of this thesis. To summarize these arguments: 1) a combination of factors was tested with the focus groups, 2) by using SPI-3 the participants were able to obtain information three months before the particular moment, and 3) due to practical issues the number of focus groups were limited to 2. However, because group 2 started in January, one participant advised taking measures in February in response to the received information. By starting to monitor and identify drought already during the winter months, the timing of drought impacts is taken into account when taking measures, if necessary, before the growing season. In this way, drought impacts could be prevented.

It was found that too much information is not necessarily beneficial for drought management. Besides, information from indicators that were difficult to interpret was not appropriately considered when decisions were made. Because of relative inexperience with the concerning indicators, this was mainly caused. However, the participants pointed out that some indicators were relatively unknown and were, therefore, more challenging to interpret. Whether these indicators are used when more experience is obtained, should be studied. By contrast, information from the groundwater levels was considered, although this appeared to be of little use. This insight was based on the findings during and after the focus groups. As already described, the groundwater system is very slow and characterised by the large transport and reaction times. As a result, the data set of the groundwater levels that was presented in the information updates showed small fluctuations. The participants did not take this into account, and thus the groundwater levels were paid too much attention. Besides, it is not possible to influence the groundwater levels on a short timescale due

to the delay within the groundwater system. Therefore, short term measures are not sufficient to counteract the lowering of groundwater levels.

On the contrary, groundwater levels are essential to consider as the starting point of the dry season. Moreover, the stream discharge is directly related to the groundwater levels, and therefore shows that monitoring groundwater levels is still relevant. Apart from this, the misuse of the groundwater levels shows that knowledge about the area is relevant for the interpretation of information.





5.3 Literature comparison

Based on the findings of this thesis, comparisons are made with literature to determine how this research fits in the literature.

Bachmair *et al.* (2016) concluded that drought indicators are desired that represent different steps of drought propagation concerning the hydrological cycle at varying spatial and temporal scales. This thesis elaborates on this desire. Furthermore, Bachmair *et al.* (2016) say that by improving the concept of drought as an interaction between the environment and society, drought impacts can be better understood. This interaction is studied by performing the three different analyses. How the findings of this research fit in these two suggestions from Bachmair *et al.* (2016) are discussed here.

The first suggestion of Bachmair *et al.* (2016) was taken into account in different ways. First of all, the spatial scale was considered by using a case study area for several reasons, as described in previous Chapters. By using a case study area as a method, the characteristics of this area were considered when selecting drought indicators. Thereby, this showed the importance of the spatial scale. For instance, if the case study area would be more extensive, other drought indicators would have been suitable as well. On the other side, if it would have been a smaller spatial scale, this would also have affected the selection of drought indicators. Regarding the temporal scale, the drought indicators are not chosen to use for a specific temporal scale. However, regarding the perspective in which this study is conducted, a temporal scale is considered. In line with short term measures, only one year is considered. Therefore, also one dry year was reconstructed to test the selected drought indicators. Also, the timing of the use of the indicators was considered by starting to monitor drought in January with focus group 2. Although this might not be the temporal scale as meant by Bachmair *et al.* (2016), the timing of the drought indicators was considered. Besides, this appeared to be useful for drought management since the participants started earlier to advise taking measures and had increased alertness.

Furthermore, the different steps concerning drought propagation were taken into account for the selection of the drought indicators. The different types of drought, according to the drought propagation, were considered through each of the indicators. As such, SPI-1 was used as a meteorological drought index, to identify and monitor meteorological drought. On the other hand, SPI-3, soil moisture content, and both NDVI and EVI were used to monitor and identify soil moisture drought. Both stream discharge and groundwater levels were used for hydrological drought. In this way, the different steps of drought propagation concerning the hydrological cycle were considered. By taken the different steps of drought propagation into account, different spatial and temporal scales are considered.

Another suggestion that was given by Bachmair *et al.* (2016) was to improve the concept of drought by incorporating the interaction between environment and society for drought. In this research, three analyses were conducted: hydrological, stakeholder and policy. The hydrological analysis is from a water system point of view and could be regarded as the environment. Both the stakeholder analysis and the policy analysis can

be regarded as society when reference is made to the suggestion. Based on the findings of this research, it is found relevant, to incorporate the interaction between the environment and society.

From the results of the hydrological analysis, the environmental aspects of drought were studied and subsequently connected to the results of the stakeholder analysis and policy analysis. From the outcomes of the stakeholder analysis, the effects of drought became clear. In this way, the connection with the environment was made, since that shows the physical possibilities to deal with drought. Furthermore, the results of the policy analysis showed which measures can be taken to prevent or mitigate drought-related problems that could affect society. By connecting these three analyses, the interaction between environment and society was exposed and showed how these components are interwoven. Thereby, it encourages to consider these different components as this can improve the understanding of drought and the effects of drought for a specific region. Therefore, it can improve drought management. The desire for drought indicators for different steps of drought propagation at varying spatial and temporal scales and a better understanding of the interaction between environment and society is vital. By doing so, this should lead to next-generation development of drought early warning systems (DEWS) (Bachmair *et al.*, 2016). Drought propagation is essential to consider for this purpose, and therefore more discussion will follow concerning this subject in the literature comparison.

Van Loon *et al.* (2016) discussed the human influence on hydrological processes, which are at the base of drought propagation. In Van Loon (2015), the concept of drought propagation is explained and shows that it is used to translate meteorological drought to hydrological drought. Due to anomalous precipitation, drought evolves through hydrological processes such as runoff and streamflow, to hydrological drought. In between, soil moisture drought will occur, since decreased precipitation leads to a decreased runoff which causes reduced soil moisture content (Van Loon, 2015). The different steps of drought propagation are considered during this research and are taken into account for the drought indicator selection. Furthermore, drought propagation is critically studied and used for the interpretation of results from the focus groups. The more steps are made in drought propagation, the more time it takes to recover. Thus, meteorological drought is recovered faster compared to soil moisture and hydrological drought. This mechanism is vital to keep in mind concerning the perspective and goal of this thesis research. The goal is to find other drought indicators that can be used to better anticipate drought, within the context of the LCW that advises measures as a crisis management team. As already discussed, this implies that only short-term measures are considered. Therefore the focus is not on the measures to counteract hydrological drought since it takes too much time to recover from this type of drought and is beyond the scope of the context of this research. Besides, this is also mentioned above concerning the misuse of groundwater levels as drought indicator. However, hydrological drought is considered by using the stream discharge indicator and groundwater levels. Primarily stream discharge was assigned as an important indicator for the required ecological standards. Due to hydrological drought, groundwater levels will decrease, and therefore stream discharge decreases as well. When this is observed measures should be taken to delay further reduction of stream discharge.

Based on these findings, the idea of **resolution of drought management** has been conceived, with the literature about drought propagation in mind. It is possible to have a meteorological drought within a hydrological drought episode, which is called '*pooling*' (Van Loon, 2015). It is crucial to be aware of this concerning drought management since it determines the measures that can be or should be taken. For instance, in The Netherlands, the summer half-year of 2020 appears to become another drought episode, and would then be the third year in a row. That could mean that one can speak of a hydrological drought episode. However, the precipitation deficit is still leading to identify drought and focuses instead on meteorological drought. For drought management, this should be considered at the start of the summer half-year, when the dry season starts. In this way, insights can be obtained about the initial position regarding the drought. That means that at the start of the dry season, the steps of drought propagation should be considered, to determine the type of drought. Here is where the **resolution of drought management** starts. At the beginning of the dry season, the focus on drought should be zoomed out, and the timescale that is considered should become more extensive. For example, take three prior years into account. Therefore, an idea could be to compute SPI-36. In this way, the initial position to drought can be determined. Subsequently, during the summer half-year meteorological and soil moisture drought indicators should be monitored to identify potential drought episodes. That means that the focus on drought should zoom in, and the timescale considered becomes smaller. By using this principle of **resolution of drought management**, better insights of drought conditions could be obtained, which can lead to better decisions that are taken. Thereby, the effectiveness of drought management can be improved.

5.4 Implications of the findings

In this Section, the implications of the findings from this research are discussed. As this thesis research was conducted as a graduate internship at Rijkswaterstaat, it is found relevant to translate the results to future possibilities in the professional operational field.

First of all, after conducting this research, it was found that additional information from extra drought indicators are useful for drought management. The participants of the focus group that received this additional information better anticipated drought, since they advised to take more relevant measures and their level of alertness was higher. This shows that the first implication of the findings of this research is the use of other drought indicators. Furthermore, is found to be beneficial to start monitoring and identifying drought during the winter months. In this way potential drought impacts later during year could be prevented. It should be kept in mind that the drought indicators used in this thesis were specifically selected for the case study area. This based on results of the three analyses. For other areas, research is necessary to determine which drought indicators could be used there.

Second, the ***resolution of drought management*** should be taken into consideration. Although it is not explicitly studied in this research, this idea was conceived based on the findings. It was found that it is essential to be aware of the type of drought at any moment, to consider the mechanism of pooling. In this way, information can be better interpreted and used for decisions that are made. This can be achieved by adjusting the time scale, here called the resolution, to determine what type of drought prevails. More details about the ***resolution of drought management*** have already been described above.

Finally, another implication of the findings is the use of focus groups. Focus groups were conducted to test the selected drought indicators. During the follow-up after the sessions, the participants pointed out that this method is advantageous and fun to do. Some of them felt they were playing a game. Apart from this, due to the discussions that the participants were having about the subject after each information update, new ideas were brought up and increased their knowledge. Due to this success, the LCW could use this method more often for training sessions, or to exchange ideas and knowledge to improve the overall functioning.

5.5 Evaluation of the study

In this Section, the thesis research is critically evaluated to identify weaknesses and limitations. This evaluation will be done in the same order as the research.

First limitations were encountered during the hydrological analysis when setting up the water balance. Unfortunately, not all necessary fluxes and storages are appropriately measured or are not measured at all. For instance, the inflow and outflow of water were found in a water agreement of water board Veluwe, of 2011. Due to the absence of better-quality data, this data was used. However, to establish a more accurate water balance, the quality of this data should be improved. Data that is desired for the water balance is inflow and outflow [m^3/year], and leakage [mm/year]. Despite the lack of data concerning the leakage, the was computed as the residual. Another component of the water balance that could be improved is the evaporation flux [mm/year]. The evaporation flux is a common problem for the water balance, as it is still difficult to measure actual evaporation. For the water balance that was set up, reference evaporation was used. Despite the lack of specific data, the water balance was set up based on the best data available.

The stakeholder analysis did show a couple of weaknesses or limitations. First of all, one person from each relevant sector was interviewed. Regarding the relative nature of drought, a more complete insight might have been obtained if more than one person was interviewed for each stakeholder. Albeit only one person was interviewed, this person was experienced in the subject and therefore provided useful information. Furthermore, it can be argued whether more or other stakeholders should have been interviewed. For example, municipalities could have been incorporated in the stakeholder analysis as well. However, the selection of the stakeholder was justified, as described in Chapter 3.

For the preparation of the focus groups, several limitations and weaknesses were encountered. First of all, for the reconstruction of the dry year, reference evaporation was only available for two meteorological stations. Ideally, the number of stations that provide reference evaporation would be higher. On the other hand, this is a common limitation, and therefore it is not possible to obtain better information. Maps were made with QGIS software, to present the information during the focus groups. These maps were created by interpolating input data that was processed, which enabled to create maps to cover the case study area fully. For the interpolation techniques, some limitations were encountered. It was preferred to use ordinary kriging for the interpolation, but this technique did not always provide good results. Therefore, spline interpolation was also applied, which created good results. Results of both interpolation techniques were validated with the point measurements of the (ground-measured) input data. Besides, the goal of the maps was to provide participants with correct information, which means that the chosen interpolation technique should give good results. In this way, the limitations were eliminated.

Concerning data collection for the drought indicators that were created to use for the dry year during the focus groups, multiple weaknesses, and limitations occurred. Both the stream discharge and the soil moisture content are not measured within the case study area. Therefore, data for these drought indicators

had to be created. In Chapter 3, this is already explained. Since the obtained reference values for both indicators were found to be the best source of information this was used. Besides, in correspondence with the development of the other indicators during the dry year, a data set was created. Apart from this, the goal of the focus groups was to test whether the participants would act more pro-active in response to the information from the drought indicators. Therefore, providing representative data was more important than providing the most accurate data. In this way, the weaknesses and limitations of the data sets of the drought indicators were solved.

The focus group sessions were held online, due to restrictions of the measures due to COVID-19. Therefore, a maximum of 3 participants for each session was preferred to maintain a structured discussion during the session. Besides the number of participants, also the composition of the focus groups was restricted. Only members of the LCW that were active for Rijkswaterstaat were able to join the focus groups. Although a wider variety of participants would be preferred, this could be seen as a weakness of the focus groups. Apart from this, the participants were asked to advise measures that are usually taken by water managers of the water board, and their knowledge about the case study area might be limited. However, all participants were experienced professional water managers and their limited knowledge concerning the case study area was regarded as something positive concerning the objectivity. In this way, the participants of the focus groups were found to be suitable, and good results were obtained. Another limitation, or weakness, of the focus groups, was that only one dry year was gone through. Ideally, multiple years would have been gone through. In this way, the result might have been improved but was not possible due to practical constraints for preparation and organization of the focus groups. Nonetheless, the results obtained from the focus groups were found useful and valuable for the research. As a result, an answer to the research question was obtained.

5.6 Recommendations and future work

First and foremost, it is shown that the use of other drought indicators does support anticipative drought management. Therefore, it is recommended to start using these drought indicators. Furthermore, other areas should be studied to find out which drought indicators can be applied in different regions. SPI was found to be one of the most useful indicators. SPI can be computed for different timescales to identify and monitor different types of drought. Since the water system in The Netherlands is well-engineered, it should be studied how larger timescales of SPI can be interpreted and used. The combination of different timescales for SPI was found to be useful to anticipate drought, which is therefore recommended as well. To use the introduced drought indicators, sufficient data of good quality should be available. It was found that certain data is lacking that is necessary for some of the indicators. Therefore, an important recommendation is to start measuring and collecting data that is necessary to use other drought indicators. For the case study area, both soil moisture content and stream discharge should be measured. Besides measuring this data, it is equally important to share this data such that it can be used for research.

The *resolution of drought management* should be further studied and explored. Based on the findings, this concept was conceived. By implementing this concept, the understanding of drought conditions can be improved. Therefore, this will support drought management to interpret information better, and will eventually lead to increased effectiveness of policy.

The focus groups showed good results and were found to be an effective and fun method to use. Based on the results and the feedback on the focus group sessions, it is recommended to use this method more often for training or to obtain knowledge with a group of

water managers. Apart from this, it was found that an overabundance of information, or information that is difficult to interpret, is not used appropriately. Besides, the focus groups were experienced as a game. As a result, the idea was conceived of creating a *serious game* that can be used by water managers to obtain knowledge about decision making in drought management. For this serious game, a good hydrological model is necessary. Subsequently, drought indicators should be selected that could be incorporated in the game to provide players with information about the drought conditions. Next, the measures that can be taken should be linked to the model, such that the game becomes more realistic. As with a focus group, the measures that are taken are not changing the situation, whereas, in reality, that should be the case. To address this shortcoming, the use of a serious game could improve the awareness about measures that needs to be taken, so that drought management can be improved.



06 Conclusion

For the theoretical background, a literature analysis was conducted to obtain knowledge about the subject from existing literature. From the literature analysis, it was found that drought can only be defined on a regional scale. For this reason, a case study area was selected as a method for this thesis. The area of water board Valleij & Veluwe was chosen to use as the case study area. Within this area, three different analyses were conducted to determine a set of potentially relevant and suitable drought indicators. These analyses were: 1) hydrological analysis, 2) stakeholder analysis, and 3) policy analysis. By conducting these three analyses, both physical and socio-economic characteristics were considered.

The methodology of this research consisted of a case study area, in which the three different analyses were conducted. After the selection of the case study area, the characteristics of this area were discussed. The first analysis that was conducted was the hydrological analysis. For this analysis, a water balance was set up to obtain insights about key figures of several fluxes, that added to a better understanding of the hydrological system. Besides, the water system was further studied during the hydrological analysis. Second, the stakeholder analysis was conducted through semi-structured interviews with participants of selected sectors within the case study area. Finally, a policy analysis was performed through document analysis from the water board. For this analysis, the drought of 2018 was used to investigate the possible measures. Based on the results of these three analyses, a set of potentially relevant and suitable drought indicators was selected.

The first result of the hydrological analysis was the water balance:

$$GW_{loss} = (P + Q_{in}) - (E + Q_{out} + Use)$$

$$GW_{loss} = (891.92 + 0.33) - (557.6 + 79.3 + 27.6) = 227.75 \text{ mm/year}$$

Furthermore, the main water bodies and physical characteristics were identified. The primary outcome of this was that water inflow from the main water bodies is not possible due to the elevated sandy-grounds. Only for small parts in the low-lying areas, water inflow is possible. The sprengenbeken are particular streams within the case study area. These small streams were dug in the 17th century, to extract groundwater that was used for industrial purposes. The small streams drain the groundwater resources in the area. Concerning the groundwater system of the area, this was found to be a very slow system with transport times varying from 3 to 11 years on the Veluwe.

From the stakeholder analysis, useful results were obtained. For the results of this analysis, the reader is referred to Chapter 4. However, a few key points from the interviews are given here. The primary outcomes of the interview with the water manager are that on the elevated and sloping parts of the area, drought becomes visible at first. The discharge of the small streams is of great importance due to ecological standards that require a minimum flow velocity. Once the discharge decreases significantly,

this is the sign for the water board to start taking measures. From the interview with the nature conservation organisation, it was found that they observe structural drought in The Netherlands. As a result, the diversity of species decreases and are repressed. Long term measures are required to handle this problem. During drought, the only thing that can be done is increasing water retention. Furthermore, 'foreign' water is not accepted when (ground)water-dependent vegetation is drying up. For the water supply company, drought is a problem for their production process. It appears to be that the water availability is not the problem since there is plenty of water available. However, the agreement allows for a maximum amount of groundwater extraction. The distribution network is the bottleneck during drought, as during peak demand, the network has difficulties with the amount of required pressure. For the agricultural sector, drought is a relatively new phenomenon. Only recently, drought is taken into account. According to the agricultural sector, the water board should take the lead to deal with drought-related problems. From the interview with the shipping industry, it was found that drought appeared to be a problem for transport due to the decreasing amount of cargo a ship can transport. However, as long as the shipping industry is financially compensated for their services, they are not affected by drought. The only relevant indicator is the discharge of the river Rhine which is consulted for the period of each transport (4-5 days).

The policy analysis showed the possible measures that can be taken against drought within the case study area. Unfortunately, the number of measures is limited, since the main measures that were found are: ban on (ground) water extraction and increasing water retention.

Based on the results of the analyses, the following drought indicators were selected:

SPI-1, SPI-3, soil moisture content, stream discharge, groundwater levels/isohypse, NDVI and EVI.

To test whether these drought indicators could be used to support anticipative drought management, two focus group sessions were conducted. Therefore, a dry year was reconstructed that was gone through by the participants. In correspondence with the meteorological conditions of that reconstructed year, data sets for the drought indicators were created. Focus group 1 received less information compared to focus group 2. Besides, the number of updates that focus group 2 received higher. After each information update, the participants were asked to fill in their answer form and to start a discussion if necessary. After evaluating and comparing the answers of the focus groups and the discussions, the results of the focus groups were obtained. The main findings were: 1) focus group 2 started earlier to advise taking measure, 2) the number of measures was higher for focus group 2, 3) advises remained applicable for a more extended period for focus group 2, and 4) the level of alertness of focus group 2 was higher.

After interpretation and discussion of the results, the research question can be answered. The research question of this research is:

“What drought indicators can be used to support anticipative drought management?”

Based on the results of this research, all of the drought indicators are found useful. However, some drought indicators are more useful than others. Therefore, the answer to this research question is more complicated. Especially SPI-1, SPI-3, soil moisture content and stream discharge were found to be useful. It should be kept in mind that these drought indicators were explicitly selected for the case study area, based upon the results of several analyses. For the use of other drought indicators, in different areas, these analyses should be conducted to select relevant and suitable indicators. For instance, for this specific area, it was found that the stream discharge is vital to consider during drought and was therefore selected. Whereas, both SPI-1 and SPI-3 can be used for other areas as well. When combining both SPI-1 and SPI-3, anticipative drought management can be supported. The other drought indicators were found less useful, because of several reasons. Due to the slow groundwater system, fluctuations in groundwater levels were small. Besides, short term measures will not have significant effects on groundwater levels. Therefore, this indicator was less useful. Both NDVI and EVI were relatively new for the participants of the focus groups, and therefore more challenging to interpret. Therefore, these indices were less useful, although these expected to be promising when experience has increased.

After conducting this research, several recommendations were found for future work. In correspondence to the answer to the research question, it is recommended to use other drought indicators as it was found that this supports anticipative drought management. However, the selection of these indicators is based on research within a specific area. For using SPI on a broader scale, both temporal and spatial, further research is recommended to find out how this can be applied in The Netherlands. Furthermore, it is of great importance to improve data availability. Therefore, data should be measured and made publicly accessible, to determine or compute drought indicators. Monitoring and identifying drought should start taking place during the winter months. In this way, measures can already be taken before the start of the summer half-year, which can reduce the risk of drought impacts. The concept ***resolution of drought management*** is recommended to take into consideration, which could improve drought management concerning the

identification and monitoring of drought. Thereby, the effectiveness of measures taken is most likely to be increased. Finally, based on the positive feedback of the participants on the focus group sessions, focus groups are recommended to use more often for training or to increase knowledge within a group. This lead to the idea of creating a serious game for water managers to train and obtain knowledge for decision making in drought management.



07 References

- AHN (2020) AHN-3. Available at: <https://www.ahn.nl/ahn-viewer>.
- Bachmair, S. et al. (2016) 'Drought indicators revisited: the need for a wider consideration of environment and society', *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 3(4), pp. 516–536. doi: 10.1002/wat2.1154.
- Bakker, M. A. J., den Otter, C. and Weerts, H. J. T. (2003) *Formatie van Drente*. Available at: <https://www.dinoloket.nl/formatie-van-drente>.
- Di Baldassarre, G. et al. (2019) 'Sociohydrology: Scientific Challenges in Addressing the Sustainable Development Goals', *Water Resources Research*, 55(8), pp. 6327–6355. doi: 10.1029/2018WR023901.
- Bekenstichting (no date) *Over de bekenstichting*. Available at: <https://www.sprengenbeken.nl/over-de-bekenstichting/>.
- Bosch, J. H. A., Busschers, F. S. and Weerts, H. J. T. (2003) *Eem Formatie*. Available at: <https://www.dinoloket.nl/eem-formatie>.
- Bouma, J. (Trouw) (2017) 'Beschermd de Sprengenbeek', 22 June. Available at: <https://www.trouw.nl/nieuws/beschermd-de-sprengenbeek~bb1f5c52/>.
- Busschers, F. S. and Weerts, H. J. T. (2003) *Formatie van Kreftenheye*. Available at: <https://www.dinoloket.nl/formatie-van-kreftenheye>.
- Crutzen, P. J. (2006) 'The "Anthropocene". In: Ehlers E., Krafft T. (eds) *Earth System Science in the Anthropocene*, in *Earth System Science in the Anthropocene*.
- Deltacommissaris (no date) *Deltaprogramma*. Available at: <https://www.deltacommissaris.nl/deltaprogramma/wat-is-het-deltaprogramma>.
- DINOloket (no date) *Ondergrondmodellen*. Available at: <https://www.dinoloket.nl/ondergrondmodellen>.
- Eekhout, J. P. C. et al. (2014) 'Veldexperiment in de Hooge Raam : winst voor beekherstel én wetenschap', *Stromingen*, 20(2), pp. 5–16. Available at: [http://www.nhv.nu/files/stromingen/2014-2_m22-Veldexperiment in de Hooge Raam.pdf](http://www.nhv.nu/files/stromingen/2014-2_m22-Veldexperiment%20in%20de%20Hooge%20Raam.pdf).
- Eertwegh, G. van den et al. (2019) 'Droogte in zandgebieden Oost-Nederland', (september).
- European Commission (2012) *Report on the review of the European water scarcity and droughts policy*.
- García-Herrera, R. et al. (2007) 'The outstanding 2004/05 drought in the Iberian Peninsula: Associated atmospheric circulation', *Journal of Hydrometeorology*, 8(3), pp. 483–498. doi: 10.1175/JHM578.1.
- Hanel, M. et al. (2018) 'Revisiting the recent European droughts from a long-term perspective', *Scientific Reports*, 8(1), pp. 1–11. doi: 10.1038/s41598-018-27464-4.
- Harrell, M. C. and Bradley, M. A. (2009) *Data Collection Methods Semi-Structured interviews and Focus Groups*, *Geographical Analysis*. doi: 10.1111/j.1538-4632.1999.tb00980.x.
- Hayes, M. et al. (2011) 'The lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended', *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(4), pp. 485–488. doi: 10.1175/2010BAMS3103.1.

- Heezik, A. Van (2007) Strijd om de rivieren.
- Hendriks, M. R. (2010) Introduction to Physical Hydrology. Oxford University Press.
- Hiemstra, P. and Sluiter, R. (2011) 'Interpolation of Makkink Evaporation in the Netherlands', De Bilt, 2011 | Technical report; TR-327, p. 78. Available at: http://www.numbertheory.nl/files/report_evap.pdf.
- Horton, R. E. (1931) 'The field, scope, and status of the science of hydrology', Reports and papers, hydrology - 1931.
- Hulscher, S. et al. (2019) 'Samenvatting review aanbevelingen en maatregelen Kanttekening'.
- Jansen, F. (2013) Watersysteem analyse de Veluwe, Op weg naar een helder beeld van het Veluwe water.
- Kallis, G. (2008) 'Droughts', Annual review of environment and resources, p. 33. doi: 10.1146/annurev.environ.33.081307.123117.
- Kant, G. R. (1982) 'Beken op de veluwe'.
- Kingston, D. G. et al. (2015) 'European-scale drought: Understanding connections between atmospheric circulation and meteorological drought indices', Journal of Climate, 28(2), pp. 505-516. doi: 10.1175/JCLI-D-14-00001.1.
- Klijn, F. et al. (2019) 'Klimaatadaptatie in het rivierengebied'.
- Klijn, F., Asselman, N. and Wagenaar, D. (2018) 'Room for rivers: Risk reduction by enhancing the flood conveyance capacity of The Netherlands' large rivers', Geosciences (Switzerland), 8(6). doi: 10.3390/geosciences8060224.
- KNMI (2018) Neerslag wordt steeds variabel. Available at: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/neerslag-wordt-steeds-variabel>.
- KNMI (2019) Klimaatfluctuaties. Available at: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/klimaatfluctuaties>.
- KNMI (no date) KNMI - Droogte. Available at: <https://www.knmi.nl/kennis-en-datacentrum/uitleg/droogte>.
- Kramer, N. et al. (2019) 'Hoe extreem was de droogte van 2018?', H2O.
- KWR (no date) Klimateffectatlas. Available at: <http://www.klimateffectatlas.nl/nl/>.
- Lloyd-Hughes, B. (2014) 'The impracticality of a universal drought definition', Theoretical and Applied Climatology, 117(3-4), pp. 607-611. doi: 10.1007/s00704-013-1025-7.
- Longhurst, R. (2016) 'Semi-structured interviews and focus groups', in Key Methods in Geography.
- Van Loon, A. F. (2015) 'Hydrological drought explained'. doi: 10.1002/wat2.1085.
- Van Loon, A. F., Stahl, K., et al. (2016) 'Drought in a human-modified world: Reframing drought definitions, understanding, and analysis approaches', Hydrology and Earth System Sciences, 20(9), pp. 3631-3650. doi: 10.5194/hess-20-3631-2016.

- Van Loon, A. F., Gleeson, T., et al. (2016) 'Drought in the Anthropocene', *Nature Geoscience*. Nature Publishing Group, 9(2), pp. 89–91. doi: 10.1038/ngeo2646.
- van Loon, A. F. and van Lanen, H. A. J. (2013) 'Making the distinction between water scarcity and drought using an observation-modeling framework', *Water Resources Research*, 49(3), pp. 1483–1502. doi: 10.1002/wrcr.20147.
- Mann, M. E. (2002) 'Medieval Climatic Optimum', *Encyclopedia of Global environmental change*, 1, pp. 514–516. Available at: http://holocene.meteo.psu.edu/shared/articles/medclimopt.pdf%5Cnhttp://www.meteo.psu.edu/holocene/public_html/Mann/articles/articles/medclimopt.pdf.
- Martin-Carrasco, F. J. and Garrote, L. (2007) 'Drought-Induced water scarcity in water resources systems', Springer.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. (1993) 'The relationship of drought frequency and duration to time scales'.
- Mehran, A., Mazdidasni, O. and Aghakouchak, A. (2015) 'Journal of Geophysical Research : Atmospheres', pp. 7520–7533. doi: 10.1002/2015JD023147. Received.
- Meinardi, C. R. (RIVM) (2003) Reistijden in de bodem en aanvulling van het grondwater uit het Landelijk Meetnet (LMG) en de Provinciale Meetnetten Grondwaterkwaliteit (PMG).
- Mishra, A. K. and Singh, V. P. (2010) 'A review of drought concepts', *Journal of Hydrology*. Elsevier B.V., 391(1–2), pp. 202–216. doi: 10.1016/j.jhydrol.2010.07.012.
- Moors, E. et al. (2002) Hydrologische woordenlijst; NHV-special 5.
- NDMC (2018) Types of drought | National Drought Mitigation Center. Available at: <https://drought.unl.edu/Education/DroughtIn-depth/TypesofDrought.aspx>.
- NOS (2020) Het regent flink, maar in het oosten is het nog altijd te droog. Available at: <https://nos.nl/artikel/2318701-het-regent-flink-maar-in-het-oosten-is-het-nog-altijd-te-droog.html>.
- Pedro-Monzonís, M. et al. (2015) 'A review of water scarcity and drought indexes in water resources planning and management', *Journal of Hydrology*, 527, pp. 482–493. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.05.003.
- Pesman, M., Evers, N. and Kits, M. (2016) 'Succesfactoren en leerervaringen van beekherstel uit de praktijk', (november), pp. 1–9.
- Pitts, L. (2016) Monitoring Soil Moisture for Optimal Crop Growth. Available at: <https://observant.zendesk.com/hc/en-us/articles/208067926-Monitoring-Soil-Moisture-for-Optimal-Crop-Growth>.
- Praamsma, J. M. (1986) 'De regulatie en kanalisatie van de grote rivieren in Nederland sinds de 19e eeuw', p. 26.
- Quiring, S. M. and Papakryiakou, T. N. (2003) 'An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies', *Agricultural and Forest Meteorology*, 118(1–2), pp. 49–62. doi: 10.1016/S0168-1923(03)00072-8.

- Rijkswaterstaat and Unie van Waterschappen (2019) 'Watermanagement in Nederland'.
- Roth, D. and Warner, J. (2007) 'Flood risk, uncertainty and changing river protection policy in the Netherlands: The case of "calamity polders"', *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 98(4), pp. 519-525. doi: 10.1111/j.1467-9663.2007.00419.x.
- Schmidt, G. and Sanz, C. B.- (2013) 'How to distinguish water scarcity and drought in EU water policy?', (2009), pp. 1-5.
- Schuurmans, J. M. and Droogers, P. (2010) 'Penman-Monteith reference crop-evapotranspiration: inventarisatie beschikbaarheid en mogelijkheden voor regionalisering (in Dutch)', STOWA reports, p. 50.
- Sluijter, R. et al. (2018) 'De droogte van 2018 - Een analyse op basis van het potentiële neerslagtekort', Knmi.
- Smakhtin, V. U. and Schipper, E. L. F. (2008) 'Droughts: The impact of semantics and perceptions', *Water Policy*, 10(2), pp. 131-143. doi: 10.2166/wp.2008.036.
- Stagge, J. H. et al. (2015) 'Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe', *Journal of Hydrology*. Elsevier B.V., 530, pp. 37-50. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.09.039.
- Svoboda, M. D. and Fuchs, B. A. (2017) *Handbook of drought indicators and indices*, Drought and Water Crises: Integrating Science, Management, and Policy, Second Edition. doi: 10.1201/b22009.
- Tallaksen, L. M. and van Lanen, H. A. J. (2004) *Hydrological Drought - Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater*.
- Tank, A. K. et al. (2015) 'Klimaatscenario's KNMI '14', p. 34. Available at: www.klimaatscenario's.nl.
- van Tielhof, M. (2015) 'Waterschappen als de oudste democratische instellingen van Nederland, het ontstaan van een mythe', p. 25.
- Tol, R. S. J. and Langen, A. (2000) 'A concise history of dutch river floods', *Climatic Change*, 46(3), pp. 357-369. doi: 10.1023/A:1005655412478.
- Trnka, M. et al. (2007) 'Agricultural drought and spring barley yields in the Czech Republic', *Plant, Soil and Environment*, 53(7), pp. 306-316. doi: 10.17221/2210-pse.
- Verdonschot, P. F. M. et al. (2017) 'Integraal natuurherstel in beekdalen', p. 307.
- Verhagen, F., Spek, T. and Witte, F. (2014) 'Begrijpen we het watersysteem?', (January).
- Wada, Y. et al. (2013) 'Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide', *Environmental Research Letters*, 8(3). doi: 10.1088/1748-9326/8/3/034036.
- Wang, W. et al. (2016) 'Propagation of drought: From meteorological drought to agricultural and hydrological drought', *Advances in Meteorology*, 2016(4). doi: 10.1155/2016/6547209.
- Weijers, J. P. R. G. D. and van Ansenwoude, S. O. K. J. R. G. D. (1995) 'Karakterisering hydrogeologische opbouw van de provincie Gelderland - deel 3: Gelderse Vallei en Veluwe'.

Wesselingh, F. N. (no date) Midden-Pleistoceen. Available at: <https://www.geologievannederland.nl/tijd/reconstructies-tijdvakken/midden-pleistoceen>.

Wilhite, D. A. (2000) 'Chapter1 Drought as a Natural Hazard', *Drought: A Global Assessment*, pp. 147-162.

Wilhite, D. A. and Glantz, M. H. (1985) 'Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definitions Understanding the Drought Phenomenon : The Role of Definitions'.

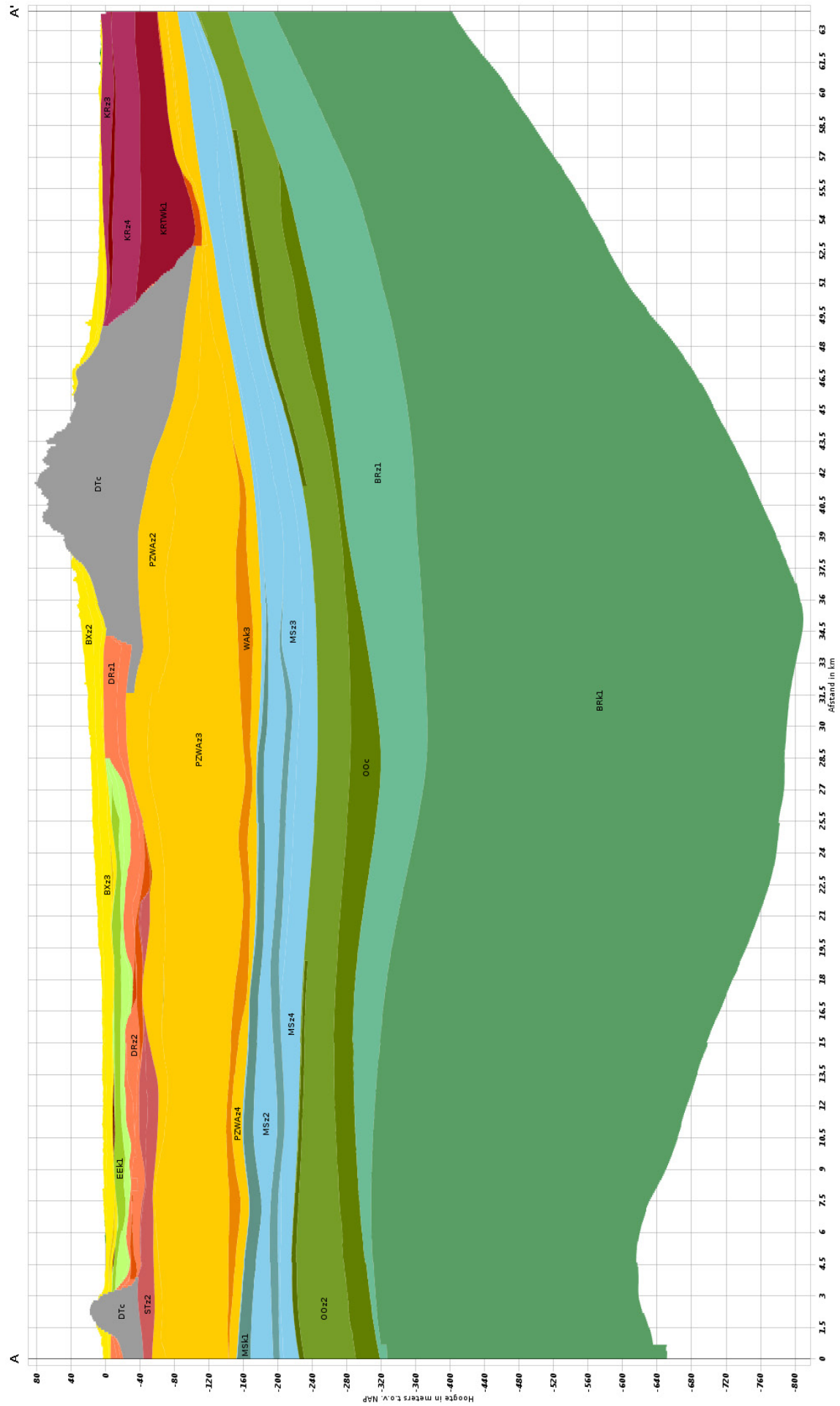
Witte, J. M., Voortman, B. and Nijhuis, K. (2019) 'Met het historische landschap verdween er water van de Veluwe', 33(1).

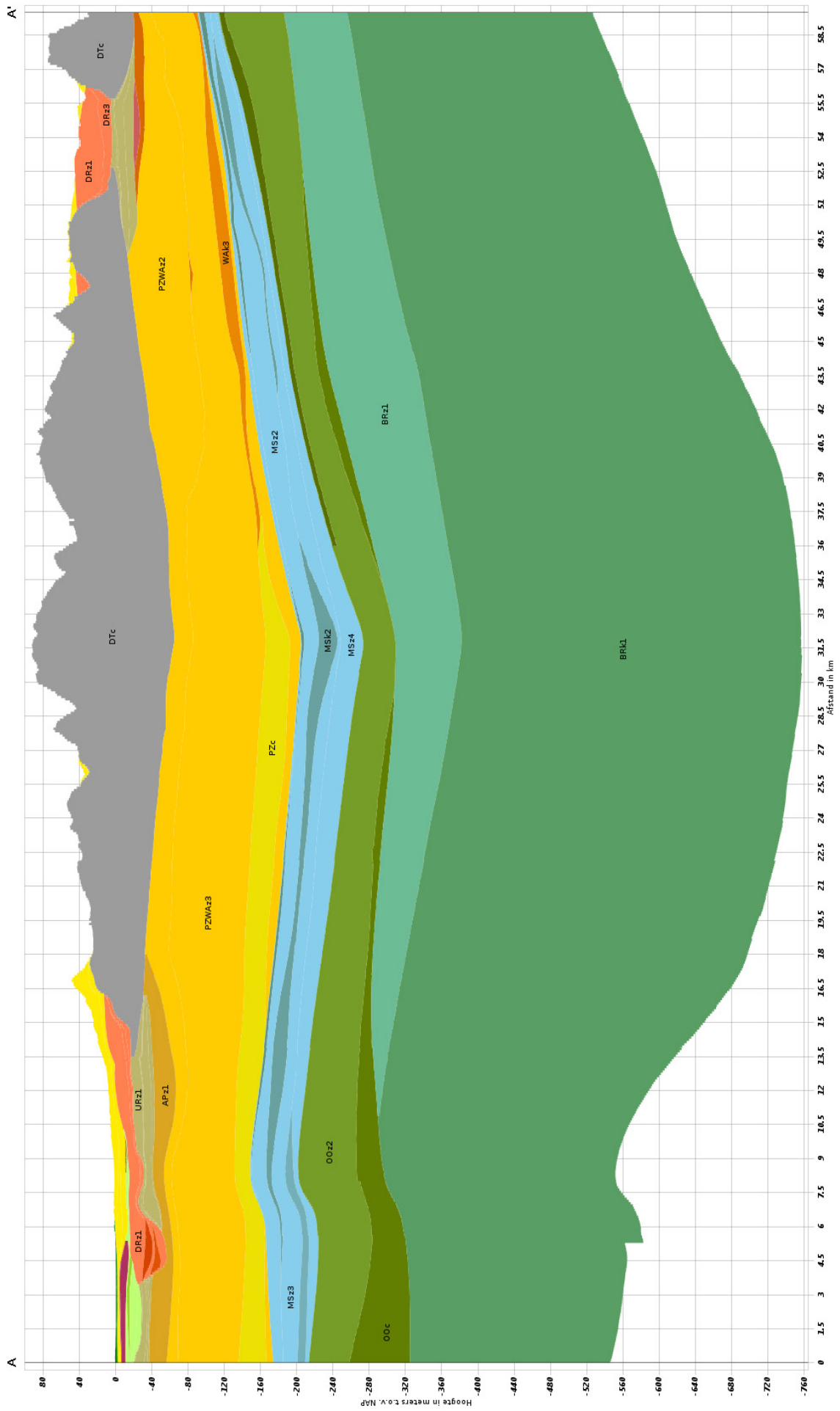
World Meteorological Organization (WMO) (2012) 'Standardized Precipitation Index User Guide WMO-No. 1090', WMO-No. 1090 ©, 21(1090), p. 24. doi: 10.1175/2007JCLI1348.1.

Yevjevich, V. (1969) 'An objective approach to definitions and investigations of continental hydrologic droughts', Colorado State University Hydrology Paper No. 23. doi: 10.1016/0022-1694(69)90110-3.

08 Appendices

Appendix A. Cross-sections





Appendix B. Interviews

Interview - Waterbeheerder

Introductie

Mijn naam is Rutger Weijers, en ik studeer Water Management aan de TU Delft. Momenteel ben ik bezig met mijn master thesis, dat als onderwerp heeft: "droogte-indicatoren in Nederland". Het doel van mijn afstudeeronderzoek is om andere droogte-indicatoren te vinden die gebruikt kunnen worden om anticiperend droogte management te realiseren. Dit doe ik intern bij Rijkswaterstaat, dat zich vanuit de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling onder andere bezig houdt met dit vraagstuk. Voor dit afstudeeronderzoek maak ik gebruik van een case study area. Het gebied van de case study betreft het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe. Binnen dit gebied doe ik onderzoek naar 3 verschillende facetten: het hydrologisch systeem, de stakeholders en beleidsmaatregelen. Ten behoeve van de stakeholder analyse houd ik interviews met personen uit de meest relevante sectoren: waterbeheer, landbouw, natuur, drinkwaterbedrijf en de scheepvaart. Met behulp van deze interviews probeer ik de belangen en (informatie) behoeften, omtrent droogte, van de verschillende stakeholders te identificeren.

Keywords: watermanagement, droogte, stakeholders, maatregelen, indicatoren, kritieke waarden, belangen, (informatie)behoeften

Vragen

Hoe gaat u om met de waterbeschikbaarheid in relatie tot de watergebruiker?

Welke belangen weegt u af als water verdeeld moet worden ten behoeve van voldoende water beschikbaarheid voor de watergebruiker? Hoe weegt u deze belangen af?

Wat zijn uw ervaringen met droogte?

Als het droog is dienen er maatregelen genomen te worden. Welke maatregelen zou u treffen en om welke redenen?

Hoe bent u omgegaan met de droogte in 2018? Zijn er dingen die u achteraf gezien liever anders had gedaan?

Heeft u met de kennis die is opgedaan in 2018 anders gehandeld in 2019, en hoe bent u in 2019 met de droogte-informatie omgegaan die ter beschikking was?

Op welke informatie baseert u of het droog is en hoe droog het is?

Welke maatregelen zou u treffen als er droogte wordt verwacht, om schade te voorkomen? Welk type droogte is voor u bepalend hierbij? (meteorologisch, agrarisch, hydrologisch of socio-economisch)

Welke informatie zou u graag ter beschikking willen hebben op het gebied van droogte? Hoe belangrijk is voor u de timing van deze informatie?

Van welke droogte-indicatoren maakt u gebruik om te beoordelen of het droog is?

Hoe gebruikt u de droogte-indicator die gehanteerd wordt?

Interview - Vitens

Introductie

Mijn naam is Rutger Weijers, en ik studeer Water Management aan de TU Delft. Momenteel ben ik bezig met mijn master thesis, dat als onderwerp heeft: "droogte-indicatoren in Nederland". Het doel van mijn afstudeeronderzoek is om andere droogte-indicatoren te vinden die gebruikt kunnen worden om anticiperend droogte management te realiseren. Dit doe ik intern bij Rijkswaterstaat, dat zich vanuit de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling onder andere bezig houdt met dit vraagstuk. Voor dit afstudeeronderzoek maak ik gebruik van een case study area. Het gebied van de case study betreft het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe. Binnen dit gebied doe ik onderzoek naar 3 verschillende facetten: het hydrologisch systeem, de stakeholders en beleidsmaatregelen. Ten behoeve van de stakeholder analyse houd ik interviews met personen uit de meest relevante sectoren: waterbeheer, landbouw, natuur, drinkwaterbedrijf en de scheepvaart. Met behulp van deze interviews probeer ik de belangen en (informatie) behoeften, omtrent droogte, van de verschillende stakeholders te identificeren.

Keywords: water gebruik, water beschikbaarheid, droogte, maatregelen, indicatoren, kritieke waarden, belangen, (informatie)behoeften

Vragen

Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid, dat ook van goede kwaliteit is, voor uw werkzaamheden?

Waarom is water van belang voor uw werkzaamheden en van welke component(en) bent u het meest afhankelijk (neerslag, oppervlakte water, bodemvocht en grondwater)?

Hoeveel water onttrekt Vitens jaarlijks binnen het werkgebied van Vallei & Veluwe?

Heeft u ervaring(en) met droogte, en wat zijn die ervaringen?

Wat zijn uw gedachten omtrent droogte, en wat betekent droogte voor uw werk? Welk type droogte is hierbij van belang (meteorologisch, agrarisch, hydrologisch of socio-economisch)?

Wat voor maatregelen treft u als droogte wordt verwacht, om eventuele schade/problemen te voorkomen?

En wat verwacht u van de waterbeheerder?

Hoe bent u omgegaan met de droogte van 2018? En zijn er achteraf gezien dingen die u liever anders had gedaan?

Heeft u met de kennis die is opgedaan in 2018 anders gehandeld in 2019, en hoe bent u in 2019 met de droogte-informatie omgegaan die ter beschikking was?

Op welke informatie baseert u of het droog is (of wordt) en hoe droog het is?

Welke informatie zou u graag tot uw beschikking willen hebben op het gebied van droogte? Hoe belangrijk is voor u de timing van deze informatie?

Hoe gebruikt u de droogte-indicator die gehanteerd wordt?

Interview - Natuurbeheerder

Introductie

Mijn naam is Rutger Weijers, en ik studeer Water Management aan de TU Delft. Momenteel ben ik bezig met mijn master thesis, dat als onderwerp heeft: "droogte-indicatoren in Nederland". Het doel van mijn afstudeeronderzoek is om andere droogte-indicatoren te vinden die gebruikt kunnen worden om anticiperend droogte management te realiseren. Dit doe ik intern bij Rijkswaterstaat, dat zich vanuit de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling onder andere bezig houdt met dit vraagstuk. Voor dit afstudeeronderzoek maak ik gebruik van een case study area. Het gebied van de case study betreft het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe. Binnen dit gebied doe ik onderzoek naar 3 verschillende facetten: het hydrologisch systeem, de stakeholders en beleidsmaatregelen. Ten behoeve van de stakeholder analyse houd ik interviews met personen uit de meest relevante sectoren: waterbeheer, landbouw, natuur, drinkwaterbedrijf en de scheepvaart. Met behulp van deze interviews probeer ik de belangen en (informatie) behoeften, omtrent droogte, van de verschillende stakeholders te identificeren.

Keywords: water gebruik, water beschikbaarheid, droogte, maatregelen, indicatoren, kritieke waarden, belangen, (informatie)behoeften

Vragen

Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid, dat ook van goede kwaliteit is, voor jullie natuurgebieden binnen het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe?

Stelt Natuur Monumenten een waterbeheerplan op, met bepaalde doeleinden, voor de betreffende natuurgebieden?

Waarom is water van belang voor uw werkzaamheden en van welke component(en) bent u het meest afhankelijk (neerslag, oppervlakte water, bodemvocht en grondwater)?

Heeft u ervaring(en) met droogte, en wat zijn die ervaringen?

Wat zijn uw gedachten omtrent droogte, en wat betekent droogte voor u binnen uw werkveld? Welk type droogte is hierbij van belang (meteorologisch, agrarisch, hydrologisch of socio-economisch)?

Wat voor maatregelen treft u als droogte wordt verwacht, om eventuele schade te voorkomen? En wat verwacht u van de waterbeheerder?

Hoe bent u omgegaan met de droogte van 2018? En zijn er achteraf gezien dingen die u liever anders had gedaan?

Heeft u met de kennis die is opgedaan in 2018 anders gehandeld in 2019, en hoe bent u in 2019 met de droogte-informatie omgegaan die ter beschikking was?

Op welke informatie baseert u of het droog is (of wordt) en hoe droog het is?

Welke informatie zou u graag ter beschikking willen hebben op het gebied van droogte? Hoe belangrijk is voor u de timing van deze informatie?

Hoe gebruikt u de droogte-indicator die gehanteerd wordt?

Interview - Agrariër

Introductie

Mijn naam is Rutger Weijers, en ik studeer Water Management aan de TU Delft. Momenteel ben ik bezig met mijn master thesis, dat als onderwerp heeft: "droogte-indicatoren in Nederland". Het doel van mijn afstudeeronderzoek is om andere droogte-indicatoren te vinden die gebruikt kunnen worden om anticiperend droogte management te realiseren. Dit doe ik intern bij Rijkswaterstaat, dat zich vanuit de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling onder andere bezig houdt met dit vraagstuk. Voor dit afstudeeronderzoek maak ik gebruik van een case study area. Het gebied van de case study betreft het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe. Binnen dit gebied doe ik onderzoek naar 3 verschillende facetten: het hydrologisch systeem, de stakeholders en beleidsmaatregelen. Ten behoeve van de stakeholder analyse houd ik interviews met personen uit de meest relevante sectoren: waterbeheer, landbouw, natuur, drinkwaterbedrijf en de scheepvaart. Met behulp van deze interviews probeer ik de belangen en (informatie) behoeften, omtrent droogte, van de verschillende stakeholders te identificeren.

Keywords: water gebruik, water beschikbaarheid, droogte, maatregelen, indicatoren, kritieke waarden, belangen, (informatie)behoeften

Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid, dat ook van voldoende kwaliteit is, voor uw werkzaamheden?

Waarvoor is voldoende water van belang voor uw werkzaamheden en van welke component(en) bent u het meest afhankelijk/maakt u het meest van gebruik (neerslag, oppervlakte water, bodemvocht en grondwater)? Hoeveel water wordt er jaarlijks onttrokken uit zowel oppervlakte water als grondwater ten behoeve van beregening?

Heeft u ervaring(en) met droogte, en wat zijn die ervaringen?

Wat zijn uw gedachten omtrent droogte, en wat betekent droogte voor uw werk?

Wat voor maatregelen treft u als droogte wordt verwacht, om eventuele schade te voorkomen? En wat verwacht u van de waterbeheerder?

Hoe bent u omgegaan met de droogte van 2018? En zijn er achteraf gezien dingen die u liever anders had gedaan?

Op welke informatie baseert u of het droog is (of wordt) en hoe droog het is?

Welke informatie zou u graag ter beschikking willen hebben op het gebied van droogte? Hoe belangrijk is voor u de timing van deze informatie?

Hoe gebruikt u de droogte-indicator die gehanteerd wordt?

Interview - Scheepvaart/Vaarwegbeheerder

Introductie

Mijn naam is Rutger Weijers, en ik studeer Water Management aan de TU Delft. Momenteel ben ik bezig met mijn master thesis, dat als onderwerp heeft: "droogte-indicatoren in Nederland". Het doel van mijn afstudeeronderzoek is om andere droogte-indicatoren te vinden die gebruikt kunnen worden om anticiperend droogte management te realiseren. Dit doe ik intern bij Rijkswaterstaat, dat zich vanuit de Landelijke Coördinatiecommissie Waterverdeling onder andere bezig houdt met dit vraagstuk. Voor dit afstudeeronderzoek maak ik gebruik van een case study area. Het gebied van de case study betreft het werkgebied van waterschap Vallei & Veluwe. Binnen dit gebied doe ik onderzoek naar 3 verschillende facetten: het hydrologisch systeem, de stakeholders en beleidsmaatregelen. Ten behoeve van de stakeholder analyse houd ik interviews met personen uit de meest relevante sectoren: waterbeheer, landbouw, natuur, drinkwaterbedrijf en de scheepvaart. Met behulp van deze interviews probeer ik de belangen en (informatie) behoeften, omtrent droogte, van de verschillende stakeholders te identificeren.

Keywords: watermanagement, droogte, stakeholders, maatregelen, indicatoren, kritieke waarden, belangen, (informatie)behoeften

Vragen

Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid voor de scheepvaart, en speelt de waterkwaliteit ook nog een rol?

Waarvoor is voldoende water van belang voor de scheepvaart, en welke component(en) zijn daarbij het meest van belang (neerslag, oppervlakte water, bodemvocht en grondwater)?

Welke belangen weegt u af als water verdeeld moet worden ten behoeve van voldoende water beschikbaarheid voor de scheepvaart? Hoe weegt u deze belangen af?

Heeft u ervaring(en) met droogte, en wat zijn die ervaringen?

Als het droog is dienen er maatregelen genomen te worden. Welke maatregelen zou u treffen en om welke redenen?

Hoe bent u omgegaan met de droogte in 2018? Zijn er dingen die u achteraf gezien liever anders had gedaan?

Heeft u met de kennis die is opgedaan in 2018 anders gehandeld in 2019, en hoe bent u in 2019 met de droogte-informatie omgegaan die ter beschikking was?

Op welke informatie baseert u of het droog is en hoe droog het is?

Welke maatregelen zou u treffen als er droogte wordt verwacht, om schade te voorkomen? Welk type droogte is voor u bepalend hierbij? (meteorologisch, agrarisch, hydrologisch of socio-economisch)

Welke informatie zou u graag ter beschikking willen hebben op het gebied van droogte? Hoe belangrijk is voor u de timing van deze informatie?

Van welke droogte-indicatoren maakt u gebruik om te beoordelen of het droog is?

Hoe gebruikt u de droogte-indicator die gehanteerd wordt?

Transcript: Interview - Waterbeheerder

20-12-2019 - Waterschap Vallei & Veluwe

SP 1 = Onderzoeker

SP 2 = Stakeholder

SP 1: Als eerst ben ik benieuwd of je iets meer kan uitleggen wat je doet hier binnen het waterschap, op water gerelateerd gebied?

SP 2: Ja. Ik werk bij het team van hydrologen en ik ben gespecialiseerd in grondwaterbeheer. Dus ik doe van alles wat daarmee samen hangt; het ondersteunen van de vergunningverleners bij complexe aanvragen maar ook beleid maken. Nou ja.... Alles wat je maar kunt bedenken, daar zit ik dan bij.

SP 1: Alles grondwater gerelateerd dus

SP 2: Ja

SP 1: En je zei ook al in een eerdere email dat droogte calamiteiten onder jouw hoede valt

SP 2: Ja, daar zit ik dan als technisch specialist aan tafel inderdaad

SP 1: En dan in een adviserende rol, ivm met de belangrijke factor grondwater in dit waterschap?

SP 2: Ja inderdaad. En ik zit er ook vanuit een wat breder perspectief. Ook zit er iemand vanuit beheer die zich meer bezighoudt met oppervlaktewater. Op die manier vullen we elkaar aan. Binnen de RDO binnen ik dan ook actief.

SP 1: Voorstellen en introduceren afstudeeronderzoek

SP 2: Reagerend op onderzoeksvraag: 'Ja maar dat is..ja...Kan je nu al voorspellen dat het niet gaat lukken'

SP 1: Nee, kijk het is een onderzoeksvraag en 'nee' is ook een antwoord. Maar er zijn al wat studies gaande en binnen RWS hoor ik ook dat ze daar druk mee bezig zijn, en wordt er gekeken naar ML etc om verwachtingen op seizoensbasis te koppelen met impacts e.d. Dus er wordt aan gewerkt maar er moet inderdaad nog een hoop gebeuren voordat het zover is. Maar dit lijkt mij een leuk verkennend onderzoek.

SP 2: Nee, maar je kunt een klein deel opvangen. Maar het is een illusie om te denken dat je 2018 op zou kunnen vangen met je water systeem. Dat is gewoon onmogelijk.

SP 1: Het huidige water systeem?

SP 2: Ja, maar wat voor aanpassingen je ook doet. Dat is gewoon ondenkbaar dat je daar tegen kunt wapenen.

SP 1: 1e vraag: Hoe ga je om met het beschikbare water in het gebied? In relatie tot de watergebruiker. En dan bedoel ik vanuit de rol als waterbeheerder

SP 2: Lastige vraag, beetje onduidelijk

SP 1: Dus eigenlijk; Hoe verdeel je het beschikbare water over de stakeholders zodat iedere stakeholder over voldoende water kan beschikken.

SP 2: Wat in ons gebied speelt als zo'n droogte episode echt los komt, dan is een van de eerste dingen: in het hellende gebied, dus rond de beken waar geen aanvoer mogelijk is, gelijk een onttrekkingverbod daar uit oppervlakte water. Anders zijn die beken zo leeg, en dan heb je een enorme ecologische ramp. Hoe langer er water kan blijven stromen in die beken, hoe beter dat is voor al het leven dat in het water zit. In die gebieden krijg je al heel snel, ook in rustigere jaren, beperkingen. In 2018 was het natuurlijk veel extremer. In dat jaar was het zelfs voor de boeren voor wie het niet echt uitmaakt als ze niet mogen beregenen, dat zij ook enorme toevlucht namen naar beregening vanuit grondwater. Toen is de vraag naar grondwater enorm toegenomen, en dat is dus wel een ding want dat moet niet te gek worden anders versterkt het effect zichzelf. En dan moeten we daar dus ook weer maatregelen voor nemen. Terwijl het eigenlijk veel beter zou zijn als de landbouw aan hun bodem zou gaan werken, zodat die gezond en levend is waardoor vocht beter kan worden vastgehouden. Op die manier ben je gelijk weer eens stuk minder afhankelijk van neerslag. Plus dat je dan ook door het jaar heen veel meer aanvulling van je grondwater krijgt omdat het dan niet heel snel eruit spoelt, maar dat het ook gewoon langzaam de ondergrond in kan trekken.

SP 1: We hebben het dan dus over de sponswerking van de bodem?

SP 2: Ja, die zou je dan willen vergroten waardoor het twee kanten op werkt: en je hebt meer water en je hebt minder (extra) watervraag. Dit speelt zich dus met name af op de hellende gebieden waar het snel afwatert, want naar de laagst gelegen gebieden kunnen we water aanvoeren maar dat is voor ons maar een heel klein gedeelte van het gebied. Dat is langs de IJssel, maar ook in de Gelderse Vallei een smalle strook en dan nog de polders langs de randmeren

SP 1: En wordt er vanuit de Eem ook nog water ingelaten in het gebied?

SP 2: Het vallei kanaal hebben we natuurlijk; die begint bij de Nederrijn bij Veenendaal in de buurt, die stroomt uiteindelijk uit in de Eem. Dat is dus een mooie aanvoerroute waarmee we ook dat systeem levend houden. En bovendien: vanuit de Eem wordt dus ingelaten naar Eemland, naar die poldergebieden. Vanuit de randmeren kan je dan ook nog water inlaten.

SP 1: Dus de randmeren zijn wel belangrijk voor de waterbeschikbaarheid?

SP 2: Ja, want dat was ook in 2018; toen begon het peil toch wel erg hard te zakken op een gegeven moment. Omdat er eigenlijk iets te laat water werd vastgehouden. En dan hebben we in veel gebieden, waar we onder vrij verval inlaten, gelijk een probleem. Er gaat al niet zoveel water in, maar in dat soort situaties wordt het helemaal lastig om water in te laten. De verdamping was in 2018 ook zo groot, daar kon je niet tegen pompen.

SP 1: Speelt het Apeldoorsch Kanaal nog een belangrijke rol? Op en rond de Veluwe bijvoorbeeld.

SP 2: Ja dat is een lastige; we kunnen daar inlaten met een pompsysteem bij Dieren en dan kun je dus dat hele systeem stromend houden maar ook verdwijnt er heel veel via de ondergrond, zeker in het eerste pand. Alleen er zit ook bij de uitstroom van een beek in dat Apeldoorsch Kanaal zit ook vegetatie, een drijvende waterweegbree. Dat is extreem beschermd, en daar mag dan weer niet teveel inlaatwater langs. Dus daar zitten we dan mee. Dat is dus echt een bottleneck waarbij we heel precies moeten afmeten om te bepalen wat we kunnen doen. Dus dan kom je nog weleens in de verdrinking met vragen als kunnen we nog wel water inlaten of niet.

SP 1: Dan moet je dus eigenlijk belangen gaan afwegen?

SP 2: Ja, plus dat de ecologie ook volkomen onbeheersbaar is. Hoeveel kan zo'n plant hebben? Ja, je weet dat pas als het mis is. En in een ander deel van het systeem, omdat de IJssel ook onderuit zakte (of de Rijn dan eigenlijk), dat het ook niet meer lukte om voldoende water in te laten. Dus daar hebben we zelfs de verdringingsreeks moeten toepassen binnen ons gebied.

SP 1: Hoe gaan jullie om met het advies van de LCW over de nationale verdringingsreeks? Hoe gaan jullie dat implementeren binnen het waterschap?

SP 2: We hebben toen voor ons gebied gekeken naar hoeveel is gras en maïs en hoeveel blijft er dan over? Nou, er bleef zo weinig over dat als we voor die lage categorieën een onttrekkingverbod afkondigen en dan zijn we er wel

SP 1: Oke, dus dat is de maatregel die je dan kan nemen?

SP 2: Ja, en we hebben natuurlijk sowieso in ons gebied relatief weinig bijzondere teelt. Het is voornamelijk grasland en maïs. Maar goed, je ziet nu zelfs dat graslanden worden beregend omdat het zo droog was dat zelfs die grasmat verloren ging, die werd verdrongen door allerlei onkruiden en dan moet ze het weer eruit halen en opnieuw inzaaien en dat is heel kostbaar.

SP 1: Hoe weeg je de belangen af? In die categorie 4 zit ook natuur (geen onomkeerbare schade). Zit daar verder nog iets van een afweging in?

SP 2: Nou, in ons gebied hebben we alleen in het noorden in de polders hebben we nog veengebieden die we echt nat willen houden. En er zijn ook wel andere natuurgebieden, dat zijn eigenlijk ook gebieden waar o.a. weidevogels zitten en we hebben natuurgebieden waar veen in de ondergrond zit maar de beheersorganisaties willen daar gewoon geen gebiedsvreemd water in hebben. Dus wat we daar doen is het peil in de buurt zo hoog mogelijk zetten, zodat er goed druk staat op het grondwatersysteem en wat er dan aan kwel is dat, dat vooral in die gebieden tevoorschijn komt.

SP 1: Ik neem aan dat je het dan hebt over de natuurorganisaties. Zijn jullie voor een deel ook verantwoordelijk?

SP 2: In ons beheer moeten wij rekening houden met die zeldzame natuur. We kunnen en mogen bijvoorbeeld niet met een maaiboot over die waterweegbree, en dus moeten we zo'n inlaat daar ook op beperken. Maar de provincie die gaat uiteindelijk over die natuurwaarden, die is daar sturend in en wij kunnen adviseren en dat doen we ook ongevraagd. Ik heb toen (2018) ook wel gezegd van: Die gebieden daar in het binnenveld, daar kunnen we in principe kijken wat we nog met het water kunnen doen. Alleen, dan moet men dat wel willen. Want ze zijn gewoon heel bang dat de verkeerde waterkwaliteit erin komt en dat is zeker als die rivier al laag staat in de zomer en dan is die kwaliteit ook niet al te best. Dus ik kan het me wel voorstellen, maar dan hebben we het in ieder geval geprobeerd en aangeboden.

SP 1: Is er verder nog andere natuur binnen het waterschap dat voorrang zou kunnen hebben ten opzichte van andere sectoren/stakeholders op het beschikbare water?

SP 2: Nee, we kijken vooral heel erg praktisch. Je kunt ook een situatie hebben waarbij er gekeken moet worden naar wat er nu de daadwerkelijke watervraag in het gebied is en dat al zo goed mogelijk inschatten. Als dat lager is dan wat er maximaal ingelaten kan worden dan ga je het wel redden en hoef je verder ook geen ingewikkelde dingen te doen.

SP 1: En hoe bepaal je die watervraag dan?

SP 2: Bij het RDO voor het IJsselmeer gebied. Daar kwamen ze van Hollands Noorderkwartier op een gegeven moment met zo'n spreadsheet dat hartstikke mooi werkte en daar zit alle landgebruik in en daar hadden ze ook de gewaskalender aan gekoppeld. Dus van wanneer is er op een bepaalde locatie een bepaalde watervraag voor elk gewas. En dan kun je weer veel beter inschatten hoeveel je op dat moment nodig hebt.

SP 1: Wat betekent droogte voor jou?

SP 2: Nou ja, in ons gebied kennen we daar verschillende fases in; (1) meestal begint het met dat de bovenlopen van beken beginnen stil te vallen, dan begint voor ons de droogte. Voor die tijd hebben onze beheerders in de terreinen eigenlijk al zitten sleutelen om zoveel mogelijk water vast te houden, die zien het al ietsje eerder gebeuren. Maar goed dan kan het weer nog altijd omslaan, (2) maar op een gegeven moment begin je het ook bij de middenlopen te merken en dat is dan meestal het signaal dat we echt

moeten gaan beginnen. Dan gaan we dus kijken of een onttrekkingverbod al moet worden ingesteld.

SP 1: Jullie kijken dus echt naar de hydrologische droogte: dus op het moment dat de beken gaan droogvallen bijvoorbeeld?

SP 2: Ja, dan begint het. In 2017 bijvoorbeeld op basis van wat er rond de Rijn gebeurde was ik veel bezorgder in het voorjaar, in dat jaar was eigenlijk in één klap alle sneeuw uit de Alpen weg, dus daar hoefde je niet meer op te rekenen. En toen werd het ook behoorlijk droog, en ging we net opschalen en vervolgens kregen we heel regelmatig buitjes die precies het vocht profiel goed hielden overal. Dus eigenlijk had toen niemand last van droogte, maar in potentie was het een veel gevaarlijker jaar dan 2018.

SP 1: En wat doe je dan als je zoiets observeert (sneeuw weg, en afvoer kan je wel vergeten)?

SP 2: Ja, dan word ik wel extra alert. Maar we hebben in 2018 dus gezien; ook al ligt er voldoende sneeuw op een gegeven moment is dat op en de Rijn bleef maar dalen vanwege volledige afhankelijkheid van neerslag. En dat geeft wel te denken.

SP 1: En in het gebied zelf? Je had het net over de bovenlopen, vervolgens middenloop en als die dreigt stil te vallen dan is dat echt een rood sein en moet dat aanzetten tot handelen. Ontvang je ook van andere stakeholders informatie? Boeren zullen bijvoorbeeld ook weten hoe het ervoor staat?

SP 2: Ja, maar dat werkt toch anders. Boeren kijken heel anders naar droogte dan naar overlast. Teveel water is gelijk een ramp, en droogte heeft veel minder urgentie. Tenzij je dus iets krijgt als 2018 dat het drie maanden lang niet regent, dan worden ze ook wel zenuwachtig. Maar in een normale droge zomer hoor je ze daar niet over. In het veld wordt er weleens wat opgevangen en er zijn er ook echt wel bij die dat goed in de gaten houden maat er zijn er ook die als er na drie maanden eindelijk weer eens regent dan willen ze het gelijk afvoeren

SP 1: Nemen boeren dan zelf ook maatregelen? Op hun perceel, stuwen zetten bijvoorbeeld

SP 2: Nee dat is dan heel basaal: gewoon pompinstallatie en thats it. En wat wij willen is eigenlijk twee sporen: (1) bodem verbetering (minder afhankelijk van beregening) al overbrug je daar ook geen 3 maanden droogte mee maar met normale droogte heb je dan wel een enorm voordeel. Maar het resultaat laat zich niet meteen zien daar heb je wel 5-6 jaar voor nodig voordat het echt wat gaat opleveren en (2) andere spoor is 'boeren-stuwen'. De meeste van die 13000 km aan perceel sloten die in ons gebied liggen, liggen relatief hoog en de beken die wij direct beheren liggen het laagst in een gebied en daar heeft het nauwelijks effect als je daar water gaat vasthouden want dat heeft maar een klein invloedsgebied. Met al die kleine slootjes samen kun je enorm veel infiltratie voor elkaar krijgen als er een keer weer een bui valt. Dus we willen eigenlijk naar een systeem toe dat op de een of andere manier stimuleren dat die stuwtes daar komen of afsluiters op de duikers. En aan de andere kant dat we de boeren goede informatie geven en dus goed vooruit kunnen rekenen wat het risico is om op een bepaald moment vast te houden.

SP 1: En waar baseren jullie dan die informatie op?

SP 2: Nou ja dat is dan op basis van puntmetingen, remote sensing data en modelruns.

SP 1: Je bent natuurlijk vooral afhankelijk van neerslag in dit gebied. Dus je gebruikt ook de neerslag voorspelling?

SP 2: Ja die stop je dan ook erbij in je model. Dan krijg je bijvoorbeeld de meest droge variant en de meest natte variant in je model die je kan gebruiken om te bepalen welke kant het op kan gaan. Je kunt dat natuurlijk ook maar een paar dagen vooruit uitrekenen. En je kunt natuurlijk gaan rekenen, wat nou als het een maand droog blijft? Maar het kan alleen voor de korte termijn handelingen, dus geen lange termijn voorspellingen.

SP 1: En de remote sensing? Waar kijken jullie dan naar?

SP 2: Nu zijn we alleen aangesloten op SatWater, waar we dan verdampingsdata krijgen. Dan weet je in ieder geval hoeveel er via de lucht uitgaat.

SP 1: Wat voor verdamping is dat?

SP 2: Som verdamping: open water verdamping, respiratie en interceptie. Ik verwacht ook wel dat er nog qua remote sensing beelden van bodemvocht bij gaan komen, die kan je goed combineren met puntmetingen. Op die manier zouden we dan een goed gevoel kunnen krijgen wat de huidige stand is, en wat kan je verwachting als er x hoeveel neerslag valt of als er helemaal niks valt.

SP 1: Eigenlijk creëer je dan dus scenario's die zouden kunnen gebeuren en daar baseer je dan vervolgstappen op?

SP 2: Ja gewoon korte termijn scenario's. Dus echt sturende korte termijn informatie voor die boeren en voor ons eigen beheer om te bepalen of we water vasthouden of moeten we de teugels laten vieren.

SP 1: Kijken jullie ook naar NDVI?

SP 2: De banden die gebruikt worden voor NDVI zitten ook in satwater. Met NDVI heb je wel kleinere pixel grootte dus daar krijg je een scherper beeld mee. Maar in directe zin passen wij dat nog niet toe. Al heb ik daar wel vorig jaar zomer naar gekeken of ik iets kon zien, om bijvoorbeeld een indruk te krijgen waar er beregend zou kunnen worden wat wij eigenlijk nog niet weten. Dat is natuurlijk ook wel nuttige informatie om te hebben. Maar in die zin nemen we nu producten af omdat we niet genoeg tijd hebben om dat zelf te gaan doen. De verdampingsbeelden van satwater heb ik wel geregeld geraadpleegd. Echter is dat met zichtbaar licht en kan dus alleen gebruikt worden indien het onbewolkt is. De zomer van 2019 werd bijvoorbeeld gekenmerkt door erg korte periodes zonder bewolking. Terwijl zo'n radar beeld voor NDVI

natuurlijk dwars door die bewolking kan gaan met die golflengte.

SP 1: Je kijkt dus ook naar deze beelden voor natuurgebieden. Hoe schakel je dan met natuurorganisaties?

SP 2: We hebben vrijwel geen direct contact. Er is ook geen interesse, vanuit de natuurorganisaties. En anders gaat het wel via de provincies. De provincie heeft zelf ook zo'n meetnet, dus die zien ook dat de grondwaterstanden achteruit vallen. Tevens liggen ook veel van die natuurgebieden op een plek waar je geen handelingsperspectief hebt. Of de maatregelen zijn weer dusdanig grof dat het ook weer niet zomaar kan. We hebben in ons gebied dus eigenlijk drie typen als het om droogte gaat: (1) laaggelegen polders met inlaat mogelijkheid, (2) relatief laagliggende hellende gebieden waar de beken stromen en dan heb je de (3) stuwwallen (Veluwe en de Utrechtse Heuvelrug). Dat zijn echt drie verschillende systemen die ook alle drie anders reageren op zo'n droogte. Die inlaatgebieden die kan je dus redelijk goed overeind houden, de hellende gebieden is een kwestie van 'zie maar wat er lukt' en de stuwwallen dat zakt gewoon uit. Op de diepste delen van de Veluwe is het grondwater nu nog aan het zakken, daar zal echt een winterneerslag voor nodig zijn om dat weer te laten stijgen. Maar goed, we kunnen dan ook zeggen dat we de infiltratie op de Veluwe willen vergroten. Dan halen we bijvoorbeeld dat naaldbos eraf. Stel dat zou veranderd worden in loofbos, dat in de winter geen blad heeft, dan heb je die interceptie (verdamping) niet in de tijd dat er geen blad is. Dat scheelt al gigantisch. Want in de winter is die infiltratie juist belangrijk. Maar maatschappelijk gezien geeft dat een hoop gedoe. En wij gaan daar verder ook niet over. We kunnen alleen maar adviseren.

SP 1: Stel je treft bepaalde maatregelen in hoeverre treft dat dan (indirect) de natuur?

SP 2: Ja dat kan wel degelijk. We meten daar niet direct aan maar sommige van die gebiedjes in dat hellende terrein daar zag je de grondwaterstand echt dramatisch ver wegzakken. En dan is het ook de vraag hoe het zit met de kwel, want de Veluwe is nu nog aan het dalen. Hoe zit dat dan met dat grote systeem? Zit daar nog zoveel druk op dat je nu alweer kwel hebt of worden die gebieden alleen maar met neerslag gevoed? Op zich zijn die gebieden nu hydrologisch gezien hersteld maar of dat kwalitatief ook geldt...? Kwel water heeft natuurlijk een bepaalde kwaliteit. Als die kwel er niet is en je hebt relatief zure regen dan ben je die buffer kwijt en dan kunnen grassen ineens dominant gaan worden en dat moet je niet hebben. Dan kom je in de knoei met je natuurdoeleinden, en dat kan echt jaren duren voordat dat zichtbaar gaat worden. Dus dat is nog wel spannend hoor. Er kan natuurlijk al best wel buffering in de bodem zitten omdat er dan al kalk is afgezet, en dan weer in oplossing komt. Maar dat monitoren en mee omgaan is taak van de natuurorganisaties. Wij kunnen alleen ergens aandacht voor vragen als wij iets waarnemen, en dan kunnen wij ons ermee bemoeien.

SP 1: Achteraf gezien; zou je dan dingen anders hebben gedaan of doen?

SP 2: Het was een verrassend jaar (2018) want het begon heel erg nat, veel meldingen van overlast. Het sloeg ineens helemaal om naar droogte. En het was ook nog eens zo dat de gebieden die normaal gesproken als eerst iets laten merken van droogte dat nu niet deden. Terwijl de oostkant van de Veluwe, waar die beken lopen, ineens heel dramatisch slecht ging. Droogval dreigde in beken met bijzondere soorten en daar waren

we eigenlijk niet goed op voorbereid. We hadden niet voorzien dat droogval van die beken zou kunnen gebeuren. Het was dus ook pas nadat er signalen vanuit het veld kwamen dat het mis aan het gaan was, dat daar op gehandeld werd. Daar willen we dus ook gaan ontwikkelen dat we, het liefst op afstand, sneller in kunnen schatten na aanleiding van hoe het met die grondwaterstanden in de achterliggende stuwwallen gaat al een signaal kunnen ontvangen zodat je voorbereid bent. In 2018 moesten we hals over kop allerlei vissen eruit halen en op andere plekken uitzetten, en dan maar hopen dat het goed gaat. Dat vergt weer een heel gedoe met de vergunning want je mag niet zomaar vissen ergens uithalen, ook al is de vis anders dood. Dus dat was toen een enorme stress periode.

SP 1: Hebben jullie enig idee waar dat dan door kan komen dat het ineens zo is gelopen?

SP 2: Nou ja, het was gewoon 3 maanden droog. Terwijl aan de start van het groeiseizoen het juist heel erg nat was. Dus de bomen zaten ook maximaal in blad, waardoor de transpiratie maximaal was. Het water verdween dus in een enorm tempo de lucht in, uit het systeem. Dat ging echt verbluffend snel. Bij sommige peilbuizen daalde de grondwaterstand dusdanig hard dat de grafiek ervan een rechte lijn naar beneden vertoonde.

SP 1: Dat is dus wel een interessant inzicht dat op het moment dat de vegetatie volledig in blad is, zodat de transpiratie dus maximaal kan worden. Als dat dus samenvalt met een buitengewoon droge periode. Dan heb je vanuit meerdere opzichten een probleem.

SP 2: Er is ook een jaar geweest met een droge winter waardoor er veel minder blad aan de bomen hing. Vervolgens was de zomer van dat jaar ook droog, maar hadden we daar helemaal niet zoveel last van. De transpiratie was vele malen minder, en die graslanden verdampen niet zoveel. De problemen waren toen dus aanzienlijk minder (tov 2018).

SP 1: Op de klimaat effect atlas is ook duidelijk te zien dat er op de Veluwe en de Utrechtse heuvelrug het risico op droogtestress het grootst is. Waarschijnlijk dus onder andere vanwege die transpiratie.

SP 2: Ja inderdaad. En het zijn hangwater systemen, dus als het niet regent is er geen water want het grondwater zit daar veel te diep voor de wortels. Echter zijn er een aantal oude bossen die een uitzondering vormen, midden op de Veluwe waar het echte grondwater dus veel te diep zit. Blijkbaar houden de bossen het water op de een of andere manier beter vast, want tot in augustus bleef de transpiratie daar op gang. Er loopt nu een onderzoek hiernaar, samen met de provincie. Het zou namelijk ook een beperkende factor kunnen zijn voor de grondwater aanvulling op de Veluwe.

SP 1: Zijn jullie in 2018 tot het punt gekomen dat je dacht: dit kan onomkeerbare schade opleveren?

SP 2: Dat hadden we met die vissen, die alleen hier en ergens in Limburg voorkomen. Qua andere natuurwaarden waren we wel alert, maar heb daar verder geen vraag naar gekregen. Ook omdat de kwaliteit nog goed genoeg was waarschijnlijk. We hebben wel de naast gelegen systeem zo hoog mogelijk opgezet

en zoveel mogelijk water ingelaten. Dit om een zo groot mogelijke verhanglijn te creëren en daardoor maximale opstuwing van grondwater.

SP 1: Is het ook zo dat jullie op een gegeven moment ook geen water meer vanuit de IJssel en de randmeren (HWS) mochten inlaten?

SP 2: Zover is het niet gekomen maar in juli zaten we daar wel tegenaan. Vanuit Friesland en Groningen kwam wel de vraag dat er gekort moest worden omdat zij anders niet genoeg konden inlaten voor het veen. Echter, was het niet gekomen tot korten.

SP 1: Hoe zit dat met inlaten van water icm onttrekkingverbod?

SP 2: Er mag worden ingelaten tenzij het inlaten zelf weer een beperking zelf gaat krijgen.

SP 1: Onttrekken de boeren zelf ook veel grondwater?

SP 2: Ja dat mag, en wordt gedaan voor beregening. Er was ook een enorme toename in grondwater onttrekking in 2018. Hier wordt dan wel op gelet, want als het te droog wordt kan ook dat verboden worden. Er gaat natuurlijk ook heel water verloren middels open water verdamping wanneer er wordt beregend in de warme open lucht.

SP 1: Hoeveel is het effect van onttrekking tbv beregening in de landbouw?

SP 2: Ten opzichte van drinkwater winning is het nihil, en als je drinkwater winning weer gaat bekijken tov verdamping dan is dat ook maar heel weinig. De verhouding is 1:7 of 1:8 ongeveer. Die onttrekkingen lijken voor het gevoel dus veel maar in werkelijkheid is dat niet zo. Daarnaast weten wij dat een onttrekking ook verder geen invloed heeft op omliggende gebieden want anders zou het niet mogen. Zo'n hele zomer beregening dat scheelt misschien (of nog niet eens) een paar millimeter op dat hele grondwater systeem. Terwijl voor de verdamping een paar meter water geldt. De winst van nachts beregenen is beperkt maar kan lokaal wel veel opleveren. Nu is er een 200m zone rondom natte natuur gebieden, waarbinnen niet onttrokken mag worden. Maar als je een grote cluster hebt van kleine beregening dan is die 200m ook niet meer genoeg. Dan zouden we eigenlijk weer aanvullende maatregelen moeten nemen. Dit is nu nog niet aan de orde, in 2019 ging het nog ruimschoots goed. Maar er zit wel ergens een kantelpunt.

SP 1: Wat voor aanvullende maatregelen zouden dat kunnen zijn?

SP 2: Strengere regels, grondwater onttrekkingverbod etc. Een idee is om beregening alleen toe te staan als je ook aan bodem verbetering te doen. Traditionele landbouw is niet efficiënt qua watergebruik (open kas).

SP 1: Het watersysteem voor de landbouw is niet natuurlijk (hoog peil in de zomer en laag peil in de winter), en dat met het oog op klimaatverandering moet er wel wat gebeuren natuurlijk.

SP 2: Ja. Waar we ook naar kijken is water wat overlast geeft op de een of andere manier gebruiken ipv afvoeren. Bijvoorbeeld in stedelijk gebied. Water bergen in hoger gelegen deel van de stad in de winter en in de zomer gebruiken. Efficiëntie kan omhoog dus. Zie onze blauwe omgevingsvisie. De lange termijn maatregelen zijn om weer veerkracht in systeem te krijgen ipv de veer verder uitrekken, waarbij je het water zo snel mogelijk probeert af te voeren waardoor de tekorten alleen maar groter worden.

SP 1: Wat heb je in 2019 gedaan met de kennis die is opgedaan in 2018? Bijvoorbeeld het monitoren van de middenlopen van die beken.

SP 2: Ja, toen hebben we veel gericht gesurveilleerd. Er is nu bijvoorbeeld ook een voorstel in samenwerking met vrijwilligers van de bekenstichting, die een deel van de metingen willen gaan doen. Dat betreft met name de kleinere beekjes, die niet geautomatiseerd gemeten kunnen worden. De vrijwilligers zouden dan metingen willen uitvoeren waardoor wij eerder signalen ontvangen als het een bepaalde kant op dreigt te gaan. Dit is dan ook weer goede trainingsdata als we het koppelen aan grondwaterstanden of satelliet beelden om bepaalde verbanden te zien. Wie weet kunnen we dan in de toekomst met bepaalde metingen al eerder voorspellen als het dreigt mis te gaan.

SP 1: De afvoer in die beken waar we het de hele tijd over hebben, is dus echt een belangrijke indicator?

SP 2: Ja. Voldoende afvoer is cruciaal voor het voortbestaan van bepaalde soorten in die beek, die een bepaalde stroomsnelheid nodig hebben. Dus dé factor in die beken is stroomsnelheid.

SP 1: En die beken worden dus allemaal gevoed met regenwater en/of kwel?

SP 2: Met name kwel, maar het vooral om de sprengbeken. Die beken zijn als een soort onttrekking in de Veluwe gegraven dus je kunt het ook niet helemaal kwel noemen maar het is wel grondwater. Wat lager in het systeem is wel weer echt kwel. Maar het is dus eigenlijk gewoon het aansnijden van de grondwaterspiegel. We hebben in 2018 al die data van metingen bij gehouden maar het exacte moment van switch naar stilvallen naar droogvallen dat hebben we niet precies in beeld omdat er niet continu is gemeten.

SP 1: Op basis van welke informatie bepaal je de droogte?

SP 2: Primair in de winter kijk je naar de Alpen, maar geeft kennelijk niet heel veel zekerheid. In de loop van het voorjaar ga ik de grondwaterstanden in de gaten houden, om te kijken wat daar de tendens is. Daarvoor gebruik ik meetpunten van de provincies om te kijken of het droger is dan normaal of juist niet. Dat doe ik voor een aantal meetpunten die ooit een keer door de provincie zijn gekozen. Verder houd ik het weer goed in de gaten. Maar de daadwerkelijke trigger is de afvoer van de beken. Meestal komt er begin juli een moment dat de opvolgende weken beslissend worden om te bepalen of je wel of niet moet gaan opschalen

SP 1: Dus even samenvatten: je begint met de afvoer van de Rijn? en dan...

SP 2: Ja je begint met de sneeuw in de Alpen om te bepalen wat er qua afvoer van de Rijn in zit. Je hebt 2 triggers voor droogte: 1. door te lage waterstand in de Rijn kan je niet meer inlaten, 2. droogte in het gebied zelf. Die twee triggers hoeven niet allebei op te treden, maar geven wel een aardige inschatting. Verder wordt er dan naar de grondwaterstanden gekeken en collega van beheer heeft contact met de mensen in het veld. Op een gegeven moment komen we samen en bespreken we onze waarnemingen. Op die manier ben je er meestal wel een tijdje voor. Echter was de curve qua droogte in 2018 bijzonder steil. De situatie sloeg in 2018 dus met een dag of wat om.

SP 1: Waar heb je meer aan: meteorologische verwachting of (initiële) hydrologische condities?

SP 2: Ik hecht dan meer waarde aan de hydrologie want dat bepaalt in sterke mate wat de neerslag gaat doen. Als het namelijk heel droog is, heb je heel geleidelijke neerslag nodig wil dat weer herstellen. Het gaat namelijk om de effectieve neerslag. Als er ineens 50 mm valt dan is het meeste daarvan meteen ook weer weg. Terwijl als je geleidelijk en diffuus 50 mm krijgt dan heb je nergens last van. Dus je hebt meer aan die hydrologische condities want die kan je nog wat sturen en zijn nauwkeuriger. Meteorologische verwachting daarentegen onnauwkeurig. Echter lagen er in 2018 een aantal hoge drukgebieden 'gelocked' waardoor het wel duidelijk was, maar anders is er geen pijl op te trekken.

SP 1: De grondwaterstanden namen halverwege 2018 af, en je weet dan dat het wel even gaat duren voordat die weer hersteld zijn. Ga je met die kennis anders waterbeheer voeren in 2019?

SP 2: Ja. We hebben in 2019 veel hogere peilen gevoerd dan normaal waar dat maar mogelijk was. De lager gelegen delen waren in de winter wel weer redelijk hersteld. Maar de hoger gelegen delen nog niet.

SP 1: In de peilbuis bij Deelen is te zien dat de grondwaterstand nog tot en met juni waren toegenomen in 2018.

SP 2: Ja dat kwam door een aantal hele zware buien in het westen van het gebied en de noordwest Veluwe. In juni waren er nog meldingen van grondwateroverlast in Putten. En dat is een van de gebieden waar wel beheersbaar oppervlakte water is maar nog steeds droog is (bizar). En als je het dan hebt over het voorkomen van droogte; we begonnen 2018 dusdanig nat dat je dat met geen enkele maatregelen zou kunnen reproduceren als startsituatie en dan nog kan het dus met een paar maanden helemaal de andere kant op zijn gegaan. Dus alles staat of valt met de buien die wel of niet gaan vallen. Het is een illusie dus dat je zo'n extreem jaar als 2018 kan tackelen.

SP 1: En in dit gebied ben je dus echt afhankelijk van neerslag en grondwater als watervoorziening omdat er geen aanvoer van water mogelijk is.

SP 2: Ja daar moet je het mee doen en verder kan je met peilbeheer zorgen voor zo min mogelijk verlies. En als je gaat adviseren op peilbeheer in die kleine sloten zou je nog wat winst kunnen behalen. Dat is eigenlijk ook een soort voorraadbeheer. Om de verandering te maken van systeem met voldoende afvoer

naar systeem met voldoende aanvulling waardoor je minder afhankelijk bent. Maar dat blijft lastig ivm eventueel water overlast als je een natte zomer krijgt wanneer je voorraad gevuld is. Een verbeterde sponswerking van de bodem zal waarschijnlijk een verbetering opleveren. Kijk maar naar bossen in de Veluwe die tot in augustus bleven verdampen. En dit is ook weer een lange termijn maatregel en lastig om mensen daarin mee te krijgen.

SP 1: Op korte termijn is het dus heel lastig om maatregelen te treffen.

SP 2: Ja je kan alleen proberen om zo goed mogelijk met het beschikbare water om te gaan. En het vasthouden van water in de sloten krijgt nu wel wat meer prioriteit. Maar het is lastig ivm eventueel overlast. Je zou daarbij ook goed moeten voorsorteren op het seizoen dat komen gaat.

SP 1: Heb je een idee wanneer de droogte nou daadwerkelijk begon in 2018?

SP 2: Het was ergens in begin maart al grotendeels droog. Lokaal waren er nog wel wat zware buien, eind april - eind mei. Maar toen was de tendens al omlaag. Maar stel dat die buien meer diffuus waren gevallen dan was het een totaal ander plaatje geweest. Dan had je nog wel een maand langer kunnen wachten voordat je zou gaan merken dat het droog is. De neerslag is dus gewoon heel erg sterk bepalend.

SP 1: Ik vermoed dat andere stakeholders ergens daar voor iets gemerkt zouden moeten hebben?

SP 2: Ja dat klopt, en zeker iemand die enkel naar zijn eigen stuk land kijkt. Wij kijken een stuk breder van bovenaf, of vanuit het bekensysteem. Dus wij hebben weer totaal andere informatie. En daarnaast kun je wel die tendens waarnemen maar dat zegt op dat moment nog niks, want als het de week erna wel zou regenen dan hoef je nergens druk om te maken.

SP 1: Dus stel dat het mogelijk is, zou je het liefst een nauwkeurige weersvoorspelling willen hebben die een seizoen vooruit gaat.

SP 2: Ja dat zou het aller-makkelijkst zijn. Maar het zou al een flinke verbetering zijn als je in die kleine slootjes water kan gaan vasthouden zodra je een neerwaartse tendens ziet. Zodoende kan je wat meer infiltreren waardoor je voorraad kan opbouwen. Verder zou het al een stap in de goede richting zijn als je al wat beter kan voorspellen wat de atmosferische stromingen gaan doen. Dat blijkt dus wel een belangrijke factor te zijn.

SP 1: Oke, dankjewel. Dan heb ik zo wel genoeg informatie voor dit interview en heb ik er weer een hoop nieuwe en interessante inzichten bij.

Transcript - Interview Drinkwaterbedrijf

24-01-2020

SP 1 = onderzoeker

SP 2 = medewerker drinkwaterbedrijf

SP 1: Dit is het interview met Vitens. Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid, dat ook van goede kwaliteit is, voor de werkzaamheden van Vitens?

SP 2: Dat is erg belangrijk natuurlijk. Het gaat bij ons met name om voldoende grondwater. Ons werkgebied loopt van het hoge noorden tot zuid Gelderland, en grondwater is daar de belangrijkste bron. In sommige gebieden infiltreren wij ook oppervlakte water, ook op de Veluwe. Dat doen we dan in infiltratievennen waar we oppervlakte water uit beken infiltreren tbv grondwateraanvulling. Wij zorgen namelijk voor verlaging van de grondwaterstand en infiltratie zou dat weer moeten compenseren. Bij sommige locaties is dit ook in de vergunning opgenomen. Als wij op die plekken dus minder infiltreren mogen we ook minder onttrekken. Op die plekken ben je dus ook erg afhankelijk van voldoende water in de beken, dat uiteraard ook van voldoende kwaliteit is.

SP 1: Hoe is de verhouding dan tussen infiltreren en onttrekken op die locaties?

SP 2: We mogen netto iets meer onttrekken. En volgens mij is dat vanwege de historische situatie, dus de infiltratie voorziening die er al was en verder is daar volgens mij geen hydrologische reden voor. We hebben al erg lang, sinds de jaren 50-60, een productiebedrijf gehad heel lang zonder infiltratie maar vanwege effecten op de natuur is toen op een gegeven moment besloten om te starten met infiltratie. Om zo dus ook natte natuurontwikkeling mogelijk te maken.

SP 1: Wat zijn jullie klanten?

SP 2: We hebben zowel zakelijke klanten als de gewone klant. Met name de voedingsmiddelen industrie gebruikt vaak water van Vitens omdat het van een hoge kwaliteit is. Op de Veluwe hebben we 15 productie locaties en dat wordt via ons netwerk gedistribueerd, en zowel naar zakelijke klanten als naar de gewone consument wordt gebracht.

SP 1: Weten jullie wat je kwijt bent aan wegzijging binnen de Veluwe?

SP 2: Ik ben zelf geen hydroloog, maar ik weet wel dat er een rapport is voor de Veluwe gemaakt door Arcadis waarin grofmazig gekeken wordt naar de hoeveelheid regenval in dat gebied dat zorgt voor aanvulling en hoeveel gaat daar vervolgens van weg door verdamping, door allerlei onttrekkingen (zowel door Vitens als allerlei industrie) en welk deel daarvan ben je uiteindelijk kwijt door wegzijging. Daar zijn wel getallen van bekend, maar dat is natuurlijk heel algemeen voor het Veluwe systeem.

SP 1: Hoeveel onttrekt Vitens jaarlijks binnen het gebied van Vallei en Veluwe?

SP 2: Dat zou ik na moeten zoeken, het ligt er ook aan hoe je de grens bekijkt. Ik kan wel de vergunningsruimte even nazoeken. Voor heel Gelderland hebben we iets van 150 miljoen m³, en dat zal op de Veluwe misschien zo'n 65 miljoen m³ zijn. Maar ik zit nu echt even te schatten, dus de exacte getallen zal ik je nasturen. En dan mis je nog een stukje Utrecht wat binnen het waterschap valt.

SP 1: Hebben jullie qua waterverbruik gemerkt in 2018 dat het buitengewoon droog was?

SP 2: Ja zeker weten, en het heeft ook wel veel impact gehad. We hebben echt dagen gehad dat de watervraag wel 30% meer was dan normaal, en dat dan meerdere dagen achter elkaar. Vooral die aanhoudende warmte en droogte leidde tot een langdurige piekaanvraag, en dat is wel goed bijgebleven. Hierdoor hebben wij ook meer moeten onttrekken dan in de vergunning staat. Na aanleiding van die gebeurtenissen hebben we uitvoering geëvalueerd, en is ook vanuit de provincie de vraag gekomen hoe het voorkomen kan worden dat er niet meer onttrokken wordt dan de vergunning toelaat. We kijken ook naar slimme waterverdeling waardoor de last beter van verdeling beter wordt verdeeld, en daardoor niet over de maximale onttrekking van de vergunning gaat. Per productiebedrijf is er ook een vergunning verleend. Op de langere termijn willen we investeringen gaan doen om de vergunningsruimte te vergroten, en ook aanpassingen in onze infrastructuur kunnen maken. Op die manier kunnen we een droge periode wat beter opvangen.

SP 1: Wat doen jullie met de verdringingsreeks?

SP 2: Onze teammanager is in 2018 ook aangesloten bij het team watertekort. Dus in dat proces leveren wij input over hoe het er bij Vitens voor staat. Het is ook wel aanleiding geweest om binnen ons gebied naar klanten te communiceren om zuinig met het water om te gaan. En landelijk hebben we wel duidelijk proberen te maken dat de drinkwatervoorziening weliswaar niet in gevaar komt, want het grondwater raakt niet zomaar op, maar dat wel met allerlei effecten op met name landbouw te maken krijgt die maatschappelijk misschien ongewenst zijn. Ook is er bijvoorbeeld aan sommige zakelijke klanten die over een waterbuffer beschikken verzocht om die niet te vullen tijdens piekuren. Die piekuren vormen namelijk de knelpunten, de druk op het netwerk is dan eigenlijk niet hoog genoeg meer.

SP 1: De landbouw onttrekt ook grondwater voor beregening, hebben jullie daarover contact en heeft dat invloed op jullie productie?

SP 2: Uiteindelijk heel je uit hetzelfde systeem water, dus heeft wel invloed. Maar ik vind dat het waterschap hierin ook een belangrijke rol heeft, om daar een afweging in te maken. We hebben contact met Ito en met sommige individuele agrariërs, maar wat we wel merken is dat er heel snel naar Vitens wordt gekeken als de veroorzaker van de droogte. Wij proberen wel om dat te nuanceren en het gesprek daarover te verbreden waarbij ook naar andere onttrekkers kan worden gekeken.

SP 1: Andere onttrekkers zullen ondieper grondwater onttrekken, maar dat water zou in principe wel jullie diepere voorraad kunnen aanvullen. Zou het daarom verstanding zijn om na zo'n droge periode meer water

te infiltreren?

SP 2: Ik vind het moeilijk om dat alleen aan Vitens te koppelen. Maar er zijn meerdere partijen die onttrekken dus wie is dan waar verantwoordelijk voor. Hierbij vind ik dus ook weer dat het waterschap daarin een coördinerende rol zou moeten aannemen, en het vasthouden van water stimuleren. Daar begint het natuurlijk ook mee, water vasthouden ipv de traditionele manier van zsm water afvoeren. Maar al zal meer focus moeten komen te liggen op het vasthouden van water, zeker met het oog op klimaatverandering. De maatregelen die we kunnen treffen zijn met name lange termijn maatregelen omdat er op korte termijn niet veel te behaalbaar is. Stel je wilt gaan anticiperen zal je ook je hele win systeem tegen het licht moeten houden; bijvoorbeeld op verschillende plekken op verschillende tijdstippen winnen. En dat is dus ook echt lange termijn, waarbij je samen naar oplossingen moet zoeken. Hoe kunnen we dus met de verschillende partijen komen tot een klimaatbestendig watersysteem, en wat kunnen die verschillende partijen daarin betekenen.

SP 1: Zijn er op korte termijn dan nog mogelijkheden? Zodat de grondwaterstanden kunnen herstellen en dat beken weer water gaan afvoeren

SP 2: Hierbij kijk ik weer naar het waterschap voor deze korte termijn oplossingen zodat het water niet te snel wordt afgevoerd. Daarnaast roepen wij op bij klanten om zuinig met het water om te gaan. Die communicatie is belangrijk en moet veel in gedaan worden. In 2018 bijvoorbeeld werd er landelijk in de media gezegd dat er in het westen niks aan de hand was en dat er gewoon water gebruikt kon worden als normaal, terwijl er in het oosten het tegenovergestelde werd geroepen. Dat is natuurlijk erg verwarrend, en daarom ligt daar als sector wel een opgave om het goede verhaal te communiceren naar de klant. Verder proberen we de verliezen in onze distributie te minimaliseren. Idealiter wil je een flexibel systeem waarbij je dus meer water kan winnen in gebieden waar landbouw en natuur geen schade kunnen leiden, en dan in die gebieden win je dan minder. Maar dat is met de huidige infrastructuur niet mogelijk. Daarnaast is de vergunningsruimte ook niet groot genoeg voor en hebben we de capaciteit niet om zoiets te bewerkstelligen. Dus dat wordt weer een lange termijn maatregel.

SP 1: Je merkt dus wel regionale verschillen gezien drinkwaterbedrijven in het westen iets anders ervaren en communiceren dan jullie in het oosten. Heb je nog ervaringen om te delen over de droogte van 2018 die we nog niet besproken hebben.

SP 2: Ik begon in die periode bij Vitens en merkte wel dat het een bijzondere situatie was. En het verbaasde mij dat het zoveel werk kostte om het water goed te kunnen verdelen in zo'n situatie. Verder is er nog een wereld te winnen op het gebied van samenwerking tussen de partijen. Er lagen weliswaar draaiboeken klaar maar 2018 heeft er wel toe geleid dat er een en ander aangepast dient te worden. En dat leidt er ook weer toe dat we moeten gaan nadenken over investeringen in onze infrastructuur om die piekvraag beter aan te kunnen.

SP 1: En als je dan kijkt naar 2019, heb je dan nog extra last gehad van de droogte in 2018?

SP 2: Dat hebben we in de winning zelf niet gemerkt. Dan zou de grondwaterstand nog meters moeten zakken voordat we dat gaan merken. Dus operationeel gezien, ook qua kwaliteit, valt het allemaal wel mee. Vanuit de bedrijfsvoering is het dus goed te overzien. Wat wel goed te merken is, is dat de discussie over grondwater als bron veel gevoerd wordt. Er wordt ook gevraagd om naar alternatieven te kijken als bron (oppervlakte water, oever water etc) en kijk goed naar water besparing. Verder hebben wij ook nog schaderegelingen. Als er dus schade is ontstaan door onze winning kan hebben wij daar een vergoeding voor. Ook op de Veluwe gebeurt dit. Met name de landbouw kan schade hebben.

SP 1: Ik besef ook dat het qua handelingsperspectief misschien lastig te vergelijken is met andere stakeholders omdat jullie je water winnen uit erg diep grondwater, en dat je pas over een lange tijd effecten gaat merken. Wordt hierop de strategie aangepast?

SP 2: Ja de klopt, en de Veluwe is ook nog eens een erg traag grondwatersysteem. We hebben een programma dat heet drinkwater voor nu en later, en dat gaat erover hoe het klimaatbestendig netwerk eruit zou zien. En dan doelen we niet op onze eigen systeem maar echt op het systeem van de Veluwe. Daarbij proberen we ook te bekijken hoe andere partijen daar een rol in kunnen hebben. Daarnaast hebben we een spoor dat gaat over waterbesparing, zowel binnen Vitens als campagnes voor de klant waarbij ook gekeken wordt naar innovatie. En dan hebben we ook aandacht over het uitbreiden van de reserves en dat we daarmee dan ook de vergunningsruimte kunnen vergroten. Over het algemeen zijn we het meest druk bezig met de kwantiteit, en niet zozeer de kwaliteit. Op dit moment zijn we ook bezig met een herijking van de lange termijn visie, waarin o.a. staat dat grondwater onze primaire bron is. Bij deze herijking kan ik me zomaar voorstellen dat andere bronnen ook een plek krijgen in die visie. Er ontstaat dus wel een gesprek omtrent die bronnenkeuze, wat in principe ook een maatschappelijke keuze is. In het asv (aanvullende strategische voorraden) proces van de provincie Gelderland, dat uitgaat van +30% watervraag, daarin doet de provincie onderzoek naar nieuwe grondwaterwinning om te bekijken wat nou logische plekken zouden zijn voor die grondwaterwinning (extra winning), wat is mogelijk op bestaande winning locaties en daarnaast kijken ze ook nog naar andere bronnen. Dit asv wordt dan ook weer in de MER opgenomen.

SP 1: Wat zijn jouw gedachten over droogte? Kan zowel persoonlijk als professioneel.

SP 2: Dan denk ik gelijk aan de maatschappelijke inpassingen van onze drinkwaterwinningen. Hoe zorgen we er nou voor dat met droogte, klimaatverandering, energietransitie etc er nog steeds zal zijn voor de winning van drinkwater dat van gezonde kwaliteit is. Dat zie ik wel als een uitdaging, en gaat dus verder dan alleen droogte.

SP 1: Als ik de verschillende typen van droogte bekijk dan lijkt het erop dat jullie met name socio-economische droogte ervaren, aangezien jullie watervoorraad nog lang niet op is en van zo'n droogte als 2018 merk je qua waterbeschikbaarheid niet veel. Klopt dit?

SP 2: Ja we merken vooral dat de watervraag gewoon hoger is dan normaal. Maar we merken het ook aan de discussie die is ontstaan over de grondwaterwinning.

SP 1: Dus hydrologische droogte speelt ook mee?

SP 2: Ja absoluut. Dat vind ik ook een belangrijke. Een voorbeeld is in de achterhoek waar over 1 specifieke put veel discussie gaande is of die put wel op de goede plek zit en of wij daar niet teveel onttrekken. De boeren zijn daar behoorlijk kwaad over, en daar willen wij onze ogen niet voor sluiten. De vraag die er is luidt: hoe kunnen al die verschillende partijen/functionies bij elkaar blijven bestaan in 1 gebied. Dus terugkomen op de vraag; we merken als eerste in de grafieken dat drinkwater gebruik toeneemt. Dat is dan in eerste instantie vooral te merken aan de warmte. En dan meer maatschappelijk gezien merk je wel dat je last hebt van droogte vanwege schadeclaims als gevolg van onze winning.

SP 1: Dus enerzijds merk je socio-economische droogte door toename van drinkwater gebruik en anderzijds met je meer hydrologische droogte als je het hebt over schade claims als gevolg van droogte in combinatie met jullie water winning. Een goede indicator voor die socio-economische droogte is dan de temperatuur (warmte), en qua hydrologische droogte zou je weer grondwaterstand als indicator kunnen gebruiken.

SP 2: Ja dat klopt wel. We hebben ook een uitgebreid meetnet om die grondwaterstand te monitoren.

SP 1: Voor wat betreft de maatregelen kan je die met name alleen maar treffen voor de lange termijn, gezien het op korte termijn zeer beperkt is wat je kan doen.

SP 2: Ja inderdaad, behalve dan het oproepen tot zuinig omgaan met het beschikbare water. Dus op het gebied van communicatie is er een en ander mogelijk. Wat je ook zou kunnen doen is de druk verlagen op de leidingen. Dat is niet zomaar gedaan, maar als je dat doet komt er natuurlijk minder water uit de kraan per minuut en dat merk je misschien niet eens . In 2018 hebben we op sommige plekken de druk wel moeten verlagen, omdat de piekvraag te groot dreigde te worden. Ook zo'n maatregel als drukverlaging zou wellicht op korte termijn te realiseren zijn. En dus niet de waterbeschikbaarheid is het probleem maar het net (onze infrastructuur) kan het dan gewoon niet meer aan als er een aanhoudende piekaanvraag, zoals in 2018, is. Het water is dus niet op.

SP 1: En in de toekomst zal je dan naar andere bronnen moet gaan kijken tbv drinkwaterwinning?

SP 2: Stel dat oppervlakte water meer een bron wordt in de toekomst dan krijgen we wel bepaalde problemen. Je krijgt dan veel directer te maken met gevolgen van droogte. En dan heb ik het nog niet eens over de eventuele kwaliteit problemen die dan kunnen gaan spelen, aangezien de concentratie van ongewenste stoffen veel hoger in dat water en zeker met aan lagere afvoer tijdens droogte.

SP 1: Wat verwacht je van de waterbeheerder? We het daar al over gehad en het waterschap zou dus een centrale rol moeten spelen om de lange termijn visie met z'n allen te creëren.

SP 2: Ja dat klopt. En ik denk dat Vitens daar net goed een rol in heeft om samen te werken en de provincie is ook een belangrijke partij. Ik denk dat we vooral een behoefte hebben aan een duidelijk visie op hoe we

het systeem met elkaar beheren.

SP 1: Zou je achteraf gezien sommige dingen anders hebben gedaan in 2018?

SP 2: We hebben in ieder geval wel geleerd van die droogte. Onze mensen van de centrale waterverdeling sturen aan hoeveel water er per locatie wordt geproduceerd en hoe het dan via het leidingnet komt waar het moet zijn. Op een aantal win locaties is de vergunningruimte erg krap en een aantal waar het iets ruimer is. Stel dat je vroegtijdig de winning met net wat meer ruimte harder in te zetten en de winning met minder ruimte wat minder, dan zouden vergunningoverschrijdingen kunnen worden voorkomen. Verder zijn er in de distributie nog wat optimalisaties mogelijk, met technische aanpassingen zoals keerkleppen etc. Die aanpassingen hebben we nav 2018 ook doorgevoerd. Het liefste hadden we ook gewoon nu al meer vergunningsruimte gehad, ipv nu de tijdsdruk te voelen om die ruimte uit te breiden. Zo'n proces kost minsten 10 jaar om een nieuwe winning te realiseren.

SP 1: Stel dat je die vergunningsruimte groter maakt, je mag dan meer gaan onttrekken. Jullie netwerk kan dat toch niet aan gezien de problemen die er waren in 2018?

SP 2: Nee inderdaad, er zullen dus ook investeringen in ons netwerk nodig zijn. Er is wat nieuwe infrastructuur noodzakelijk om dan extra water te transporteren. Dus die vergunningsruimte is echt alleen een oplossing om meer water te mogen onttrekken, maar dat is alleen nuttig als het netwerk wordt aangepast waardoor er meer druk op kan staan. Ik kan ook wel even kijken in de notitie die geschreven na 2018. We hebben heel technisch gekeken naar verbeterpunten; vergunningsruimte, knelpunten. Ik zal nog een paar dingen opnoemen: zowel in de keten als sector moet de samenwerking verbeteren (sector tussen drinkwaterbedrijven, keten is samen met andere partijen), communicatie verbeteren, de reserves op orde hebben waardoor je operationeel gezien de piekvraag beter aan kan en daarnaast ook minder vergunningoverschrijdingen krijgt, kritisch kijken naar knelpunten in distributienetwerk, verbetering van ons interne 'warmte plan', en bijvoorbeeld heel praktisch de klantenservice een goede verhaallijn heeft over droogte tijdens zo'n periode, kwetsbare klanten goed in kaart hebben en de communicatie naar hen verbeteren.

SP 1: Kan je binnen jullie klanten nog voorrang geven aan kwetsbare klanten? Qua waterdruk bijvoorbeeld

SP 2: Als het echt nodig is dan kan je een beetje sturen met kleppen bijvoorbeeld. Maar zover kan en mag het niet komen want we hebben een leverplicht. We kunnen het dus ook niet heel fijnmazig sturen.

SP 1: Gebruiken jullie bepaalde informatie om een voorspelling te kunnen omtrent droogte? En dus dat de watervraag zal gaan toenemen.

SP 2: Dat zijn toch wel voornamelijk de KNMI voorspelling voor het weer. En dan kijken we met name naar de temperatuur (warmte) en regenval. We merken namelijk wel duidelijk dat zodra het begint te regenen dat er dan veel minder gesproeid wordt in de tuinen. Dus een combinatie van regen en temperatuur (warmte) gebruiken we dan.

SP 1: Wat voor informatie zouden jullie nog graag de beschikking over willen hebben om nog eerder te communiceren of alvast een plan te maken met de wetenschap dat er droogte aankomt?

SP 2: Ja die vraag vind ik lastig, want ik houdt mij daar niet dagelijks mee bezig. Ik vraag me af of er heel veel meer informatie voor nodig is. We ervaren de gevolgen van hogere temperaturen en minder neerslag omdat klanten dan meer water gaan gebruiken. Daar kunnen we dan over communiceren maar dat heeft vaak pas zin als het zover is, want pas dan zijn mensen er ontvankelijk voor. Het is er voorons met name om te doen wat de water vraag op een bepaald moment is. En de korte termijn mogelijkheden die je hebt om daarin bij te sturen zijn eigenlijk heel erg beperkt. Dat is dan op jaar niveau. Klimaatverandering daarentegen wat gedurende de komende jaren gaat optreden en de lokale of regionale effecten die je daar van hebt, die zijn weer wel van belang voor onze investeringen.

SP 1: Het maakt dus niet uit of je nou een goede weersvoorspelling van 10 dagen hebt of voor een heel seizoen?

SP 2: Nee voor mijn gevoel niet. Ik merk zelf dat wij toch achteraf juist bezig zijn met 'hoe droog was het nou?', 'wat zijn de effecten daar van?'. En dat is dan weer relevant voor onze investeringen. Maar een voorspelling 2 maanden van tevoren, lijkt voor mij niet meteen veel voordeel op te leveren.

SP 1: Hoe gebruik je de droogte indicator die gehanteerd wordt?

SP 2: We kijken naar neerslagtekort (temperatuur en neerslag) en naar de grondwaterstand. Verder zou het wel een verbetering zijn als we meer kennis opdoen op het gebied van grondwaterbeheer. Dus ook hoe het grondwater systeem nou daadwerkelijk werkt op de Veluwe. Onze hydrologen die zich bezig houden met de droogteschaderegelingen focussen ook op de wortelzone om te bekijken of schade nou is ontstaan door onze onttrekking of dat het gewoon komt door de droogte zelf.

SP 1: Oke, dankjewel. Ik denk dat ik zo wel voldoende informatie heb en voldoende antwoord heb op de vragen die ik had.

Transcript - Interview Natuurbeheerder

28-01-2020 - NatuurMonumenten

SP 1 = Onderzoeker

SP 2 = Stakeholder

SP 1: Interview met de natuurbeheerder. We hebben het net al even gehad over mijn onderzoek en wat gesproken over het onderwerp, dus we kunnen gelijk beginnen. Zou je mij wat meer kunnen vertellen over je werkzaamheden bij Natuur Monumenten?

SP 2: Binnen Natuur Monumenten hebben we 2 hydrologen, waarvan ik er 1 ben. Mijn werkgebied is de hoge zandgrond, dus van Noord Overijssel tot Zuid West Brabant en tot zuid Limburg. We doen landelijk onderzoek en stellen plannen op. Daarnaast proberen we de natuur altijd goed op de kaart te zetten bij andere landelijke projecten/onderzoeken (bijv. bij de beleidstafel droogte). Voor de plannen heb ik dan een adviserende rol omtrent water gerelateerde projecten, denk aan natte natuurparels en grondwatermodellering. Het hydrologisch meetnet is ook iets waar ik samen met mijn collega beheer, dit meetnet richt zich op grondwaterstanden. Soms als er geld voor wordt vrijgemaakt bij sommige projecten worden die metingen nog weleens uitgebreid met bijv. grondwaterkwaliteit.

SP 1: Hoe belangrijk voldoende waterbeschikbaarheid, dat ook van voldoende kwaliteit is, voor de natuurgebieden die je in beheer hebt binnen het werkgebied van het waterschap Vallei en Veluwe?

SP 2: Ja dat is heel belangrijk natuurlijk. We lopen tegen een structurele verdroging aan in Nederland. Sinds de jaren 50 zijn de grondwaterstanden met decimeters gedaald. En daarmee is ook de kwelaanvoer afgebogen naar landbouwgebieden. Dus die droogteproblematiek ondervinden wij ook in onze natuurgebieden, en dat is gewoon heel vervelend voor die natuurgebieden. Met name de grondwaterafhankelijke natuurgebieden (natte schraallanden, broekbossen) hebben juist dat grondwater nodig en dus een hoog maaiveld die in de zomer niet te ver uitzakt. Voldoende water is dus essentieel voor die gebieden, als je dus structurele verdroging hebt dan degraderen broekbossen en krijg je een heel andere vegetatie samenstelling.

SP 1: Als je dus door die verdroging een andere vegetatie samenstelling krijgt, druist dat dan in tegen wetgeving of regels omtrent natuuroeleinden?

SP 2: Ja je krijgt dan heel andere vegetatie en verlies je soorten die bijvoorbeeld bij hoge grondwaterstanden en bij weinig invloed van de landbouw (bemesting) goed gedijen die worden verdrongen. Denk ook bijvoorbeeld aan de brandnetels die je dan tegenkomt in broekbossen. Daarnaast droogt ook de bovengrond op waardoor je omzetting krijgt van allerlei organisch stoffen en eutrofiëring optreedt wat weer leidt tot verzuuring. De plekken waar we nog wel die zeldzame soorten tegenkomen zijn heel klein, dus die plekken proberen we robuuster te maken. We krijgen dus echt een andere soortensamenstelling, en niet alleen qua flora maar ook fauna.

SP 1: Hoe denk jij over de invloed van mens op het hydrologisch systeem en hoe dat invloed heeft op de natuur?

SP 2: Ja die invloed is erg groot, en daardoor krijg je een ander evenwicht. We hebben met z'n allen afgesproken in Natura 2000 en KRW dat die water afhankelijke natuur heel belangrijk is en die willen we beschermen. De biodiversiteit neemt gewoon af en om die afname te stoppen moet er wel echt iets gebeuren. Het is ook erg belangrijk om de droogte of verdroging structureel aan te pakken. Denk aan ontwaterende sloten die rondom een bosperceel liggen, of sloten die zijn aangelegd en inmiddels veel dieper zijn geworden dus afwateren. Door dat soort dingen aan te pakken wordt het systeem een stuk robuuster en kan de natuur zo'n droogte veel beter aan.

SP 1: Zou het structureel aanpakken van die slootjes e.d. ook daadwerkelijk helpen tijdens zo'n droogte van 2018?

SP 2: We kunnen het nog niet keihard maken, maar het lijkt erop dat de gebieden waar al structurele maatregelen waren genomen dat die veel langer nat zijn gebleven. Daar is dan ook de wegzijging zoveel mogelijk beperkt. Dus we zien wel duidelijke verschillen als we kijken naar robuuste eenheden ten opzicht van gebieden die nog niet zijn aangepakt.

SP 1: Hoe stellen jullie een waterbeheerplan op ten behoeve van natuurdoeleinden?

SP 2: Ja maar een waterbeheerplan ligt in handen van de overheid. Wij maken per gebied een natuurvisie met daarin de natuurdoelen, die zijn beredeneerd vanuit oude bodemkaarten, historische kaarten en ook de bestaande soorten. In die natuurvisie is water altijd een erg belangrijk onderdeel, om ervoor te zorgen dat die waterhuishouding op orde is. Vanuit de overheid is er ook aandacht voor die verdroogde natuur en daardoor hebben provincie en waterschap het al opgenomen in het waterbeheerplan (natte natuurparels, top verdroging). Dus gelukkig ziet de overheid ook de verdroging van sommige gebieden en wordt er door hun ook aan gewerkt. Er is ook een afspraak gemaakt dat in 2021 40% van die gebieden moet zijn hersteld. Doordat er afspraken zijn gemaakt ga je wel samen met waterschap en overheid een project start waarmee je de waterhuishouding probeert te verbeteren. Zo hebben we binnen Vallei en Veluwe een aantal grote natte natuurgebieden. We hebben ook bijvoorbeeld een beekherstel project gedaan waardoor de piekafvoer is afgenomen een daardoor mogen we ook weer andere sloten dempen omdat we meer berging hebben gecreëerd. En door zo'n herstel project is er in de zomer een langere afvoer en dat is voor de macrofauna weer erg goed. Binnen Vallei en Veluwe hebben we een aantal erg grote projecten.

SP 1: Hoe zit het met de vervanging van de huidige natuur? Stel dat je het naaldbomenbos transformeert naar loofbos?

SP 2: Ja dat kan en dat hebben we ook al veel gedaan. Natuur Monumenten heb eigenlijk nauwelijks nog dicht naaldbos, dat hebben we allemaal al aangepast en verder hebben we al veel heide hersteld. Om de biodiversiteit te verhogen voeren we ook nog kleinere projecten uit zoals het aan elkaar knopen van stukjes

heide. Maar omzetten van naaldbos in loofbos willen we zeker, en hebben we al voor een groot gedeelte gedaan. En het scheelt inderdaad in de verdamping. Een naaldbos vangt veel meer water op het hele jaar door, en verdampt daardoor ook weer meer, en door de interceptie heb je veel minder infiltratie dus minder grondwateraanvulling.

SP 1: Er blijken bepaalde oerbossen te zijn op de Veluwe die in 2018 nog tot in augustus bleven transpireren. Zou zo'n loofbos dan beter in staat zijn om water vast te houden?

SP 2: Hoe die mechanismen precies werken weet ik niet. Ik weet wel dat er in loofbossen veel meer grondwateraanvulling is.

SP 1: Welke componenten (neerslag, grondwater etc.) zijn van belang voor Natuur Monument?

SP 2: Neerslag is de motor van het hydrologisch systeem. Het oppervlakte water vinden we ook wel belangrijk maar we zien dat het waterschap daar altijd wel druk mee is. Wat ons betreft is er meer focus op de grondwater afhankelijk natuur en daarmee heb ik het natuurlijk ook over bodemvocht. In hydrologisch Nederland hebben we jarenlang gefocust op het meten van grondwaterstanden, en bodemvocht is veel lastiger om te meten. Maar uiteindelijk is het wel te doen om dat bodemvocht. Die grondwater afhankelijke natuur heeft wel onze focus. Met het grondwaterpeil dat wij wensen te hebben aan de hand van de waterwijzer natuur kunnen we ook het bodemvocht beïnvloeden. Oppervlakte water is natuurlijk ook erg belangrijk, met name de interactie met de natuur om het water heen. Voor sommige gebieden wil je juist geen interactie vanwege de water kwaliteit die daar dan niet goed genoeg is. Maar voor andere gebieden zeggen we doe maar wel want dat dient dan ook weer als een bergende functie. Wat nog een belangrijke interactie om te benoemen is: dat als die beken buiten hun oevers treden dan is dat vaak van slechte kwaliteit dat over de broekbossen en schrale gronden stroomt, maar door de beek op te hogen wordt die piekafvoer minder en blijven de oeverranden zeiknat. Dat mag dan dus wel overstromen, maar als het veel te droog is kan het water wel weer indringen op plekken waar je dat niet wilt. Dus oppervlakte is wel weer erg belangrijk als je kijkt naar de maatregelen die genomen kunnen worden. Daarom vragen wij aan de waterschappen om die beken dus op te hogen. We focussen dus op grondwater, en daarmee bodemvocht, en het oppervlakte water is van belang voor de maatregelen. Dus daarvoor is het waterschap heel belangrijk.

SP 1: Hoe maak je de afweging: liever droog laten staan dan water van slechte kwaliteit in het gebied?

SP 2: Dat is echt maatwerk en heel gebiedsafhankelijk. Als de natuurdoelen iets minder hoog zijn of niet zo kwetsbaar dan kan het wel, maar die zeldzame natuur kan beter geen gebiedsvreemd water erin laten afhankelijk van het situatie. Soms kan het dus wel geaccepteerd worden. Een voorbeeld is blauwgrasland, als je daar de overstroming buiten de deur houdt dan verzuren ze. Die soort heeft dus juist weer wel overstroming nodig. Maar de water kwaliteit blijft van groot belang.

SP 1: Wat zijn de ervaringen qua droogte?

SP 2: Ja waar zal ik beginnen... We hebben ook een enquête, waarin de ervaringen van boswachters, ecologen etc. in zijn opgenomen. Die kan ik je wel opsturen.

SP 1: Wat betekent droogte voor jou?

SP 2: Droogte is iets wat ook normaal is, een natuurlijk verschijnsel. Maar tevens gaan we, denk ik, meer droogte meemaken door klimaatverandering maar ook doordat de gebieden niet waterrobuust genoeg zijn waardoor je meer last krijgt van droogte. Het is dus een natuurlijk iets maar gaat meer voorkomen en zal meer impact hebben dan je zou verwachten. Voor mij als hydroloog heeft de droogteproblematiek veel aandacht gekregen. Het is weliswaar niet goed geweest voor de natuur maar het heeft wel gezorgd voor de nodige aandacht en draagvlak. En dat is wel te merken, iedereen is druk bezig met het voorkomen van verdere droogte en het nemen van maatregelen. Een valkuil is ook om te denken dat we in de winter het water beter moeten afvoeren, en dan wordt het alleen nog maar erger. Het waterbeheer zal dus ook anders moeten, zodat je aan de ene kant wateroverlast tegengaat maar aan de andere kant droogte kan bestrijden. Maar dat zal op sommige punten 'pijn' gaan doen. De ruimtelijke ordening zal ook anders moeten worden. En gezien de ontwikkelingen lijkt het er wel op dat er collectief naar de droogte worden gekeken.

SP 1: Wat voor maatregelen treft u als droogte wordt verwacht, om eventuele schade te voorkomen? En wat verwacht u van de waterbeheerder?

SP 2: We treffen niet veel maatregelen, ook omdat onze gebieden dusdanig zijn ingericht dat de hoeveelheid maatregelen die je kan treffen beperkt is. In 2018 zijn we er met z'n allen denk ik te laat achter gekomen dat het zo droog was en dus dat er al geen water meer was. Toen kon er niet veel meer gedaan worden. In onze gebieden hebben we overigens sowieso weinig tot geen afvoer, omdat daar zeker in de zomer geen water meer is. Er is eigenlijk geen afwateringsstelsel meer in onze gebieden, en in de winter heb je weliswaar een hoge grondwaterstand maar stroomt op een gegeven moment ook weg. Dus in de zomer zakken die grondwaterstanden uit en dan kan je dus ook geen extra water meer vasthouden of nog iets kan sturen.

SP 1: Wat was in 2018 het omslagpunt, dat je dacht dat het wel erg droog was?

SP 2: Het was een erg vochtig voorjaar, en daarna was het een paar maanden droog. En als het zolang droog blijft dan valt er van alles droog. Zodra dat het geval is dan kan je niet veel meer. En ook de winter van 2018-2019 was erg droog dus toen wisten we al dat we problemen zouden gaan krijgen. Toen hebben we ook het waterschap gevraagd of er maatregelen mogelijk waren. Het was ook nog zo dat de omgeving rondom de natuur nog wel water afvoerden.

SP 1: Omdat het voorjaar van 2018 zo nat was stond de natuur in volle bloei en blad, en daardoor was de transpiratie maximaal. Hebben jullie dat ook waargenomen? Dat je eigenlijk kan zeggen dat de natuur de situatie nog versterkt heeft.

SP 2: Ik weet niet of het dan zozeer versterkt want in principe gebeurt dat elk jaar, een neerslag tekort in de

zomer. In 2018 nog meer vanwege gebrek aan neerslag. Het zou best weleens kunnen dat de vegetatie in 2018 door dat natte voorjaar vitaler was dan normaal, en dus dat die transpiratie veel langer potentieel was. Maar ik heb daar verder nooit echt op die manier over nagedacht.

SP 1: Voor veel mensen zal droogte niet als iets vervelends worden ervaren maar voor stakeholders betekent het natuurlijk iets anders

SP 2: Ja inderdaad, vooral de droogval van sloten, vennen en poelen werd wel heel dramatisch gevonden. En een heel belangrijke is de uitdroging van de veengebieden, want dat was echt rampzalig. Of sommige vennen in Brabant die helemaal waren opgedroogd terwijl die nog nooit waren drooggevallen.

SP 1: Hoe ben je omgegaan met de droogte van 2018?

SP 2: Je kan weinig maatregelen treffen, alleen samen met het waterschap druk houden op omgeving rondom natuurgebied om kwel te stimuleren. En dan kan je nog werken aan de zone van beregening, binnen die zone mag er dan niet beregend worden/onttrokken worden. Ik weet dat er in Brabant ook gebruik wordt gemaakt van een meetnet waarin de grondwaterstanden worden gemeten, als die standen een x-percentag onder een bepaalde waarde zitten dan mag er in het voorjaar niet worden onttrokken. Dat is een leuk idee alleen het meet moment is op 1 april, en dan is het nutteloos om dan te meten en te beslissen. Maar een uitbreiding van die zone als buffer zou eigenlijk groter moeten worden gemaakt.

SP 1: Ja en ik wil ook met anticiperend droogte beheer er naartoe werken dat je ieder seizoen een meetpunt hebt, en daar naar kan handelen. Maar dan de volgende vraag: Zijn er achteraf gezien dingen die je liever anders had gedaan in 2018?

SP 2: Ja we hadden wel beter kunnen monitoren, maar het is de vraag of je een heel monitoring systeem kan gaan opzetten voor droogte. Daarom proberen we met het onderzoek naar droogte op de hoge zandgronden te kijken of we bestaande monitoring kunnen gebruiken voor droogte. Dus die monitoring zou wel wat beter kunnen. Zodat wij de data tot onze beschikking hebben, maar ook beschikbaar voor anderen.

SP 1: Zou je dan in 2018 de droogte eerder hebben zien aankomen?

SP 2: Dat weet ik niet. Zelfs nu weten we nog niet wat de impact is geweest van 2018. Het is dus heel complex, maar ik denk wel dat het droogvallen van de beken en grondwater monitoren zou kunnen helpen om met elkaar beter te ontsluiten. En we moeten beter kunnen aangeven wat er is gebeurd in de natuur en dat het wel dramatisch is. Vanuit Natuur Monumenten hebben we wel veel gedeeld met de pers, maar dat kan altijd beter.

SP 1: Heb je in 2019 anders gehandeld nav de ervaringen in 2018?

SP 2: We hebben vooral meer aandacht gevraagd van de waterschappen. Om te proberen het water zo lang mogelijk vast te houden. Maar het was zo droog dat ik denk dat sommige waterlopen in de winter helemaal

niet zijn gaan stromen. En verder hadden we van 2018 wel geleerd waar je informatie kan vinden. We hebben toen vooral gekeken naar grondwaterstanden en het neerslag tekort, om te kijken hoe op elkaar doorwerkt. Met de data en de gebeurtenissen willen we ook bekijken of we een project kunnen starten zodat we de problematiek een volgende keer voor zijn. En maatregelen in de natuur is gewoon lange termijn werk.

SP 1: Op welke informatie baseer je of het droog is en hoe droog het is?

SP 2: Dat zijn toch vooral de gegevens over het neerslagtekort, grondwaterstanden en ik denk dat de afvoergegevens van het waterschap nog wel erg interessant kunnen zijn. De watervoerendheid is ook erg nuttig en dat zou je eigenlijk in de tijd moeten zien, om te kijken hoe het veranderd. Ik denk ook dat het erg interessant wordt om naar deel stroomgebieden te kijken, om te kijken hoe dat elkaar ondersteunt. En of je hetgeen wat je in het grondwater ziet of je dat ook in de beekafvoer terugziet en hoe dat dan weer doorwerkt qua vertraging. Daar zijn ze nu al wel druk mee bezig want dat ga je denk ik uiteindelijk nodig hebben om de goede informatie te kunnen ontsluiten. En dat je informatie op den duur krijgt dat je iets aan ziet komen

SP 1: Je kijkt dus vooral naar de bestaande informatie die voor jullie beschikbaar is?

SP 2: Ja inderdaad, maar dan zou het beter ontsloten moeten worden. Dat is nu namelijk nog wel een probleem. Ik vind ook dat er te weinig informatie is over bijvoorbeeld afvoer data van beken.

SP 1: De afvoer van de beken zou dus beter gemeten moeten worden?

SP 2: Ja ik denk dat dat wel belangrijk is. Niet alleen om te zien wat er gebeurt maar ook om evt maatregelen te kunnen nemen. We hebben het ook nog niet gehad over welke gebieden je voorrang moet geven in de verdringingsreeks met de water aanvoer. En daarvoor heb je een goed beeld nodig van de hoeveelheid water je eigenlijk hebt en hoe je die moet verdelen.

SP 1: Hoe kijken jullie naar de verdringingsreeks?

SP 2: Dat het op de zandgronden voor maar een beperkt aantal gebiedjes van toepassing is, waar je iets kan doen qua maatregelen. In het westen is het heel belangrijk. Daarnaast staat natuur in categorie 1, maar dat is dan vooral gerelateerd aan a-biotische natuur waar niet onomkeerbare schade kan optreden (zoals veen). In de gebieden waar dat mogelijk is hebben we wel water laten aanvoeren naar de veengebieden, maar binnen Vallei en Veluwe is dat dus niet van toepassing. Maar in zo'n geval, buiten de veengebieden dan, kies je liever geen water dan water van slechte kwaliteit. En over het Apeldoorns kanaal gesproken, dat wordt voor verschillende dingen gebruikt. Bijvoorbeeld ook voor infiltratie van water in de Veluwe, en dat je dat dan weer kan terugwinnen (door Vitens). Het is dus heel belangrijk om het gehele systeem goed in de vingers te hebben, zodat je weet hoeveel water er nou daadwerkelijk is. Ook in extreem droge periodes, en kan je in zo'n situatie ook nog voldoen aan de drinkwatervoorziening? Als je kijkt naar Vitens dan zijn ze

ruim over de vergunning heengegaan.

SP 1: Ja dat klopt. Er blijkt weliswaar voldoende water te zijn, maar dat het netwerk moeilijk met de piekvraag om kan gaan. En bij sommige winningen dient er ook een bepaalde hoeveelheid te worden geïnfiltreerd, als er wordt onttrokken.

SP 2: Ja dat klopt, maar die plekken waar geïnfiltreerd moet worden zijn er niet zoveel. En de drinkwater winning is wel enorm, en allemaal grondwater. Maar infiltreren waar onttrokken wordt juichen wij heel erg toe.

SP 1: Welke informatie zou je graag tot je beschikking willen hebben?

SP 2: Data over de afvoer, zoals we al besproken hebben. En het waterschap is ook druk bezig met stuwbeheer voor het landbouwgebied. Daar zitten bepaalde normen aan zoals; 1 keer per jaar mag een waterloop tot aan de rand vol zitten en dan moet zo'n loop normaal gesproken zoveel drooglegging hebben. Ten behoeve van water vasthouden denk ik dat het goed zou zijn als dat wat meer op scherpst van de snede zou worden gedaan. Dus als je waterbeheer meer op het scherpst van de snede gaat uitvoeren dan zou er ook meer samengewerkt moeten worden. Bijvoorbeeld dat het waterschap samen met de boer goed naar het grondwater gaan kijken. En daarmee wordt er dan niet meer alleen naar het slootpeil gekeken.

SP 1: Speelt voor natuurbeheer timing van droogte informatie nog een rol?

SP 2: Ik denk dat dat niet veel uitmaakt voor natuurbeheer. Voor de gebieden die we als klimaatbuffer hebben ingericht zou dat wel belangrijk kunnen zijn. Omdat je dan weet hoelang je droogte zou moeten overbruggen. Verder gaat de natuur gewoon zijn gangetje waarbij natte en droge periodes elkaar afwisselen.

SP 1: Hoe gebruik je de huidige indicator?

SP 2: De grondwaterstand bijvoorbeeld die is hoger in of na de winter en wordt daarna weer lager gedurende of na de zomer. Op 1 april kijk je dan nog of er extra maatregelen nodig om te voorkomen dat die grondwaterstand niet te ver uitzakt. Dus dat is dan wel een belangrijke indicator. Dat zou je eigenlijk op meerdere momenten in het jaar willen doen. En stel dat de landbouw en drinkwaterbedrijven maar blijven onttrekken gedurende de zomer, dan duurt het langer voordat het grondwaterpeil weer hersteld is. In het droogteportaal zit ook van alles, ook met beelden van de NDVI. Remote sensing zou wel heel interessant kunnen zijn. Je kan dan zien hoe vitaal de vegetatie nog is. Maar wat zegt dat verder? Als vegetatie een jaar wat minder vitaal is dan hoeft dat nog geen ramp te zijn. We zijn ook niet echt opzoek naar allerlei indicatoren zodat we dingen anders kunnen gaan doen. Ons principe is namelijk dat alles wat we al hebben kunnen doen (soms zullen we iets over het hoofd kunnen zien) hebben gedaan, en dat is water vasthouden in de gebieden.

SP 1: Dus de maatregelen zijn allemaal lange termijn en bepaalt zo'n gebeurtenis die lange termijn

natuurvisie?

SP 2: Ja inderdaad

SP 1: Waarom vind jij dat natuur een belangrijke stakeholder is om mee te nemen in dit onderzoek?

SP 2: Dat is dan toch het verhaal over de biodiversiteit, en datgene wat we nog hebben dat we daar zuinig op moeten zijn. Er zijn toch heel bijzondere natuurwaarden. Wat je ook mag meerekenen is dat we met z'n allen heel veel geld in de natuur stoppen, en als je dan in 1 klap alles wat hersteld is weer teniet doet (bijvoorbeeld met sommige veengebieden) dat moet je niet willen. En dat komt natuurlijk weer voort uit (Europese) wetgeving. Daarnaast krijgen wij veel geld voor natuurbeheer, en beheer wordt alleen maar goedkoper als je het gebied op orde hebt. Maar het blijft heel lastig om natuur(schade) uit te drukken in geld. Je zou nog naar ecosysteem diensten van de natuur kunnen kijken, zoals waterzuivering. Maar ook kan je met de natuur water beter vasthouden en daardoor ook beter langzaam afgeven. Daar heb je economisch gezien dan weer belang bij, landbouw heeft dan ook weer profijt van doordat ze langer uit oppervlakte water kunnen blijven irrigeren. Naar dat soort dingen zou je kunnen kijken.

SP 1: Ik denk dat ik zo wel voldoende weet, heb je nog opmerkingen of andere dingen die relevant zijn?

SP 2: Nee ik denk dat we wel alles besproken hebben. Je zou nog eens kunnen kijken naar de "bovi" van het waterschap. Misschien dat daar nog wat interessante informatie staat.

03-02-2020 - LTO Noord

SP 1 = Onderzoeker

SP 2 = Stakeholder

SP 1: Oke, het interview met de landbouw sector. Kan je iets meer vertellen over de LTO?

SP 2: Je bent hier bij LTO Noord, daarnaast heb je ook nog LTO Nederland die in Den Haag en Brussel zit. Dat is de koepel en die zorgt voor landelijke en Europese lobby. LTO Noord richt zich op alles boven de rivieren, en zijn verder ook opgedeeld in regio's want landbouw is wel iets regionaals. Ik werk in regio Oost (Gelderland en Overijssel), waarin ik mij o.a. bezig houd met het dossier water. Een aantal jaar geleden was dat nog helemaal geen dossier. Daarvoor was ik vooral bezig met omgevingsbeleid. We hebben ook nog verschillende afdelingen, bijvoorbeeld binnen gemeenten of waterschappen, en hebben dus een heel fijnmazig systeem. Die afdelingen ondersteun ik ook in mijn werk. En qua dossier water, vroeger had de landbouw een sterke positie binnen het waterschap middels de geborgde zetels en politieke zetels. Nu is die positie iets minder sterk, en dus moeten we op een andere manier contact onderhouden zodat praktische dingen goed opgelost worden. Daar houd ik me dan ook mee bezig. Ik heb dus veel contact met waterschappen en ook met Vitens. Met Vitens heb ik op 2 manieren contact: 1. Vitens veroorzaakt droogteschade, 2. Vitens wilt ook dat we een goede boer zijn op het landoppervlak. RWS komen we af en toe ook tegen, bijvoorbeeld met de Twente kanalen of soms ook met schade (baggerwerkzaamheden, bruggen). Dat is dus een beetje het werkveld, en vergeet ook niet de provincie mee te nemen.

SP 1: Wat definieert een regio binnen LTO Noord?

SP 2: Is gewoon geografisch: Oost (Gelderland en Overijssel), Noord (Drenthe, Friesland en Groningen) en West (Utrecht, Zuid Holland, Noord Holland en Flevoland).

SP 1: Hoe belangrijk is voldoende water beschikbaarheid, dat ook van voldoende kwaliteit is, voor de landbouw?

SP 2: Tot niet zo lang geleden hebben we alleen eigenlijk discussie gehad (ook met de waterschappen) over droge voeten houden. Dat is wel voortdurend het credo geweest, en dan zijn er af en toe een paar rampjes met name in de zomer met cluster buien na een periode van droogte. De impact daarvan is uiteindelijk dat de landbouw wilt dat het water goed afgevoerd wordt. Dus dat het water systeem goed ingericht is en dat de waterschappen verantwoordelijkheid dragen. Maar door de afgelopen 2 jaar is het besef gekomen dat droogte een serieus probleem is. Via de media krijg je wel beelden te zien van vergeeld gras of slechte maïs, maar binnen de landbouw gaat men merken dat er voer tekort is. Het eerste droogte jaar zie je een schrik reactie, en de landbouw denkt dan we hebben 40 jaar geleden ook droogte gehad en ach dat gaat wel weer over. Maar dan het tweede droogte jaar, dan zie je dat men het serieuzer gaan nemen. Ze gaan

meer investeren in beregeningsinstallaties, dat ze gaan nadenken over hun eigen handelingsperspectief, en daarnaast is er meer ingezet op de bodem. Die bodem is voor de landbouw water vast houden, en je ziet dat er ruimte is voor kleine initiatieven om water vast te houden gedurende het natte seizoen. En die discussie stond eerst niet op de agenda.

SP 1: Oke. Dus het evenwicht is te verschuiven; van focus op droge voeten houden en water snel afvoeren naar het waarborgen van voldoende water beschikbaarheid?

SP 2: Ja inderdaad, en daarmee beseft men zich dat de omstandigheden anders zijn dan normaal. Dus bijvoorbeeld dat zomer droger zijn dan normaal. En er ontstaat dus wel duidelijk een tendens.

SP 1: In hoeverre is de water kwaliteit een probleem?

SP 2: Ik hoor daar weinig over. Het speelt niet echt een rol binnen de landbouw.

SP 1: Van welke component ben je het meest afhankelijk? (neerslag, oppervlakte water, bodemvocht en grondwater)

SP 2: Wat je ziet is dat er flink wat jaren geleden in (een gedeelte van)Rijn Oost verband een onttrekkingregeling is opgesteld. Doordat waterschappen gingen fuseren was er duidelijkheid nog over het beleid omtrent water onttrekken. Qua component heb je daarin oppervlakte water dat onttrokken mag worden zolang er een bepaalde hoeveelheid water over een stuw stroomt. Dat is duidelijk en begrijpbaar. Zodra er geen oppervlakte water meer mag worden onttrokken, ben je afhankelijk van grondwater maar dat is niet overal beschikbaar (ook niet bij Vallei en Veluwe). Grondwater onttrekking gaat ook een hele tijd goed, maar op een gegeven moment komt dat in geding met natuur. Op dat moment laait de discussie op, met de vraag hoe groot de zone moet zijn tussen onttrekking en natuur (de een zegt 200m, de ander 500m etc.). De boeren die bij die discussie betrokken zijn, zijn boeren met kapitaal intensieve gewassen (gewassen die anders zijn dan maïs en gras). De boer heeft vooral baat bij een duidelijk communicatie vanuit waterschap, wanneer bijvoorbeeld de 'kraan dicht wordt gedraaid', zodat zij kunnen anticiperen. En communiceer ook duidelijk over water aanvoer, zoals Vallei en Veluwe bijvoorbeeld deed met pompen, maar ook daar zit een eind aan. Men verwacht dus wel een inspanningsverplichting. De agrariër kan relatief weinig doen. Daarom vind ik het wel belangrijk dat men bewust wordt van water vasthouden in natte periodes. Om dat te realiseren moet er ook beter contact ontstaan tussen waterschap en boer. En wat betreft maatregelen, is het nog wel interessant om te benoemen, dat LTO een deltaprogramma agrarisch waterbeheer (DAW). Dat programma was opgezet vanuit water kwantiteit, maar nu is er water kwaliteit bijgekomen en zijn de beheerders ook meer geïnteresseerd.

SP 1: Dus het contact tussen de boer en waterschap zou verbeterd moeten worden?

SP 2: Ja, het waterschap is ook bezig met (volgens mij) Deltares en nog anderen in consortium om te bedenken wat voor systeem er gecreëerd kan worden voor de boer om in te spelen op waterbeheer en ruimte gebruik. Daarbij is het van belang hoe het waterschap de boer kan helpen met alle beschikbare

data die zij hebben en vice versa. Voor de landbouw is het ook zo, dat je ergens een voorbeeld (pilot)bij moet hebben. Een agrariër gaat namelijk ergens kijken waar hij iets ziet of een ervaring heeft die positief bevallen is; "hoort zegt t voort".

SP 1: Hoe werken jullie samen met de natuur(beheerder)?

SP 2: Ja daar praten wij ook mee. Dat soort overleggen/discussies worden meestal begeleid door de provincie omdat zij daar een grote rol in hebben. Het gaat dan vaak over die vrije zone waarbinnen geen water mag worden onttrokken. En voor de langere termijn maatregelen is samenwerking wel noodzakelijk en als dat goed wordt gedaan dan heb je een beter resultaat.

SP 1: Hoeveel water wordt er jaarlijks onttrokken tbv beregening?

SP 2: Je zou eens contact moeten opnemen met iemand van provincie Gelderland, die weet dit beter. Ik zou het namelijk niet weten. In Duitsland hebben ze hun data veel beter op orde, niet alleen qua archiveren en ontsluiten van data maar ook in de praktijk. Als je in Duitsland een perceel koopt dan zit daar een licentie bij waarin staat hoeveel water er onttrokken mag worden, dat biedt dus veel duidelijkheid. Maar over de beregening; ik was vorige week nog bij het waterschap waar de vraag ter discussie kwam of we meer gaan beregenen. Daar wisselen de beelden nog wel wat over. Als ik kijk naar de landbouw dan denk ik zelf dat als je kijkt naar de kapitaal intensieve gewassen dan zullen de agrariërs, als we rekening houden met meer droogte/klimaatverandering, meer gaan kiezen voor beregeningssystemen. Maar ook dat houdt een keer ergens op in de bedrijfsvoering. Je kan namelijk weliswaar andere technieken gaan toepassen, maar ook dat is kostbaar en dan wordt het een kosten baten verhaal, dus tot waar levert het nog voldoende op. Daar komt dan nog bij, als je naar de melkveehouderij kijkt, dat de ideeën over meer de opbrengst van meer beregenen nog erg wisselen. Cijfers daarover zijn nog niet eenduidig, en als je eenmaal gaat beregenen dan moet je daar mee doorgaan. Als het gewas namelijk is gewend aan beregening en je wilt er profijt van hebben dan zal je consequent moeten beregenen. Dat wordt dan letterlijk een 'way-of-life', als je kijkt naar een akkerbouwer tijdens de droogte dan is die de hele tijd bezig met die installatie te verzetten. En op een gegeven moment is de rek eruit.

SP 1: Hebben de boeren binnen Vallei en Veluwe het advies opgevolgd om enkel 's nachts te beregenen om zo water te besparen?

SP 2: Niet bij mijn weten. Ik weet dat ergens in het noorden dat wel gebeurde, maar binnen Vallei en Veluwe zou ik het niet weten.

SP 1: Heeft u ervaringen met droogte en wat zijn die ervaringen?

SP 2: Ja dat betekent wel wat voor LTO Noord. Het waterschap is het bevoegd gezag, en als het voor hen crisis is en ze gaan opschalen dan is het voor de landbouw belangrijk dat de kraan niet de volgende dag dicht gaat. Met andere woorden, het waterschap moet tijdig en goed met ons communiceren over hetgeen wat

zij zien gebeuren en verwachten. Als LTO kunnen we dan faciliteren dat boeren gezamenlijk te werk kunnen gaan met bijvoorbeeld water onttrekken. Communicatie is dus erg belangrijk vanuit het waterschap.

SP 1: Vanaf welk moment in 2018 werd het voor de landbouw duidelijk dat het droog was, en dat de situatie dus ook anders was dan normaal?

SP 2: In de zomervakantie, toen de meesten zelf ook op vakantie waren, zie je het eigenlijk opspelen. Er is namelijk altijd nog de hoop op een regenbui of de gedachte dat het toch wel weer gaat regenen. Maar dat gebeurde niet. In het midden van de zomervakantie drong het dus echt door. En dan in dat eerste droogtejaar, 2018, zie je dat die waterschappen hun crisismanagement nog niet helemaal op orde hadden. Mensen waren op vakantie, en waren dus eigenlijk niet op ingericht.

SP 1: Hoe bepaalt een boer of het droog is?

SP 2: Er zijn maar weinig boeren die met apparatuur of wat dan ook metingen verrichten. Eigenlijk gaat iedereen met z'n land om zoals diegene dat van oudsher is gewend. Ik denk dat voor de sector de hardste klap van de droogte gevallen is in het eerste jaar. Toen kwam er namelijk maatregelen die niet uitgelegd werden en niet goed begrepen werden, en op korte termijn werden ingevoerd. Die maatregelen werden ook niet weloverwogen genomen. Met name waar de natuur bij om de hoek kwam kijken.

SP 1: Ik merk ook bij het waterschap dat het rode sein vaak door de natuur wordt afgegeven. Zoals met de afname van de afvoer van de middenlopen van beken op de Veluwe, dat was de trigger voor het waterschap. Zie jij dat ook zo?

SP 2: Ja dat is vaak wel de alarmknop. Ik denk dat die constatering wel deugt.

SP 1: Trekken de boeren zelfs ook weleens aan de bel? Met betrekking tot droogte

SP 2: De agrariër heeft contact met het waterschap op gebiedsniveau, via de gebiedsmanager. Die manager is het aanspreekpunt van een (aantal) agrariërs waaraan zij vragen kunnen stellen die water gerelateerd is, bijvoorbeeld over de peilen. Op dat niveau is er dus wel contact. Verder zit ons bestuur van LTO ook wel eens samen met bestuur van waterschap, maar dat is dan weer een heel ander gespreksniveau, waarbij de urgentie van wat de agrariër voelt wat minder hoog op de agenda staat. In het eerste droogtejaar is dat ook echt een gemis geweest, dat het gevoel van de boer of de ervaring van de boer niet duidelijk werd gemaakt. Zowel vanuit de landbouw als vanuit het waterschap.

SP 1: Ik hoorde ook bij het waterschap dat er door de boeren heel anders wordt omgegaan met droogte dan met wateroverlast. Als er overlast is dan weten ze meteen het waterschap te vinden, maar met droogte is dat toch niet zo. Ik denk dat het komt doordat er nog te weinig begrip is van droogte in Nederland. Klopt dat?

SP 2: Ja dat klopt. Het is gaat als volgt; men denkt tijdens zo'n droge periode 'ach het hoort erbij, eens in de 40 jaar vallen de mussen van het dak'.

SP 1: Wat zijn uw gedachten omtrent droogte en wat betekent droogte voor uw werkzaamheden?

SP 2: Als ik droogte hoor dan denk ik dat het iets relatief nieuws is hier. De afgelopen jaren is er dus veel inzet geweest in hoe we boeren kunnen stimuleren tot het nemen van redelijk eenvoudige maatregelen op het land en in landgebruik. Het DAW programma zat vast aan een subsidie spoor, maar dat ging veel te traag en bureaucratisch. Daarnaast hadden we ook nog deltaxfondsmiddelen in ZON-programma, maar die middelen kwamen maar niet vrij. Maar nadat er druk is uitgevoerd door bewustwording te creëren dat boeren alleen iets kunnen doen met die middelen, komen die ZON-maatregelen nu los en krijgen boeren 40% subsidie om maatregelen te treffen en dan gebeurt er dus iets. Wat ik dus merk in mijn werk is dat het onderwerp langs komt met alle overleggen die we hebben met waterschappen, het is een gespreksonderwerp met Vitens geworden omdat toen het zo droog was kwamen er beregeningsverboden terwijl Vitens over hun vergunning heengaat. Dat roept om uitleg en doen daar dan melding van maken bij de provincie en daarmee is dan de kous af. Maar in gebieden waar het echt verdroogd, en dat is in sommige gebieden van Vitens waar meer verdroging optreedt dan je zou verwachten en er komt nog een droge zomer overheen dan hakt dat er wel in voor de landbouw. Dat is weliswaar niet wetenschappelijk te staven maar het zorgt wel voor onrust in zo'n gebied en in de onderlinge verhouding.

SP 1: Oke. Dus droogte stond nooit zo hoog op de ladder maar sinds de afgelopen 2 jaar is er meer urgentie voor gekomen en wordt er meer naar gehandeld. Welke type droogte is dan van toepassing op de landbouw?

SP 2: Meteorologisch, agrarisch en hydrologische droogte zijn eigenlijk allemaal wel van toepassing. Het herstel van die hydrologische droogte is wel een belangrijk punt, want daar moet je de sector in meenemen. Dat herstel van namelijk plaats in de winter, en daar moet je op inzetten en onderdeel van het gesprek zijn.

SP 1: Ik hoorde bij Vitens dat ze de vergunningsruimte willen vergroten, want er schijnt genoeg water te zijn. Echter, op sommige plekken dienen zij een bepaalde hoeveelheid water te infiltreren alvorens ze mogen onttrekken. Hoe kijkt de landbouw daar tegenaan?

SP 2: Op een aantal plekken beloofd Vitens dat ze water kunnen infiltreren maar niet op alle plekken lukt dat. In de achterhoek bijvoorbeeld, wordt dat al jaren lang geroepen maar omdat er geen aanvoer mogelijk is daar (en in andere gebieden) werkt dat niet.

SP 1: Hoe gaan jullie om met de nationale verdringingsreeks?

SP 2: We kijken daar eigenlijk te weinig naar. Dat is wel een les die we hebben geleerd. Er wordt nu opnieuw gekeken naar de verdringingsreeks, en voor ons is dat een te ver-van-je-bed-show. LTO Nederland kijkt daar wel wat meer naar, maar bij ons moest tie afgestoft worden van; wat staat daar ook alweer in? En we kregen vragen van waterschappen; wat zijn kapitaal intensieve gewassen? Ik kijk daarin wel naar mezelf maar ook niet iedereen, want daar is jarenlang niet meer na gekeken.

SP 1: Maar de landbouw zou dus wel iets kunnen hebben aan de verdringingsreeks als daar eerder aandacht

voor is?

SP 2: Ja zeker. Met sommige gewassen heb je ook echt een probleem als je daar niks voor doet.

SP 1: Wat voor maatregelen treft u als droogte wordt verwacht? En wat verwacht u van de waterbeheerder?

SP 2: Daar hebben we het al aardig over gehad. Maar als ik het zou dan samenvatten wat we van de waterbeheerder verwachten: vroegtijdig anticiperen, informeren, in de winter campagne voeren over dit onderwerp en zorgen dat ze informatie delen. Wat Vallei en Veluwe erg goed heeft gedaan is een aantal bijeenkomsten organiseren waarbij scenario's werden voorgelegd. Dat was erg waardevol want dat geeft ook een beeld, en opent de discussie tussen stakeholders. Daar komen dan ook vragen langs als: wat als het nog erger wordt dan dit? En dat openen van het gesprek is goed.

SP 1: Qua maatregelen treft de landbouw dus eigenlijk geen maatregelen. Behalve als er een onttrekkingverbod is, dan gaan ze het oppompen. Sommige boeren zijn weliswaar bezig met lange termijn maatregelen zoals bodemverbetering, om op die manier water beter vast te kunnen houden.

SP 2: Ja dat klopt, dat is ook waar het DAW op inzet: grond bewerking, bodemverbetering. Maar dat is allemaal lange termijn. Korte termijn maatregelen worden niet echt getroffen, maar vanuit het waterschap zou dat wel geïnitieerd kunnen worden middels duidelijke communicatie. Er moeten ook groepen boeren geactiveerd worden. Er zijn groepen boeren die collectief iets willen doen en aan het waterschap vragen of er iets gedaan kan worden. Maar dat vraagt ook lef van het waterschap, want van oudsher is het zo dat het waterschap aan de knoppen draait en niet iemand anders. Maar als je iets wilt in het fijnmazige gedeelte van het systeem, dan heb je de boer gewoon nodig.

SP 1: Volgens de KNMI'14-scenario's wordt het over het algemeen natter maar in de droge periode wordt het droger en in een van de scenario's kan het flink droger worden. In hoeverre is er bereidheid binnen de landbouw om te veranderen of aanpassen?

SP 2: Het overgaan op andere gewassen is niet eenvoudig en gaat dus niet zomaar. Er zijn er een aantal die er wel mee experimenteren en zich afvragen of ze het volgende jaar minder aardappels moeten verbouwen bijvoorbeeld. Dus dan heb je het meer over alternatieven in bedrijfsvoering, maar alternatieve gewassen is echt lastig. Wat je wel ziet is dat er steeds meer grasmengsels worden ontwikkeld die weerbaarder zijn tegen droogte, daar gebeurt dus wel wat. Maar de sector zomaar laten overstappen op iets anders en gaat niet zomaar.

SP 1: Na aanleiding van 2018; zijn er achteraf dingen die je anders had gedaan?

SP 2: Het onderwerp klimaat hangt al langere tijd boven de landbouw, maar met al 'tafels' en alle pogingen die het kabinet doet om klimaat meer op onze nationale agenda te krijgen wordt het wel versterkt. Landbouw speelt daar ook een rol in, maar pas als je iets ervaart tijdens een gebeurtenis dan komt zo'n onderwerp wel beter tot leven. Wat ik me nog goed herinner is de wateroverlast in 2010 in de achterhoek,

na een periode van droogte, hebben we samen met het waterschap geëvalueerd om te bekijken wat er nou daadwerkelijk aan de hand was. Toen merkten we dat het waterschap wat terughoudend was geweest met het beheer en het wegmaaien van het gras dat ook redenen had. Waar we toen naar hebben gekeken zijn de mogelijkheden om het slimmer te doen zodat als er iets ontstaat dat je hoofdwatgang systeem toegankelijk is en daar zaten een aantal bottlenecks. Dus het waterschap heeft een vaste route voor het maai die voor hun kosten efficiënt is, maar uit die evaluatie bleek dus dat ze eerst op een aantal verschillende punten moeten maaien. Dit brengt dan wel wat meer kosten met zich mee, maar dat soort simpele slagen kan je met elkaar maken. Maar als die wateroverlast er niet was geweest dan was dit nooit besproken. Dus nogmaals, wat ik wil duidelijk maken is dat je ervaring in de praktijk nodig hebt om te leren. Daarom ben ik blij dat we programma's hebben als DAW en ZON, die kunnen we pas effectief inzetten zodra men iets ervaart. En dat is wel mijn grootste les geweest van het geheel.

SP 1: Stel dat het aankomende zomer wederom droog is, vergelijkbaar met 2019 of misschien wel 2018. Zou je dan gelijk bepaalde dingen eerder op orde willen hebben?

SP 2: Ja, qua communicatie hebben de waterschappen al een slag gemaakt. In het delen van kennis zou nog wel meer kunnen worden gedaan. Uiteindelijk weet ook iedereen dat we geen regen kunnen maken. Dus met wateroverlast weet men dat het waterschap een pomp moet wegzetten of de sloot moet schoonmaken, actief handelen. Maar dat is bij droogte wel anders.

SP 1: Hoe denkt een agrariër over het beregenen met grondwater? Want ook die weet dat het grondwater uitzakt en erg lang kan duren voordat het weer herstelt is. En gaan ze juist meer investeren in beregening installaties, of investeren ze liever in meer robuuste oplossingen?

SP 2: Bij kapitaal intensieve gewassen zie je wel dat er steeds meer water besparende maatregelen getroffen. En water besparing haal je toch met name uit efficiëntere beregening en meer water vast houden. In Nederland is het wel allemaal relatief kleinschalig want als je kijkt naar het buitenland, dan zijn ze daar veel verder in beregening (technieken). De vraag is dus of je die investering moet doen en of je elk jaar terugkomt op een perceel. Je komt namelijk vaak niet ieder jaar terug op hetzelfde perceel, want er wordt meestal geroteerd.

SP 1: Het watersysteem in Nederland is ingericht op snel afvoeren van water. Daarnaast vind ik dat het systeem onnatuurlijk is; laag grondwaterstand in winter/voorjaar en hoge grondwaterstand in zomer/herfst. Hoe kijkt de landbouw daar tegenaan?

SP 2: Ik weet dat een van onze bestuurders laatst in de achterhoek voor een groep heeft gestaan, en aan het waterschap gevraagd om beelden te geven van wat ze de afgelopen 100 jaar hebben gedaan in dat gebied. Op sommige beelden zag je dat er erg veel door mensen in ingegrepen in bepaalde gebieden, en daardoor een soort van geoptimaliseerd is en ingericht is op afvoeren van water en niet is ingericht om water vast te houden. Er is weliswaar wat met beekherstel gedaan, maar op een aantal plekken is het systeem en het complete achterland nog steeds ingericht op water afvoer. En als je daar iets aan wilt veranderen zal je wel

aan heilige huisjes moeten komen. Maar het besef, dat een boerenbestuurder voor de zaal plaatjes laat zien van invloed van menselijk ingrijpen, dat is al een hele stap.

SP 1: Op welke informatie baseert u of het droog is, of wordt?

SP 2: Wij monitoren niet.

SP 1: En boeren individueel? Monitoren die wel?

SP 2: Ja zeker. Daar hoor ik ook wel een en ander over. Er zijn boeren die heel nauwgezette data bijhouden. Dus wij krijgen dan een soort van droogte indicatoren door, maar dat is meer gevoelskwestie dat je denkt van het mag nu wel eens gaan regenen. Een melkveehouder bijvoorbeeld die baseert het op het aantal snedes, dus eigenlijk hoe snel het gras groeit. Als dat begint tegen te vallen dan gaan mensen wel een geluid afgeven, maar ze kunnen niet bij iemand klagen daar over. Je merkt het ook aan onze eigen telefonische helpdesk, als er sprake is van wateroverlast dan hangen ze zo aan de lijn maar als het droog is, of als ze last hebben van droogte, dan zouden wij ze eerder moeten opsporen want dan hoor je ze niet.

SP 1: Dus de boer kijkt voor zichzelf hoe de situatie is, en houdt dat goed bij. Maar aan de hand daarvan, doen ze eigenlijk niet zoveel qua maatregelen nemen?

SP 2: Ja inderdaad.

SP 1: Welke informatie zou je graag tot uw beschikking willen hebben omtrent droogte? En hoe belangrijk is de timing van die informatie voor u?

SP 2: Wat ik dus zie als ik bij Vitens over droogteschaderegelingen praat dan komen er allerlei droogte getallen en dat soort onderwerpen komen dan aan de orde. Dan zie ik de gegevens van de meetstations van het KNMI. In Gelderland wordt de droogteschade door de drinkwaterwinning berekend aan de hand van het seizoen; wat waren dus de omstandigheden van dat seizoen. In Overijssel hanteren ze juist weer langjarige gemiddelden. Dus de schade die de boer in Gelderland krijgt vergoed zijn terug te leiden naar wat er het jaar daarvoor is gebeurd. Het waterschap laat tijdens presentaties zien wat de hoeveelheid neerslag(tekort) was, hoeveel water ze kunnen inlaten en waar. Maar het duiden van het probleem, het meer delen van data, is bij waterschappen nog niet zo goed ontsloten waardoor je het maar net allemaal moet weten te vinden. Dus totale bewustwording naar de landbouw toe vergt nog wel het een en ander.

SP 1: Wat zou je dan willen zien? Neerslagtekort, afvoer, grondwaterstanden etc.

SP 2: Ja dat soort gegevens.

SP 1: Meten boeren zelf ook het bodemvochtgehalte?

SP 2: Er zijn een aantal grote projecten, o.a. vruchtbare kringloop. Boeren die aan zoiets meedoen hebben we verenigd. Op die manier hopen we dan dat boeren wat meer gebruik zullen gaan maken van de technieken.

SP 1: Hoe zit het eigenlijk met mest uitrijden en bespuiten van gewas als het droog is?

SP 2: Ja als het zo droog is dan kunnen ze gewoon niet bemesten, dan verbrand het of de bodem wordt alleen maar slechter. Dat is wel een probleem ja. Boeren willen vaak bemesten als ze gemaaid hebben, en die bemesting moet eigenlijk plaatsvinden voordat het gaat regenen zodat het de bodem in kan. In 2018 was er geen regen dus ze hadden dubbel problemen: gras groeide niet, en mest konden ze niet kwijt. Dus dan kom je met de bedrijfsvoering in de knel.

SP 1: Hoe gebruikt u de droogte indicator die gehanteerd wordt?

SP 2: Wij als LTO kijken daar niet actief naar, en de boer neemt het weer wel waar maar kan toch niet echt maatregelen nemen. Daarnaast is het natuurlijk heel gebiedsafhankelijk. Op sommige hoger gelegen gebieden hebben nu profijt, en geluk, van de slootjes die ooit eens zijn gegraven waardoor water kan worden ingelaten, zolang er geen onttrekkingverbod is. Maar op de Veluwe zijn er gebieden waar dat niet het geval is, en dan houdt het gewoon op. De gebiedsafhankelijke aspecten zijn dus gewoon groot.

SP 1: Goed dat je opmerkt dat ook voor de landbouw geldt dat droogte echt gebiedsafhankelijk is. En dus dat het op regionaal niveau moet bestuderen. Ook voor de uiteindelijke maatregelen zal dat wel van belang zijn. Dus als ik het even kan samenvatten qua indicatoren: neerslagtekort, bodemvocht, grondwaterstanden tbv onttrekking, en idem dito oppervlakte water. Ook heb ik remote sensing op het oog, waarmee je de ndvi waarden kan zien. Wordt er binnen de landbouw iets gedaan met remote sensing?

SP 2: Nee voor zover ik weet wordt daar niks mee gedaan.

SP 1: Oke. Dankjewel. Ik denk dat ik nu wel voldoende heb qua informatie over de landbouw.

03-02-2020 - RWS Rotterdam

SP 1 = Onderzoeker

SP 2 = Stakeholder

SP 1: Kan je mij vertellen wat je precies doet binnen RWS op het gebied van vaarwegbeheer?

SP 2: Ik zit bij de afdeling synchro-modaal vervoer en scheepvaart, ik ben daar senior adviseur voor vaarwegen en scheepvaart. Mijn werkpakket is breed, maar de helft van de tijd ben ik bezig met toetsing en advisering. Toetsing gaat over dat als er een nieuwe brug of sluis wordt aangelegd, of iets dat gedaan wordt met de waterweg dan bedenkt de markt dat object. Wij als RWS hebben daar een toetslaag ingebouwd, en ik ben dan als nautisch-technisch adviseur binnen dat team. Ik kijk daarbij vanuit scheepvaart belang en of het voldoet aan de eisen en de wetgeving. Ik ben ook een schippers dochter, de hele familie vaart. Dat is dus wel mooi meegenomen binnen mijn werk. Advisering bestaat uit onze eigen regionale diensten die weleens vragen binnen krijgen van bedrijven. Daarnaast besteed ik tijd aan de verduurzaming van de binnenvaart. Als laatste ben ik bezig met evaluatie van sluisen en stuwen. In 2018 ben ik ook betrokken bij de droogte. Dus ik kreeg vanuit mijn werk allerlei berichten en vragen over de droogte maar ook vanuit mijn netwerk in de binnenvaart. Er was toen een crisisberaad waar ik vanuit RWS onderdeel van uit maakte om informatie te verstrekken over de situatie in de scheepvaart. Dus wat als het water nog lager wordt, wat met deze waterstand etc. En wanneer kan de scheepvaart echt niet meer varen, en welke type schepen, welke goederenstromen komen daardoor in de knel. Dat speelde met name in Oost Nederland, daar hebben we ons toen op gericht omdat het daar het meest spannend was. Als je kijkt naar de IJssel, dan is die vaarweg eigenlijk al te klein gedimensioneerd voor de schepen die daar varen en dus te smal. Als je dan te maken gaat krijgen met laag water en dus nog meer versmalling krijgt van de vaarwegbreedte en diepte dan wordt het wel heel spannend als je denkt in termen van vlot en veilig. Het is wel zo dat wij als RWS niet zomaar zeggen dat de scheepvaart stopt, want dat is aan de scheepvaart zelf om te bedenken wanneer het niet meer veilig is. Dus op zulke momenten adviseren wij bestuur en beleid, maar niet de sector zelf we kunnen alleen maar informeren. Volgens mij mogen wij ook niet ingrijpen mits er direct gevaar dreigt en wat mee zou kunnen spelen is dat als bijvoorbeeld de brandstofvoorraden van defensie zouden opraken dan zouden we kunnen dat voorrang mogen verlenen. Voor de rest ligt de verantwoordelijkheid bij de schipper zelf.

SP 1: Even voor mijn beeld. Als je naar de IJssel kijkt, hoe gaan ze daarna verder? Gaan ze via de randmeren of bovenlangs Flevoland?

SP 2: Ook dat is aan de schipper zelf welke omvaarroute ze bedenken. Het ligt ook aan het type schip en eigenlijk is het sommetje: hoeveel uur ga ik omvaren, met hoeveel meer lading en wat levert dat dan op. Dus het omvaren vond ik wel meevallen (in 2018), en je zag dat meer gebeuren in het zuiden van Nederland.

SP 1: Dus de randmeren is niet de meest doorgaande route voor de binnenvaart?

SP 2: Nou dat is een lagere klasse scheepvaart dat daar kan varen. En wat er dan gebeurt als de schepen minder lading mee kunnen nemen, dan gaan er meer schepen met dezelfde (kleinere) lading varen en neemt de druk op de vaarweg dus alleen maar toe. Her en der is de bodem ook geraakt in 2018. Het lastige is ook dat je waterstand niet ver vooruit goed kan voorspellen en je hebt toch 2 dagen vaartijd. Het is dus soms een beetje gokken met afladen. Laten we trouwens niet vergeten dat de scheepvaart wel (relatief) goed verdiend heeft tijdens de droogte. Er werd namelijk een hogere prijs gevraagd en de schepen werden schaars dus de schippers konden hun prijzen omhoog gooien. Dus ze zijn er eigenlijk goed vanaf geworden.

SP 1: Ik heb te horen gekregen dat in 2018 de brandstofvoorziening van Duitsland in de problemen kwam door de lagere waterstanden waar de binnenvaart last van heeft. En toen is er gekeken naar het trein spoor, maar dat bleek volgeboekt te zijn. Hoe zat dat?

SP 2: Ja dat klopt, ik heb daar wel over gehoord van mijn collega's die zich bezig houden met het spoor. Het was ook bijzonder want bij de brandstof voorraad in Zwitserland, waar dat dan omhoog komt uit de depots, daar waren twee pompen in revisie eentje was stuk gegaan waardoor er nog maar eentje in werking was. Dus het was een hoop pech bij elkaar. In Duitsland zijn toen noodvoorraden gebruikt. Het spoor blijkt dus heel druk geboekt te zijn. Dat komt omdat het werkt met slots en is daardoor niet flexibel.

SP 1: Bizar wel. Maar ik probeer het wel binnen de grenzen van mijn onderzoek te houden, dus met name kijk ik naar de scheepvaart op de IJssel.

SP 2: Ja en naar het Twente Kanaal waren ook wel problemen, maar doordat er een voorsluis is bij Eefde kunnen we daar twee keer schutten waardoor de vaart daar wel door kon gaan maar er ontstonden wel wachtrijen. Als het namelijk zo droog is komt de drempel van een sluis te hoog te liggen waardoor je er niet meer overheen kunt. Met zo'n voorsluis kunnen we dus getrapt schutten. Het systeem is al oud en recentelijk gerenoveerd, gaat open in april, en gelukkig is het gelukt om die voorsluis erin te houden. Daar is iedereen wel blij mee omdat die droogtes dus waarschijnlijk frequenter gaan voorkomen.

SP 1: Is er ook nog iets opgemerkt over de zoetwatervoorziening?

SP 2: Ja op het Amsterdam-Rijn kanaal kwam het zoute water te ver het kanaal op tot aan een inlaat punt. Toen werd het wel een gedoe met spuien, ivm drinkwatervoorziening want die staat op 1. Scheepvaart staat in de laatste categorie, en helaas is er geen verdere onderverdeling in die laagste categorie. In het ARK hebben we toen een bellenscherm geplaatst en dat hield het zout tegen. Die oplossing werkte erg goed en we hebben besloten om die goot ook te laten liggen zodat we in de toekomst weer kunnen gebruiken.

SP 1: Even naar de vragen; Hoe belangrijk is voldoende waterbeschikbaarheid voor de scheepvaart? Die vraag hebben we eigenlijk al wel beantwoordt. Speelt waterkwaliteit nog een rol?

SP 2: Nee. Alleen als iemand anders last krijgt dan krijgt de scheepvaart daar last van. Net als met zo'n inlaatpunt voor drinkwater en verzilting. En qua waterbeschikbaarheid is het heel simpel: iedere extra centimeter waterstand betekent meer lading en dus meer geld. Wat wel nog daarmee samenhangt is de bevoorrading van de bedrijven en het imago van de scheepvaart. Sommige zand- en grindbedrijven hebben wel op omvallen gestaan omdat er niets kon worden aangeleverd. Dan ligt de bouw ook stil en dus de huizen kunnen dan niet gebouwd worden. Door zoiets komt het imago van de scheepvaart ook in slecht daglicht te staan.

SP 1: Goed om te weten dat droogte dus ook kan leiden tot een slecht imago van de sector.

SP 2: Ja, en veel mensen weten niet hoeveel er vervoerd wordt door de binnenvaart. Dat merk je pas als iets niet meer leverbaar is. In krimpen a/d ijssel was de eerste bezinepomp die geen benzine meer had, en toen pas merkte de mensen daar iets van dat vervoer. Een ander voorbeeld is een zoutfabriek in hengelo. Veel farmaceuten zijn afhankelijk van het zout van die fabriek voor in de medicijnen. Als die fabriek dan geen grondstof meer krijgt dan staat het stil.

SP 1: Van welke component is de scheepvaart het meest afhankelijk? (neerslag, opp water etc)

SP 2: Dat is natuurlijk een wisselwerking. Dat komt van regen uit de stroomopwaarts gelegen gebieden en smeltwater vanuit de bergen. Dat is eigenlijk het enige. Logisch ook. En de Maas bijvoorbeeld is gestuwd dus we kunnen zelf ook wel wat sturen.

SP 1: Welke belangen weegt u af als er water verdeeld moet worden ten behoeve van de waterbeschikbaarheid voor de scheepvaart, en hoe weegt u deze belangen af?

SP 2: De LCW behartigt natuurlijke alle belangen en draaien aan de kraan. Wat wij doen is hen van informatie voorzien. Dat doen we niet alleen door scenario's te bedenken met bepaalde waterstanden, maar ook door in contact te staan met bedrijven over de voorraad die er is en daarmee kijken we dus naar de goederenstroom. Dan creëren we een overzicht voor de LCW.

SP 1: En de LCW kan dan op basis van jullie informatie aan de kraan draaien?

SP 2: Ja. Gelukkig zitten er wel veel bedrijven aan dezelfde vaartak, want anders kan je bepaalde bedrijven een voordeel geven en dat wil je niet.

SP 1: Kijk jij dan ook naar de maatschappelijke impact? Als ik kijk naar jouw voorbeeld met de zoutfabriek en de relatie met medicijnen. Dan kan ik me voorstellen dat dat wellicht voorrang krijgt op een zandfabriek.

SP 2: Wij laten wel zien welke goederenstromen er zouden kunnen opdrogen. Maar de maatschappelijke impact wordt weer behandeld door de economen binnen de organisatie. Dat wordt wel maar in erg beperkte mate gedaan. En daarbij komt nogmaals, dat wij niet gaan bepalen voor de markt, de sector moet dat zelf doen. Dus de waterverdeling gaat gewoon echt volgens die verdringingsreeks door te kijken waar het water

nou écht nodig is.

SP 1: Wat vind jij er dan van dat scheepvaart in die laatste categorie valt, zonder verdere verdeling?

SP 2: Het is op zich gek dat er geen verdeling in zit, maar aan de andere kant zie je wel dat tijdens een crisis zo'n verdeling toch wel organisch tot stand komt omdat je dan allemaal het beste met elkaar voor hebt. En je kan dus ook geen onderscheid maken tussen scheepvaart die belangrijke stoffen vervoeren en welke niet. Want dan ga je economisch bemoeien met de markt. En dat horen wij als overheid niet te doen. We zorgen echt alleen voor de veiligheid en vlotheid op de vaarweg.

SP 1: Jullie wegen dus geen belangen af, en geven alleen inzicht in de transport stromen. Kijken jullie ook naar de Rijnafvoer?

SP 2: Die informatie krijgen we van de LCW. En dat wordt wel goed voorspelt voor de komende 48 uur, dat staat gewoon op teletekst. En KNMI speelt daar natuurlijk ook een rol spelen.

SP 1: Wat is uw ervaring met droogte? Daar hebben we het al wel over gehad. Maar wat betekent droogte voor jou, als dochter van een binnenvaartschipper?

SP 2: Dan heb je behoefte aan informatie, en die is maar 48 uur vooruit voorspelt. Je kan onbegrip hebben voor de waterverdeling, maar dan weet je ook niet waarom het zo verdeeld is. In 2018 was er wel heel veel begrip vanuit de binnenvaart ook, simpelweg omdat zij ook weten dat niemand er iets aan kan doen dat het zolang droog is. Het gekke is wel dat we onwijze projecten voor de ruimte voor de rivier hebben gedaan de afgelopen jaren, maar voor droogte helemaal niet. Sterker nog, dat ruimte voor de rivier werkt juist heel erg tegen in tijden van droogte. Dat is wel beseft nu, in dat project zijn te weinig de belangen van de scheepvaart meegenomen.

SP 1: Wanneer vind je het droog als binnenvaartschipper?

SP 2: Dat is lastig, omdat het heel langzaam gaat. Maar ook een klein schip, bijvoorbeeld, die heeft pas veel later last van droogte dan een groot schip. En het ligt eraan wat je vervoert, want dat bepaalt hoe diep het schip ligt. En wanneer je het droog vindt? Ja dat is wanneer je de normale hoeveelheid lading niet mee kan nemen, maar bij die eerste paar centimeters wordt dat niet echt opgemerkt. Eigenlijk kan ik dus niet zeggen wanneer het droog is. Dus wanneer voel je iets van die droogte? Als je 25% minder lading mee kan nemen? Het is de route, het soort schip en de lading. Die drie dingen zijn wel bepalend. En zolang je financieel goed gecompenseerd wordt dan merk je het niet. In 2018 werd er goed verdiend want er werd meer betaald. Dus het is heel moeilijk om daar een hard getal aan te hangen.

SP 1: Oke, dus voor de binnenvaart zou je kunnen zeggen dat zolang je financieel niet erop achteruit gaat dan is het prima. Houden jullie rekening met de gevolgen van klimaatverandering voor de scheepvaart?

SP 2: Ja daar houden we wel rekening mee. Een voorbeeld is bij renovatie van een sluis, dat we de drempel wat lager leggen. Aan dat soort dingen moet je dan denken. En er wordt nagedacht of we bijvoorbeeld een stuw in de waal moeten leggen. Wat we wel hebben in de Waal is die nevengeul, de Spiegel Waal, die is er voor de droogte. Dus we wachten op de evaluatie daarvan voor 2018. Als dat goed blijkt te werken dan zouden we dat ook kunnen toepassen op andere plekken. Dus we nemen gevolgen van klimaatverandering wel mee bij ontwerp en inrichting. Ook spui voorzieningen, bijvoorbeeld bij Terneuzen, die voorziening wil je apart hebben. Maar wat ze hebben gedaan is het door de kolk doen, waardoor de scheepvaart gestremd wordt omdat er dan soms gespuid moet worden. Maar het is lastig, want zo'n droogte als 2018 komt zelden voor, laten we ons ook niet blind staren op de gevolgen gezien de statistisch lage herhalingsperiode. Met het aanbrengen van zo'n aanpassing wordt ook gekeken naar de kosten en de baten, als dat gunstig is dan kunnen we dat wel doen. Maar bijvoorbeeld een aparte spui voorziening kost veel geld, terwijl het verlagen van een sluisdrempel niet veel geld kost tijdens een renovatie.

SP 1: Wat voor maatregelen tref je als het droog is, of als er droogte wordt verwacht?

SP 2: Dat zijn baggerwerkzaamheden, daar waar sediment ophoping geconstateerd wordt. Dan wordt de minst gepeilde diepte ook gunstiger, want anders bepaald zo'n ophoping die diepte. Verder doen meer communiceren, dus de informatievoorziening wordt geïntensifieerd. Maar ook een voorsluis in werking stellen, of het aanleggen van zo'n bellenscherm. Dat zijn dan wel zo'n beetje de maatregelen.

SP 1: Zou je nog meer maatregelen kunnen nemen of kunnen hebben genomen in 2018?

SP 2: We hebben nagedacht over verkeersmanagement maatregelen, dus bijvoorbeeld de IJssel eenrichtingsverkeer te maken. Want er was zo weinig breedte op de IJssel dat er moeilijk gepasseerd kon worden. De grootste scheepvaartklasse kon toen eigenlijk niet meer varen, maar dan ga je in de markt bemoeien en wat we niet mogen en willen. Dus we nagedacht over verkeersmanagement maatregelen maar dat hebben we uiteindelijk niet gedaan. Op sommige plekken was wel tijdelijk sprake van eenrichtingsverkeer, dat was op 1 traject, dus dan hoefde je niet helemaal om te varen maar gewoon even wachten op elkaar. Op korte termijn dus baggeren, informeren, en meer is er eigenlijk niet qua maatregelen.

SP 1: Op zich wel interessant om zo'n eenrichtingsverkeer in te voeren. Dat zou wel kunnen helpen. Zijn er dingen die je achteraf gezien liever anders had gedaan in 2018?

SP 2: We hebben in 2018 de goederenstroom in kaart gebracht. Dat zouden we idealiter op voorhand al gedaan moeten hebben, maar daar was tot dusver nooit een aanleiding voor dus dat doe je dan niet. Dus in 2018 kostte het best wel veel tijd om dat allemaal in kaart te krijgen. Nu hebben we het dan dus wel al uitgezocht. Verder zullen er qua communicatie altijd verbeterpunten zijn.

SP 1: Zou je bijvoorbeeld ook eerder kunnen beginnen met de baggerwerkzaamheden?

SP 2: Ja dat doet de regio zelf. Maar natuurlijk zouden ze eerder kunnen beginnen, om de diepgang beter te maken. Maar baggeren kost veel geld, en is min of meer ook water naar de zee dragen dus dat doe je

weloverwogen. Ik neem aan dat de regio dat dus goed doet. Maar er zal niet heel veel marge in hebben gezeten schat ik in.

SP 1: De industrie zou misschien ook wel kunnen gaan nadenken om beter na te denken over hun voorraad om zo een droge periode te overbruggen?

SP 2: Ja dat is zeker waar. Om maar weer even die zoutfabriek erbij te pakken; indien zij geen zout meer krijgen dan ligt het begin van de fabriek stil en de rest volgt later. Dat bedrijf doet er dan dus 2 weken over om weer op te starten omdat alles dan ge-reset moet worden. Maar sommige bedrijven hebben het ook heel handig aangepakt, zij hebben in die droge periode met weinig tot geen aanvoer van grondstoffen, hun grote onderhoud uitgevoerd. Maar dat moet maar net kunnen en uitkomen.

SP 1: Op welke informatie baseer je of het droog is en hoe droog het is?

SP 2: Wij krijgen die informatie van de LCW, die maakt de droogteberichten. Wij doen dat zelf niet.

SP 1: En de binnenvaartschipper zelf?

SP 2: Die kijkt op teletekst. Daar zijn zij de uitvoeren, ook in Duitsland kijken ze naar de afvoer. Het weer zelf houden ze niet zo nauwkeurig bij, al kijken ze daar natuurlijk wel naar. Maar het belangrijkste zijn de waterstanden. In 2018 hebben ze wel nauwlettend het weer in de gaten gehouden of er regen kwam zodat de waterstand toenam, maar ook zij weten dat dat toen een druppel op een gloeiende plaat was.

SP 1: Is het zo dat als het droog is, dat er dan nauwlettender wordt gekeken naar het weer en evt stijging van de waterstand, dan andersom als het nog niet droog is maar wel wordt?

SP 2: Ja dat klopt wel een beetje. Ze zien het wel aankomen, maar droogte betekent niet meteen dat de waterstand lager wordt. Andersom is dus ook wel belangrijker.

SP 1: Welke maatregelen zou je treffen als er droogte wordt verwacht?

SP 2: Hetgeen we in 2018 gedaan hebben, want meer kan je niet doen. (Hierboven besproken)

SP 1: Welke type droogte is van belang voor de scheepvaart? (meteorologisch, agrarisch, hydrologisch en socio-economisch)

SP 2: Dat is dan vooral hydrologische droogte. We zien weliswaar die socio-economische droogte ook wel gebeuren maar dat is meer een gevolg van, en het heeft verder geen effect op de bedrijfsvoering. Het is namelijk ook zo dat je als schipper een lading aanneemt die het meest oplevert.

SP 1: Welke informatie zou je graag nog ter beschikking willen hebben omtrent droogte?

SP 2: Vanuit de schipper zou je liever nog langer van te voren een voorspelling willen hebben van de waterstanden. Dan kom je ook bij dat IMPREX project, waar ze daar hard mee aan de slag zijn. Maar aan de andere kant zit scheepvaart ook niet te wachten op een voorspelling van meer dan twee weken vooruit. Meer dan dat is namelijk ook niet nodig, want dan is je reis alweer voorbij, ga maar na dat als je een week vaart dat je dan in Zuid Duitsland zit. Nu hebben we een 48 uur voorspelling, 24 uur erg nauwkeurig en de volgende 24 uur met een iets bredere bandbreedte. Natuurlijk zou je dat graag naar 4 á 6 dagen willen hebben, maar meer dan dat heb je eigenlijk niet nodig want dan ben je op bestemming en is de reis voorbij. Dus je wilt vooral een nauwkeurige voorspelling voor de desbetreffende reis, daar heb je wat aan. Stel je hebt een reis van A naar B die drie dagen duurt, dan kijk je ook maar drie dagen vooruit. Het is weliswaar relevant om te weten wat er daarna gebeurt voor de volgende reis, maar voor die reis kijk je op punt wat je moet en kan laden met de voorspelling voor 3 dagen.

SP 1: Je bent dus eigenlijk erg flexibel als schipper, en je kan dus iedere reis opnieuw weer bepalen hoeveel lading je kan meenemen

SP 2: Ja inderdaad. Je neemt natuurlijk wel een aantal tonnen aan van de verlader, want die heeft bijvoorbeeld 1000 ton, en als door de droogte de waterstand zakt dan blijf je misschien met een rest lading zitten waarvoor dan weer een ander schip moet komen. Dus voor de verlader is dat best wel een logistieke puzzel. In principe is het zo dat als je de reis aanneemt dat je dan dezelfde dag of de volgende dag begint met laden.

SP 1: Zou het nog wel nuttig kunnen zijn dat als je het helemaal goed in kaart weet te brengen, qua hydrologie en allerlei relaties, dat je iets hebt aan een goede seizoensvoorspelling?

SP 2: Voor de bedrijven die de goederen nodig hebben zou dat wel fijn zijn, want die kan dan veel beter de voorraad op orde hebben. Voor de schipper is dat niet het geval, dat is eigenlijk een dagmarkt.

SP 1: Ja zo heb ik eigenlijk nog nooit nagedacht over de scheepvaart, dat je per reis (van een paar dagen) kijkt naar de waterstanden en dus heel flexibel bent. Hoe gebruik je de huidige indicatoren?

SP 2: Waterstanden en de informatie van de LCW gebruiken we. Eigenlijk doen wij daar dan verder niet zoveel mee, want dat is meer van de LCW. Je zou ook nog kunnen praten met iemand van RWS Oost, die weet je misschien nog meer te vertellen over dat gebied.

SP 1: Dus qua indicatoren binnen mijn gebied is denk ik dan: afvoer Rijn en IJssel, en waterstanden

SP 2: Ja en dan kan je nog kijken naar hoe de zeespiegel staat op dat moment, hoe die er tegenaan drukt. Bodemerosie zou misschien ook nog wel interessant zijn. Het zorgt voor uitslijten van de vaarweg, en vaak resulteert het ook tot een verminderde diepgang. Dat speelt ook wel in Oost Nederland, daar waar de Rijn ons land binnenkomt. In Duitsland hebben ze de bodem vastgelegd, dat hebben wij niet gedaan dus bij

Lobith zou je een waterval kunnen krijgen omdat het daar wel uitslijt.

SP 1: Oke, dat is nog een interessant fenomeen om te bekijken. Ik zou eens moeten kijken of dat kan helpen bij anticiperend droogtebeheer. Dan wil ik je bedanken voor het interview.

Appendix C. Focus groups

First an example of one of the answer forms is shown, and the additional background that focus group 2 received. For each information update, an answer form was provided. Subsequently the answer forms that were filled in are shown.

2e Update

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken? Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) Ja/Nee

Onttrekkingverbod oppervlaktewater Ja/Nee

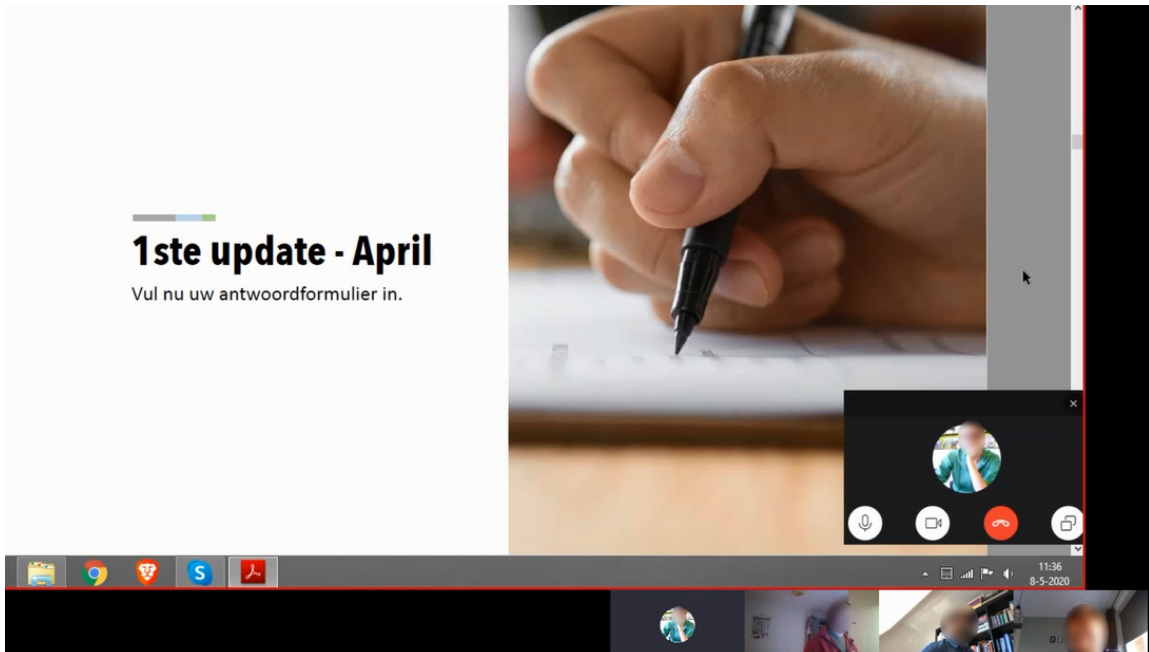
Onttrekkingverbod grondwater Ja/Nee

Anders, namelijk.....:

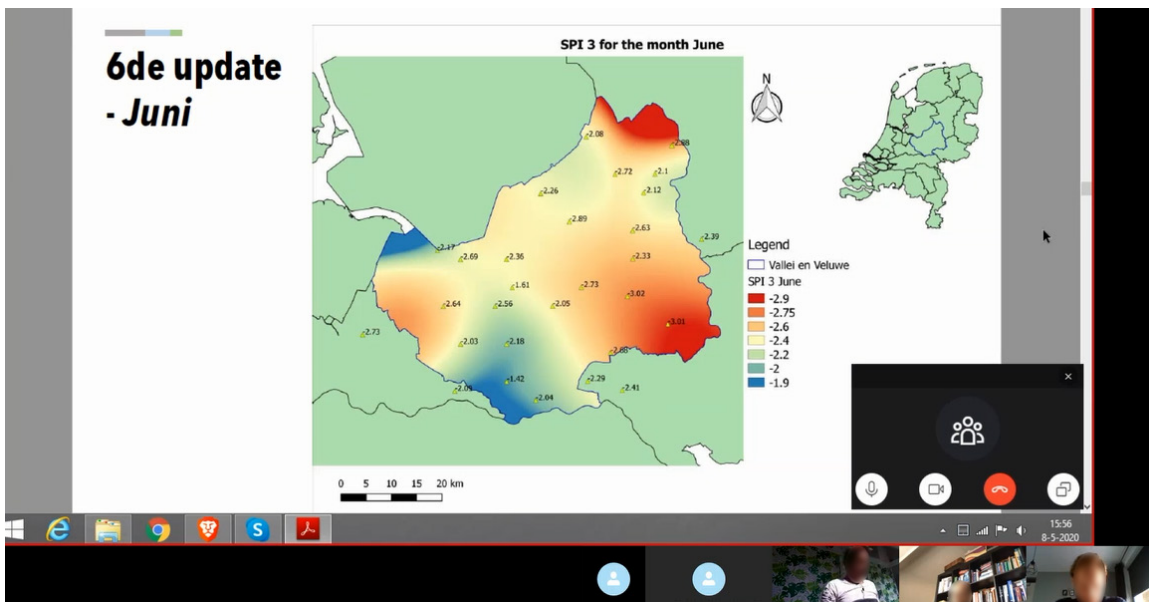
Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

Due to the COVID-19 outbreak, the focusgroup sessions had to be held online, via Skype. Below are some pictures of the online session. to give an impression of the setting.

Focus group 1



Focus group 2



Extra informatie Focusgroep 2

In focusgroep 2 wordt extra informatie verstrekt over de droogte. Deze extra informatie is: SPI-1, SPI-3, isohypse, beekafvoer, bodemvocht en NDVI & EVI. Om ervoor te zorgen dat de data correct wordt geïnterpreteerd zal in dit document uitleg worden gegeven over bovenstaande indicatoren.

SPI

SPI staat voor Standardized Precipitation Index. Dit een meteorologisch droogte index, en wordt door de WMO sinds 2009 aanbevolen om te gebruiken bij het monitoren en volgen van droogte. SPI maakt enkel gebruik van historische data van neerslaggegevens, en is daardoor gemakkelijk te berekenen. Een meetreeks van minimaal 20-30 jaar van maandelijkse neerslag is nodig om SPI goed te berekenen, maar een reeks van 50-60 jaar is optimaal en krijgt daardoor de voorkeur. De meeste neerslagstations die gebruikt zijn voor dit onderzoek hebben een meetreeks vanaf 1951 met dagelijkse neerslaggegevens. Door de beschikbare data, makkelijk te berekenen index, die statisch relevant en betekenisvol is, is SPI een droogte index met potentie.

De berekening van SPI is gebaseerd op een langjarige meetreeks van een bepaalde periode die verdeeld wordt door een kansverdeling (gamma verdeling), en wordt vervolgens genormaliseerd. Wat het dus eigenlijk doet is de neerslag van een bepaalde periode vergelijken met de neerslag van diezelfde periode in de complete meetreeks, bijvoorbeeld: de neerslagsom van de maand juni in 2018 wordt vergeleken met de maand juni van alle andere jaren in de meetreeks, als er minder neerslag dan 'normaal' is gevallen dan is de SPI negatief (en andersom als er meer neerslag is gevallen, dan is de SPI positief). In de tabel hieronder wordt getoond wat de waarde van SPI betekent. Je kan de SPI waarden berekenen voor verschillende tijdschalen, die gebaseerd zijn op maanden. SPI-1 betekent dus een tijdschaal van 1 maand, en SPI-3 betekent dus een tijdschaal van 3 maanden. Als je SPI-3 berekend voor eind februari, dan vergelijk je de neerslagsom van de maanden december, januari en februari met de neerslagsom van die maanden voor alle jaren in de meetreeks. Het grote voordeel van deze verschillende tijdschalen is dat je daarmee verschillende typen droogte kan monitoren. SPI-1 toont grofweg aan of het een bepaalde maand meer of minder heeft geregend dan normaal, en kan dus vergeleken worden met het percentage normale neerslag voor die maand. Daarentegen, SPI-3 gebruikt 3 maanden en zegt dus meer iets over bodemvocht, en daarmee dus agrarische droogte. SPI-12 zou weer gebruikt kunnen worden om hydrologische droogte te onderzoeken/monitoren. Oftewel, hoe groter de tijdschaal hoe verder je kijkt in de droogte 'propagatie' (meteorologische droogte -> agrarische droogte -> hydrologische droogte).

Table 1. SPI values

2.0+	extremely wet
1.5 to 1.99	very wet
1.0 to 1.49	moderately wet
-.99 to .99	near normal
-1.0 to -1.49	moderately dry
-1.5 to -1.99	severely dry
-2 and less	extremely dry

Isohypsens

Momenteel kijkt de LCW naar grondwaterstanden om in de gaten te houden of die gaat dalen ten tijde van droogte. In dit onderzoek wordt gekeken naar een droog jaar, een tijdschaal van 1 jaar dus. Zoals bekend van grondwater, is dit gedeelte van de hydrologische cyclus erg traag. Ondanks dat de droogte op een bepaald moment niet direct (significant) invloed zal hebben op de grondwaterstand is het toch van groot belang om dit te monitoren. Echter, in plaats van enkel te kijken naar losse meetpunten wordt in deze focusgroep ook een gebiedsdekkende isohypsens kaart verstrekt om een beter beeld van de situatie te creëren. Daarnaast is gebleken uit eerdere analyses van dit onderzoek

dat de afvoer van middenlopen van de beken rondom de Veluwe een cruciaal punt is in het droogte beheer. De beekafvoer van de beken mogen niet beneden een bepaalde waarde komen in verband met ecologische voorwaarden, waarvoor een minimale stroomsnelheid noodzakelijk is. De (sprengen)beken rondom de Veluwe worden gevoed met grondwater en neerslag. Het grondwater stroomt vanuit de hoger gelegen delen naar de middenlopen van de beken. Hierdoor is het belangrijk om daling van de grondwaterstand tijdig op te merken.

Beekafvoer

Zoals hierboven al benoemd is de beekafvoer een belangrijk indicator, die een bepaalde minimale waarde dient te hebben zodat voldoende stroomsnelheid gewaarborgd blijft. Het bekensysteem is hierboven al kort uitgelegd. De beken worden hoofdzakelijk gevoed met grondwater en neerslag. Voor dit onderzoek, en tijdens deze focusgroep, wordt er specifiek gekeken naar de middenlopen van de beken. Droogvallen van de bovenlopen is niet uitzonderlijk als er weinig neerslag is, maar de middenlopen dienen water te blijven voeren en een bepaalde stroomsnelheid te behouden.

Bodemvocht

Een andere indicator die wordt gebruikt in deze focusgroep is bodemvocht. Bodemvocht is van groot belang voor landbouw en natuur, aangezien dit de watervoorraad in de wortelzone bepaald. Voor deze focusgroep is gekozen om bodemvocht in procenten weer te geven.

$$\theta = \frac{V_w}{V_t} * 100\%$$

waarin;

θ = bodemvocht [%]

V_w = volume van verzadigde poriën

V_t = totale volume van de bodem

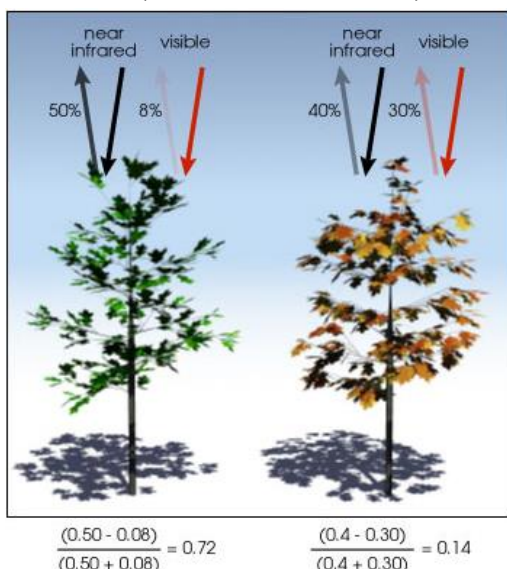
NDVI & EVI

Deze twee droogte indices zijn in principe hetzelfde, maar EVI gebruikt input data van een andere satelliet. Desondanks zijn er toch een aantal (kleine) verschillen tussen NDVI en EVI.

NDVI reageert op chlorofyl in de bladeren van planten. Chlorofyl absorbeert zichtbaar licht, en de cel structuur van bladeren reflecteert sterk nabij infrarood licht (NIR). Dus hoe meer 'gezonde' bladeren er zijn, hoe meer zichtbaar licht wordt geabsorbeerd en hoe meer NIR er wordt gereflecteerd. NDVI kan (theoretisch) waarden aannemen tussen -1 en +1, echter zijn waarden tussen 0 en +1 functioneel in de praktijk. Hoe dichtbij 1, hoe meer gezonde vegetatie er is. De waarde van NDVI zal doorgaans variëren van 0.3 tot 0.8, aangezien een waarde 0 betekent dat er geen vegetatie is en een waarde dichtbij 1 (0.8-0.9) toont de grootste mogelijkheid aan van dichtheid van bladeren.

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

$$EVI = G * \frac{(NIR - RED)}{(NIR + C1 * RED - C2 * BLUE + L)}, \text{ waarin; } G=2.5 \text{ (factor), } C1=6, C2=7.5$$



EVI reageert meer op veranderingen in de structuur van het bladerendek, type bladerdek en architectuur, en planten fysiologie. Verder werkt EVI hetzelfde als NDVI. Beide indices kunnen worden gebruikt als droogte indicator. EVI wordt geassocieerd met stress en veranderingen aan vegetatie door droogte, en NDVI identificeert droogte stress bij vegetatie.

Antwoordformulieren Focusgroep 1 - Participant 1

1e Update- April

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5
3 (door zeer beperkte hoeveel informatie, word ik alerter)

2e Update-Mei

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5
2

3e Update-Juni

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

4e Update-1e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

5

5e Update-2e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

6e Update-1e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

7e Update-2e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

8e Update-1e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

9e Update-2e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

10e Update- Oktober

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

Antwoordformulieren Focusgroep 1 - Participant 2

1e Update-April

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee: toelichting: te weinig informatie om situatie te duiden (vergelijking tov andere jaren)

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2: wel droog maar nog niet extreem.

2e Update-Mei

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1: we zijn altijd alert.

3e Update-Juni

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2: droog maar groeiseizoen is bijna achter de rug.

4e Update-1e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee: te weinig duiding (afwijking tov normaal, beekafvoeren)

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

5e Update-2e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

6e Update-1e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

7e Update-2e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

8e Update-1e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

9e Update-2e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

10e Update-Oktober

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja/Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

Antwoordformulieren Focusgroep 2 - Participant 1

1e Update-Januari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

2e Update-Februari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja (een beetje op slimme plekken, omdat SPI3 wijst op lage neerslag)*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

3e Update-Maart

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*
Ja, water vasthouden, nog wat meer dan vorige maand

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

4e Update-April

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja - maximaal*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

- peilopzet

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

5e Update-Mei

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja - maximaal*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

6e Update-Juni

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja - maximaal*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater
middenloop beken (lokaal) *Ja – gericht op beschermen*

Anders, namelijk.....:

Peilen opzetten

Water innemen uit rijkswateren

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

7e Update-1e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten)

Ja - maximaal

Onttrekkingverbod oppervlaktewater

*Ja – lokaal, gericht op
beschermen middenlopen
beken*

Onttrekkingverbod grondwater

*Ja – lokaal, gericht op
beschermen middenlopen
beken*

Anders, namelijk.....:

Zie 6^e update

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

5

8e Update-2e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten)

Ja

Onttrekkingverbod oppervlaktewater

Ja

Onttrekkingverbod grondwater

Ja

Anders, namelijk.....:

Zelfde als vorige

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

9e Update-1e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja – alles zelfde als vorige

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Zelfde als vorige

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

10e Update-2e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

11e Update-1e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

12e Update-2e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

13e Update-Oktober

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

14e Update- November

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

15e Update-December

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

0

Antwoordformulieren Focusgroep 2 - Participant 2

1e Update-Januari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

2e Update-Februari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1 uitgaande van lage grondwaterstanden iets water vasthouden

3e Update-Maart

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2 droogte neemt verder toe

4e Update-April

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*
Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk peilopzet

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

5e Update-Mei

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

6e Update-Juni

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*
Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*
Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4 onttrekkingsverbod voor grondwater waar de grondwaterstand laag is

7e Update-1e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

5 alle seinen staan op oranje / rood

8e Update-2e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

5

9e Update-1e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4 beken blijven redelijk op peil

10e Update-2e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4 beken op peil

11e Update-1e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3 groeiseizoen loopt op het eind

12e Update-2e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

13e Update-Oktober

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

14e Update-November

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

15e Update-December

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja/Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja/Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

0

Antwoordformulieren Focusgroep 2 - Participant 3

1e Update-Januari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

0

2e Update-Februari

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

0

3e Update-Maart

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

4e Update-April

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

5e Update-Mei

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

6e Update-Juni

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....: Extra water uit IJssel op het Apeldoorns kanaal

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

7e Update-1e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Extra water uit IJssel op het
Apeldoorns kanaal

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

8e Update-2e helft Juli

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Onttrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Extra water uit IJssel op het
Apeldoorns kanaal

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

4

9e Update-1e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

10e Update-2e helft Augustus

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Ottrekkingverbod grondwater *Ja*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

11e Update-1e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Ja*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

3

12e Update-2e helft September

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

2

13e Update-Oktober

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

14e Update-November

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Ja

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Ja*

Ottrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Ottrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

1

15e Update-December

Zou je adviseren om maatregelen te nemen, naar aanleiding van de informatie die is bekeken?

Nee

Zo ja, welke maatregel(en) zou je dan je dan adviseren?

Water vasthouden (bijv. door middel van duikers afsluiten) *Nee*

Onttrekkingverbod oppervlaktewater *Nee*

Onttrekkingverbod grondwater *Nee*

Anders, namelijk.....:

Wat is je mate van alertheid omtrent droogte, na deze update? Op een schaal van 0-5

0

