



Delft University of Technology

Document Version

Final published version

Citation (APA)

Broersma, S., Fremouw, MA., van den Dobbelsteen, AAJF., Stremke, S., de Waal, R., & Klap, K. (2011). *Duurzame energiebeelden voor de Veenkoloniën: op basis van energiepotentiekartering en netwerkanalyse*. Delft University of Technology, Faculteit Bouwkunde.

Important note

To cite this publication, please use the final published version (if applicable).
Please check the document version above.

Copyright

In case the licence states "Dutch Copyright Act (Article 25fa)", this publication was made available Green Open Access via the TU Delft Institutional Repository pursuant to Dutch Copyright Act (Article 25fa, the Taverne amendment). This provision does not affect copyright ownership.
Unless copyright is transferred by contract or statute, it remains with the copyright holder.

Sharing and reuse

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download, forward or distribute the text or part of it, without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license such as Creative Commons.

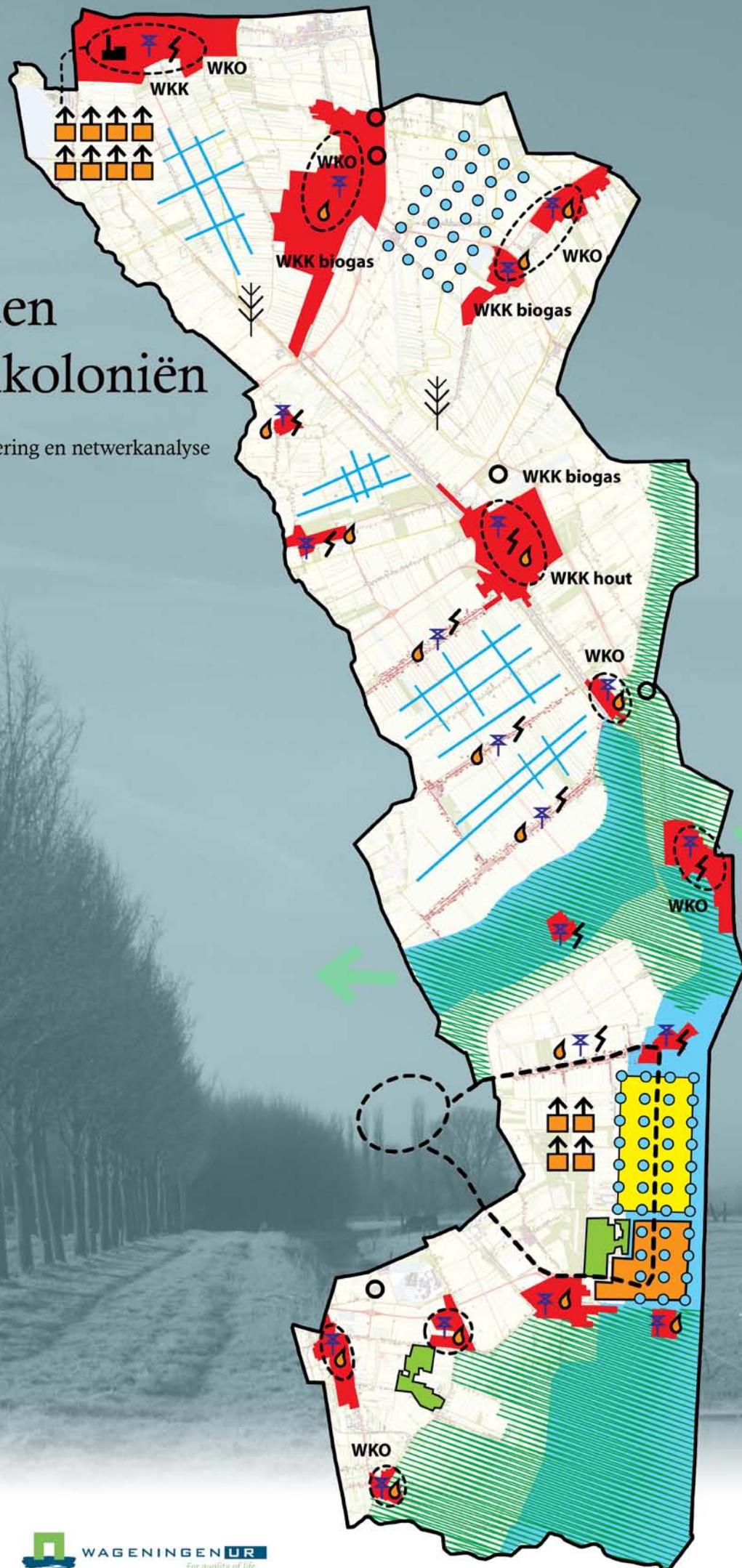
Takedown policy

Please contact us and provide details if you believe this document breaches copyrights.
We will remove access to the work immediately and investigate your claim.

This work is downloaded from Delft University of Technology.

Duurzame Energiebeelden voor de Veenkoloniën

op basis van energiepotentiekartering en netwerkanalyse



Duurzame energiebeelden voor de Veenkoloniën

op basis van energiepotentiekartering en netwerkanalyse

Eindrapport versie 2.3, april 2011

geschreven door:

Ir. S. (Siebe) Broersma
M.A. (Michiel) Fremouw, BSc
Prof.dr.ir. A.A.J.F. (Andy) van den Dobbelsteen
TU Delft, Faculteit Bouwkunde, sectie Climate Design

dr. Dipl. Ing. S. (Sven) Stremke M.A.
Ir. R. (Renee) de Waal
Ir. K. (Kasper) Klap
Wageningen Universiteit en Researchcentrum, sectie landscape Architecture

In opdracht van:

Agenda voor de Veenkoloniën
Provincie Groningen, afdeling Strategie en Omgevingsbeleid (uitvoerend)

Duurzame energiebeelden voor de Veenkoloniën

op basis van energiepotentiekartering en netwerkanalyses

Inhoudsopgave

01	Inleiding	5
01.01	Aanleiding en opgave.....	5
01.02	Doel van duurzame energiebeelden Veenkoloniën.....	5
01.03	Verwant onderzoek.....	5
01.05	Methodiek en opbouw rapport.....	7
02	De Veenkoloniën: introductie	9
02.01	Topografie en grondgebruik.....	9
02.02	Toekomstige ontwikkelingen	12
02.03	Beelden.....	15
02.04	Geschiedenis.....	16
02.05	Geografische indeling (CBS).....	16
03	Energievraag	17
03.01	Huidig primair energieverbruik	17
03.02	Energieverbruik woningen.....	17
03.03	Energieverbruik bedrijvigheid	19
03.04	Energieverbruik vervoer	20
03.05	Totaal primair energieverbruik Veenkoloniën.....	20
03.06	Energie-nulmeting.....	21
04	Energiepotenties	23
04.01	Zonne-energie.....	23
04.02	Windenergie.....	25
04.03	Biomassa	26
04.03.01	RWZI.....	27
04.03.02	Dierlijke mest	28
04.03.03	Houtige resten.....	29
04.03.04	GFT en groenafval	30
04.03.05	Energieteelt.....	31
04.03.06	Totaal biomassa	31
04.04	Geothermie.....	32
04.05	Bodemwarmtewisseling	34
04.06	Restwarmte.....	36
05	Opslagpotenties	37
05.01	Warmte- en koudeopslag	37
05.02	Biogas.....	39
05.03	Elektriciteit.....	40
05.03	Perslucht in zoutcavernes.....	43
06	Netwerken	44
06.01	Energienetwerken	44
06.02	Transportnetwerken.....	48
06.03	Waternetwerken	51

07	Energievisies	54
07.01	Methodiek energievisies	54
07.02	Beschrijving visie 1: de Alleenkoloniën	54
07.03	Kwantificatie Energievisie 1.....	57
07.04	Beschrijving visie 2: Veenkometro.....	64
07.05	Kwantificatie Energievisie 2.....	66
08	Integraal structuurbeeld.....	70
08.01	Integraal structuurbeeld uit workshop.....	70
08.02	Integrale energievisie (3)	72
08.03	Kwantificatie Energievisie 3.....	74
09	Conclusies en aanbevelingen	78
09.01	Conclusies.....	78
09.02	Aanbevelingen	78
	Referentielijst	80

Enkele gebruikte afkortingen:

W	Watt	1 J/s
MW	megawatt	10^6 J/s
kWh	kilowattuur	$3.6 \cdot 10^6$ J
GWh	gigawattuur	$3.6 \cdot 10^9$ J
MJ	megajoule	10^6 J
GJ	gigajoule	10^9 J
TJ	terajoule	10^{12} J
PJ	petajoule	10^{15} J
-pr	primair	
-e	elektrisch	
ha	hectare	10.000 m ²
s	seconde	
jr	jaar	

01 Inleiding

01.01 Aanleiding en opgave

In juni 2010 is voor de Agenda voor de Veenkoloniën het project Hotspot Veenkoloniën van start gegaan. Binnen dit project is het hoge ambitieniveau gesteld om als regio meer koolstofdioxide vast te leggen dan er uitgestoten wordt. Hiermee zal het gebied een bijzonder grote bijdrage gaan leveren in het tegengaan van klimaatveranderingen. Voor de Hotspot Veenkoloniën zijn diverse deelprojecten uitgeschreven om vanuit verschillende disciplines en mogelijkheden aan deze doelstelling bij te dragen.

In dit rapport is een drietal van deze deelprojecten opgenomen: de netwerkanalyse, de energiepotentiëstudie en een integrale energievisie. De ruimtelijke bouwstenen van de eerste twee projecten vormen de input voor het ruimtelijke structuurbeeld. Deze integrale energievisie omvat een duurzame energievisie waarin ook rekening is gehouden met de uitkomsten van andere deelstudies.

01.02 Doel van duurzame energiebeelden Veenkoloniën

De doelstelling van het gehele project Hotspot Veenkoloniën is om vanuit de verschillende disciplines tot een visie voor het gebied te komen waarin er geen netto CO₂-uitstoot meer plaatsvindt in het gebied en er zelfs meer wordt vastgelegd dan uitgestoten.

De doelstelling binnen deze bundeling van deelprojecten in dit rapport is, om op basis van de energiepotentiëstudie in combinatie met de netwerkanalyse, energieviesies te generen waarin de gehele energievoorziening voor het gebied minimaal CO₂-neutraal is. In deze beelden van duurzame energielandschappen worden nog geen voorstellen gedaan voor het tegengaan of compenseren van de broeikasgassen die andere oorzaken hebben dan energiegebruik, zoals uit de veeteelt en van het opdrogen van veengebieden.

01.03 Verwant onderzoek

Energy Potential Mapping

De Energy Potential Mapping (EPM) methode^[1] heeft zich over de afgelopen jaren ontwikkeld in verschillende onderzoeken die zijn uitgevoerd voor o.a. Noord-Nederland, Groningen, Almere, Schiphol en Hoogezand-Sappemeer.

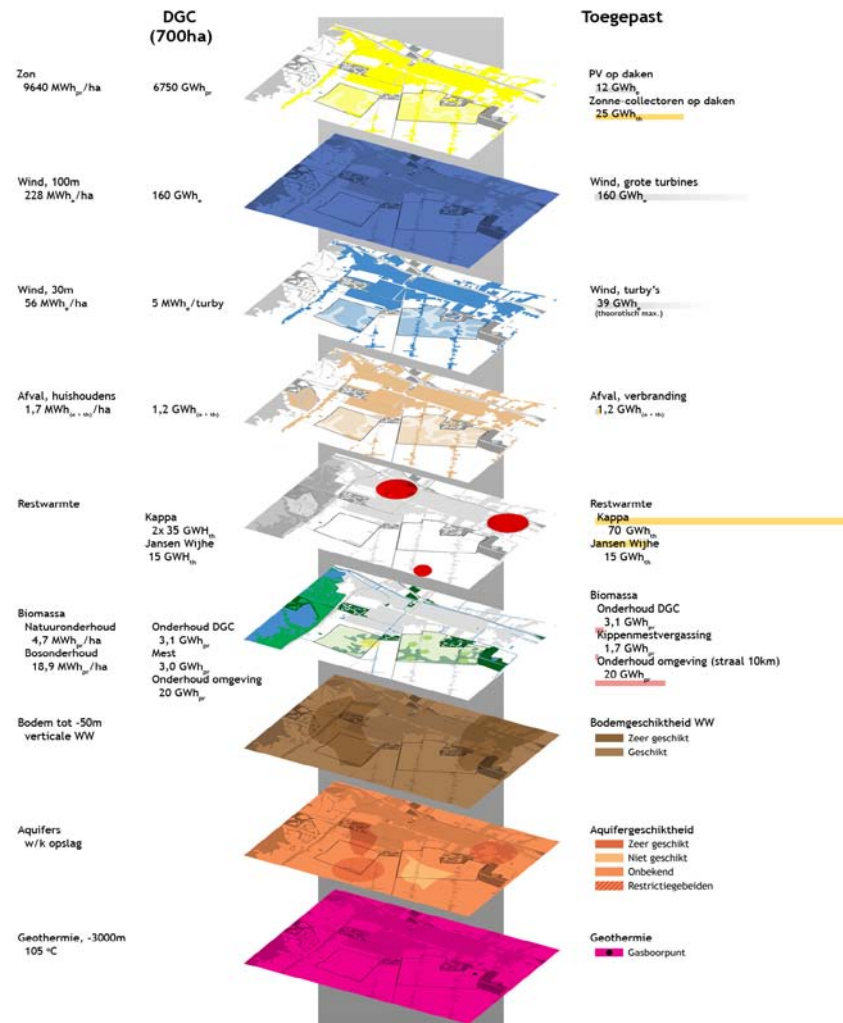
EPM is een gestructureerde benadering om energiepotenties binnen een gebied overzichtelijk te karteren en (waar mogelijk) te kwantificeren, onafhankelijk van de schaalgrootte van het gebied. Voorgaande onderzoeken varieerden van provinciale schaal tot op wijkschaal. Lokale karakteristieken van klimaat, de ondergrond en de omgeving worden vertaald naar energiepotenties, die samengevoegd een energiepotentie-overzicht geven van het betreffende gebied.

Bij de eerste studies werden verschillende karakteristieken in een overlapkaart samengevoegd en toonden in één overzicht de belangrijkste potenties. In latere onderzoeken groeide dit uit tot een overzichtelijke stapel van kaarten, waarbij iedere kaart een verschillende energiepotentie vertegenwoordigde en zowel theoretische energiepotenties werden gekwantificeerd als realistisch opwekbare hoeveelheden energie. De laatste vorm werd verduidelijkt met vergelijkbare balkjes die vraag en aanbod weer kwantificeerden. Figuur 1 toont de energiepotentiëstapel zoals die gemaakt is voor de nieuwbouwwijk De Groene Compagnie in Hoogezand-Sappemeer.

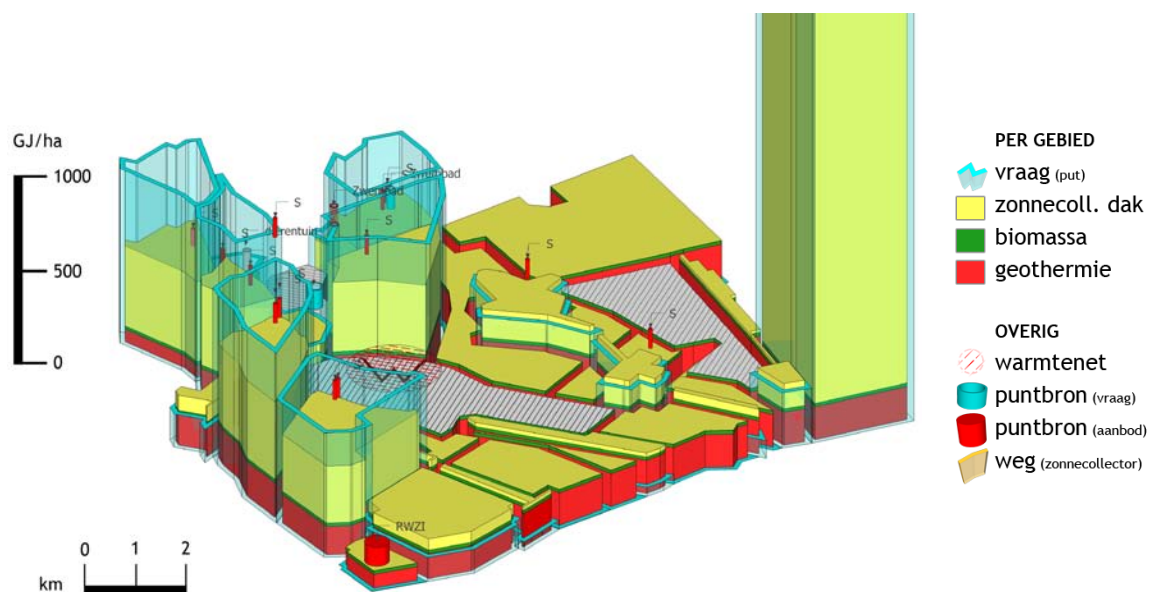
Het laatst uitgevoerde EPM-onderzoek is het project 'Warmtekaarten – Nederlandse warmtekarakteristieken in kaart gebracht'^[2]. Hierin werd de methodiek van het karteren van energie, en hier alleen toegespitst op warmte (en koude), weer verder ontwikkeld in 3D-kaarten, waarin in een enkele kaart van verschillende warmtepotenties naast de kwantiteit ook de exergetische (kwalitatieve) waarden zijn gevisualiseerd. Figuur 2 toont een voorbeeld van een warmtekaart voor de regio Emmen (hierin zijn nog geen exergetische waarden meegenomen).

Potentiestapel De Groene Compagnie

Energiepotenties



Figuur 1: De energiepotentiestapel voor De Groene Compagnie in Hoogezand-Sappemeer^[3]



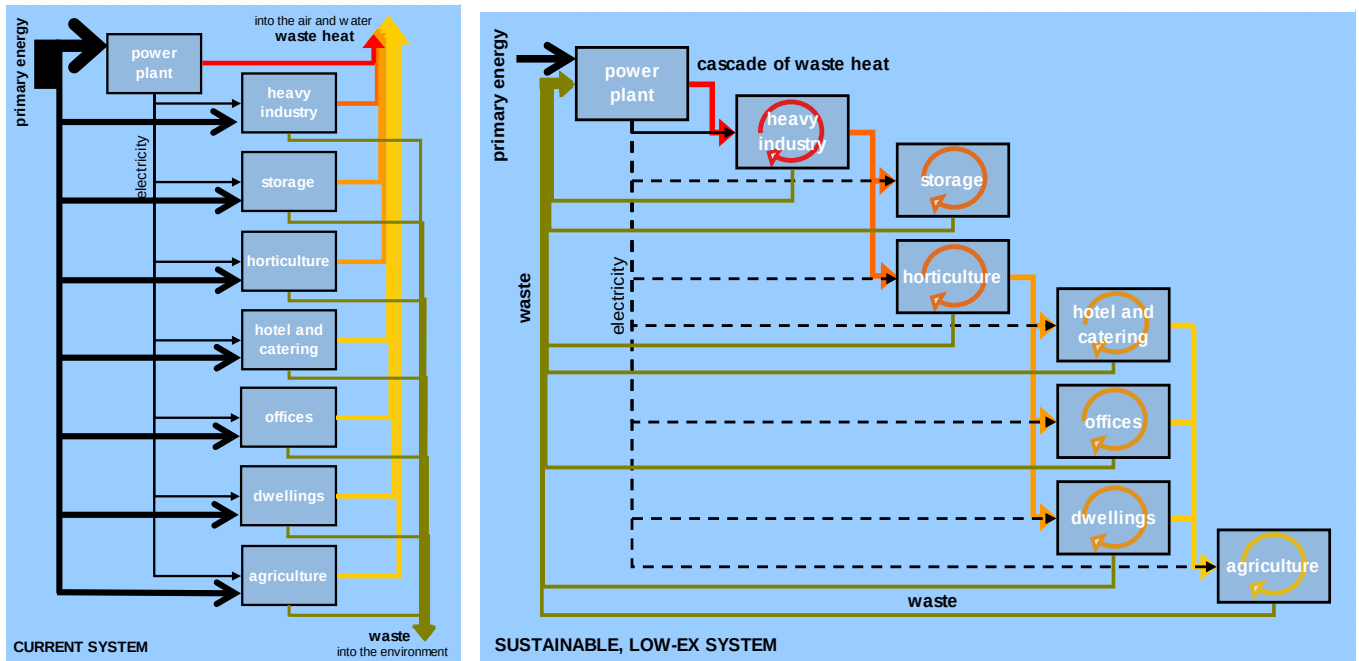
Figuur 2: Voorbeeld van een 3D-Warmtekaart, van de regio Emmen^[2]

SREX

SREX^[4] is een vierjarig onderzoek waaraan de leerstoel Climate Design & Sustainability van de TU Delft deelneemt samen de universiteiten van Groningen en Wageningen, de Hogeschool Zuyd en Deltares. SREX staat voor Synergie in Regionale Planning en Exergie en het doel van het project is een tool te ontwikkelen voor ruimtelijke planners om optimalere energiesystemen te ontwikkelen met behulp van het exergieprincipe, waarbij optimaal gebruik wordt gemaakt van regionale energiepotenties.

Met het toepassen van het exergieprincipe bij het ontwerpen van energiesystemen op regionale schaal, wordt bedoeld dat energie op een effectievere gecascadeerde wijze in deze systemen wordt gebruikt.

De schema's van Figuur 3 verduidelijken het exergieprincipe, waarbij energie met de hoogste kwaliteit (warmte van hoge temperatuur in dit geval) daar wordt ingezet waar er vraag naar is. De reststromen van energie (restwarmte) van de ene functie kunnen weer ingezet worden bij de volgende, waar er vraag is naar energie van minder hoge kwaliteit (minder hoge temperatuur).



Figuur 3: Energiecascade van een huidig systeem (links) en een low-ex systeem (rechts) ^[5]

01.05 Methodiek en opbouw rapport

Na een korte introductie van de Veenkoloniën in hoofdstuk 2 volgt een volledige energiepotentiekartering van het gebied. Deze energiepotentiekartering is verdeeld in energievraag, energiepotenties en opslagpotenties met in hoofdstuk 3 de bepaling van de huidige energievraag van de Veenkoloniën, gevolgd door de aanwezige (duurzame) energiepotenties in hoofdstuk 4 en de energieopslagpotenties in hoofdstuk 5.

Na de EPM-studie volgt in hoofdstuk 6 een netwerkanalysestudie. Hierin worden de aanwezige energie-, transport- en waternetwerken geïnventariseerd.

De basiskennis uit de EPM-studie en netwerkanalysestudie vormt als het ware een 'duurzame energiecatalogus' voor de Veenkoloniën en heeft als input gediend om tot 2 energieviesies voor de Veenkoloniën te komen waarop het gebied op verschillende wijze minimaal energieneutraal wordt gemaakt en daarmee CO₂-neutraal is betreft de grootste bijdrage vanuit energiegebruik.

Deze 2 visies worden in hoofdstuk 7 besproken en zijn hier ook doorgerekend om te bepalen of en hoe deze daadwerkelijk energieneutraal gemaakt worden.

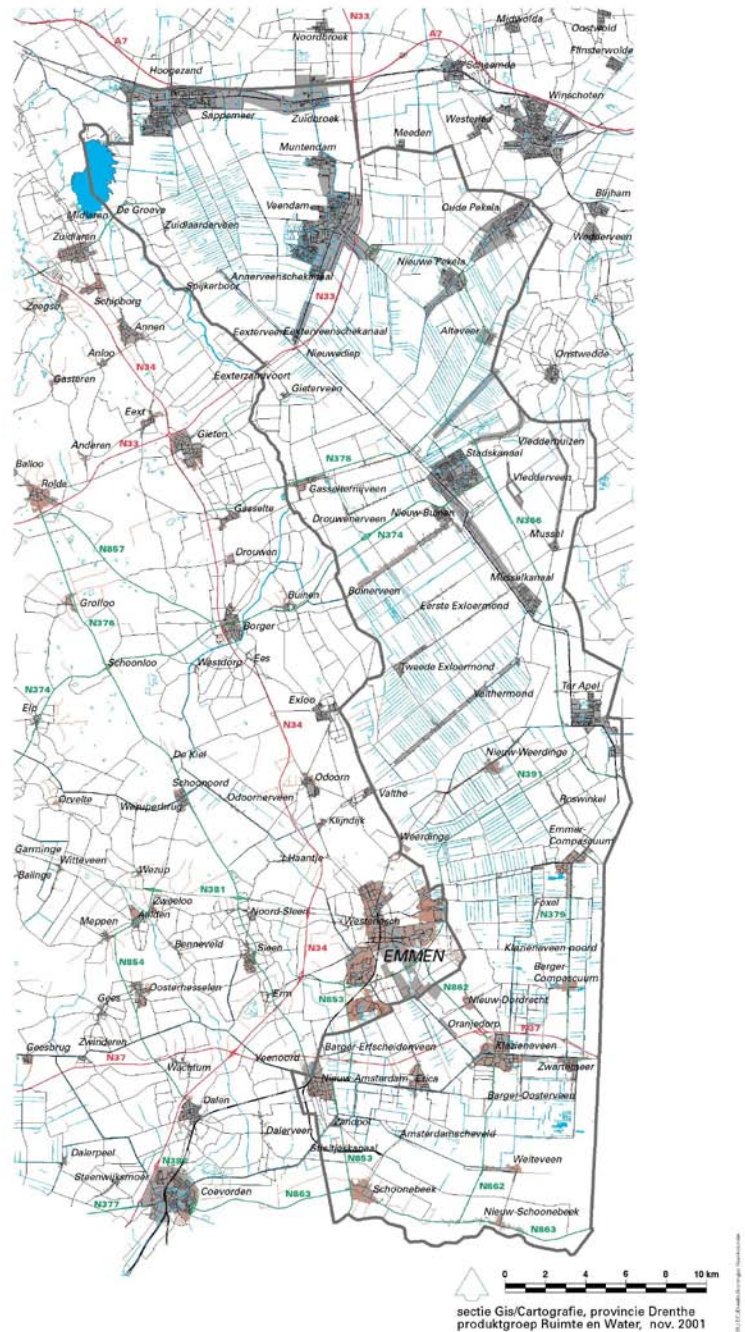
In hoofdstuk 8 wordt uiteindelijk toegewerkt naar een integrale energievisie. Met behulp van beide visies, die in een workshop gepresenteerd zijn, is in deze workshop een integraal structuurbeeld gemaakt, waarin ook de belangrijkste bevindingen uit andere deelstudies voor de hotspot Veenkoloniën zijn meegenomen. Dit integrale structuurbeeld heeft als basis gediend om tot een integrale energievisie te komen.

02 De Veenkoloniën: introductie

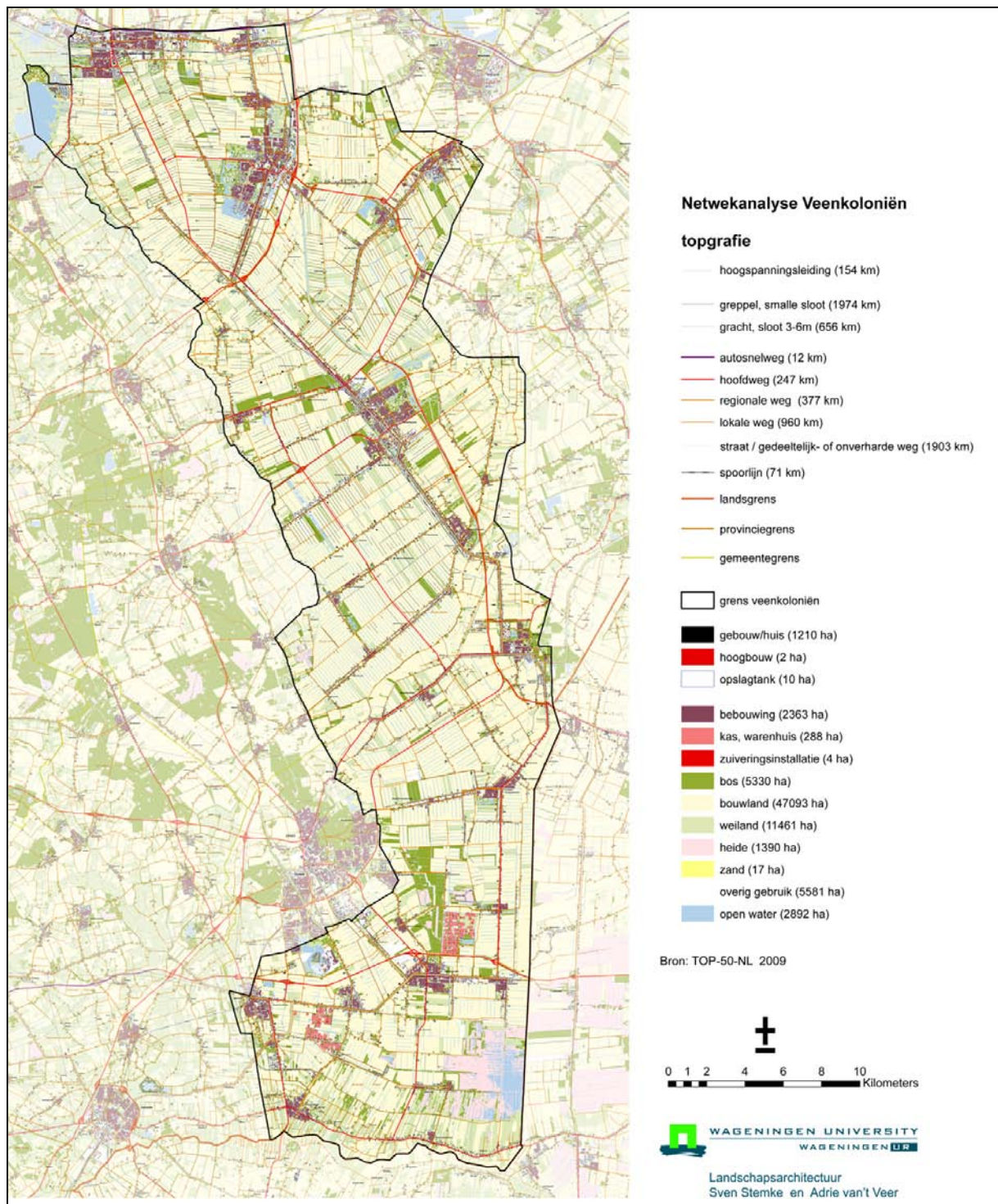
De Drents-Groningse Veenkoloniën liggen in het Zuiden en oosten van de provincie Groningen en het oosten van Drenthe. De Veenkoloniën maken deel uit van de gemeenten Aa en Hunze, Borger-Odoorn, Emmen, Hoogeveen, Menterwolde, Pekela, Stadskanaal, Veendam en Vlagtwedde^[6].

02.01 Topografie en grondgebruik

Een veenkolonie is een nederzetting die is ontstaan doordat arbeiders naar een gebied trokken waar hoogveen werd afgegraven voor de productie van turf. Met de aanduiding *Veenkoloniën* wordt (meestal) gedoeld op de streek in het oosten van de Nederlandse provincies Groningen en Drenthe. Hier lag het Bourtangermoeras dat vanaf omstreeks 1600 in cultuur werd gebracht. Tot in de zeventiende eeuw was het een vrijwel onbewoonde streek waar alleen langs de randen op kleine schaal turf werd gewonnen. Sindsdien is vrijwel alle turf afgegraven en is er een compleet nieuw landschap ontstaan, gedomineerd door lintbebouwing langs deels al weer gedempte kanalen. De grootschalige vervening in Zuidoost-Drenthe begon pas vanaf 1850, nadat de eerste grote kanalen (Verlengde Hoogeveense Vaart en Oranjekanaal vanuit het westen en het Scholtenskanaal vanuit het noorden) waren gegraven. Het veen in Zuidoost-Drenthe bevatte een dikke bolsterlaag. Deze werd voornamelijk fabrieksmatig verwerkt tot turfstrooisel. De meeste veenkoloniën worden gekenmerkt door hun langgerekte ligging langs een kanaal met lintbebouwing. Er zijn echter ook veenkoloniën die niet zijn ontstaan langs een kanaal, maar langs een weg.



Figuur 4: Gebied, begrenzing en locatie van de Veenkoloniën



Figuur 5: Topografische map van de Veenkoloniën (bron: Stremke and Veer, WUR).

Het Veenkoloniëgebied wordt getypeerd door grote aaneengesloten landbouwgebieden. Bijna 60% van het gebied is bouwland, gevolgd door 14% aan weiland. In tegenstelling tot de Hondsrug aan de westzijde heeft het Veenkoloniëgebied weinig bos (7%) en heide (2%). Een aanzienlijk oppervlak bestaat uit industrie (1451 ha) en kassen (288 ha).

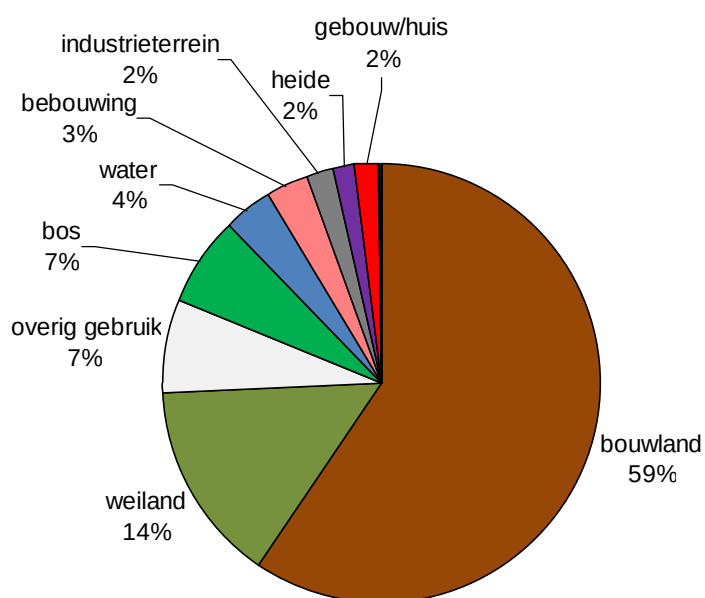


Figuur 6: landgebruik in de Veenkoloniën: Tuinbouw in Zwartemeer (bron: Jan Sibon)

Topografie/vlakken

	ha
Bouwland	47093
Weiland	11461
overig gebruik	5581
Bos	5330
Water	2892
Bebouwing	2363
industrieterrein	1451
Heide	1390
gebouw/huis	1210
kas/warenhuis	288
Opslagtank	10
Zand	17
zuiveringsinstallatie	4
Hoogbouw	2

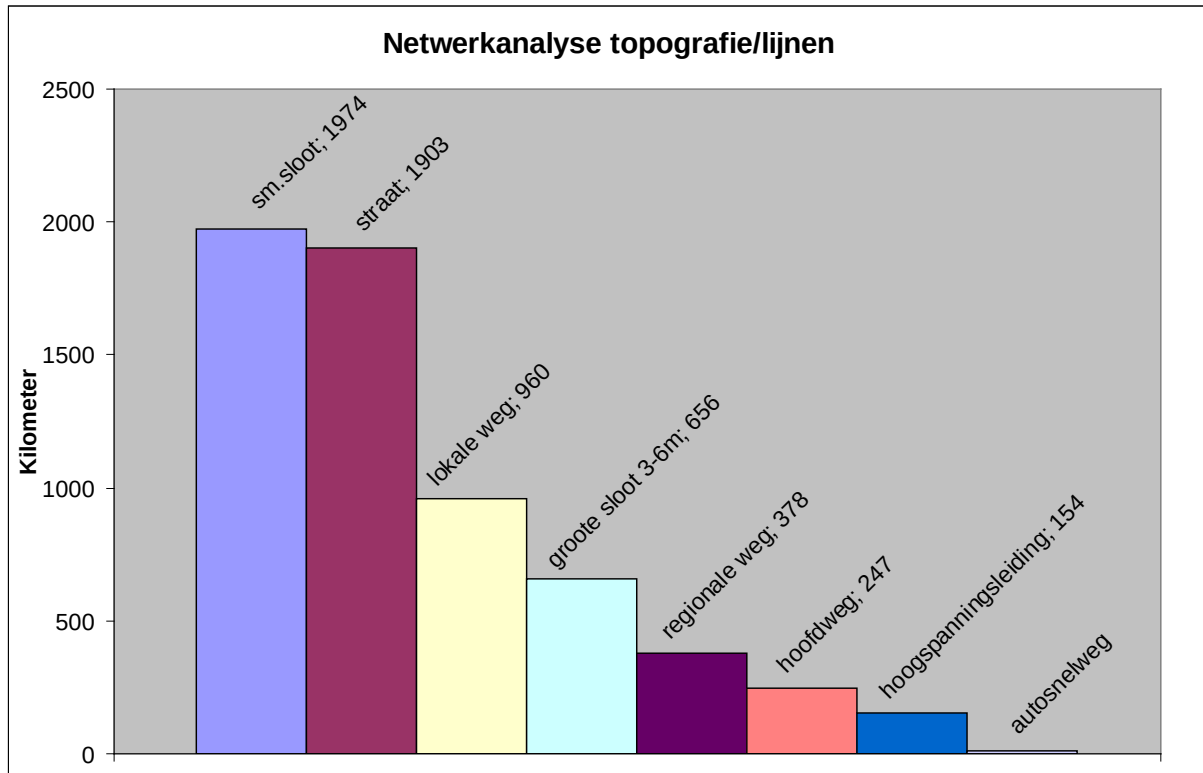
Netwerkanalyse/Topografie/vlakken



Tabel 1 (links): Overzicht van huidig landgebruik in de Veenkoloniën.

Figuur 7 (rechts): Verdeling van huidig landgebruik in de Veenkoloniën (bron: Stremke en Veer, WUR).

Ten opzichte van de lineaire elementen in het landschap hebben de Veenkoloniën een zeer dicht en uitgestrekt netwerk van smalle sloten (in totaal 1974 km) en brede sloten (656 km). Het transportnetwerk bestaat uit straten (1903 km), lokale wegen (960 km), regionale verbindingswegen (378 km), hoofdwegen (247 km) en snelwegen (12 km). Hoogspanningslijnen vormen een ander typisch landschapselement in de Veenkoloniën, in totaal 154 km.



Figuur 8: Overzicht lineaire elementen in de Veenkoloniën (bron: Stremke en Veer, WUR)

02.02 Toekomstige ontwikkelingen

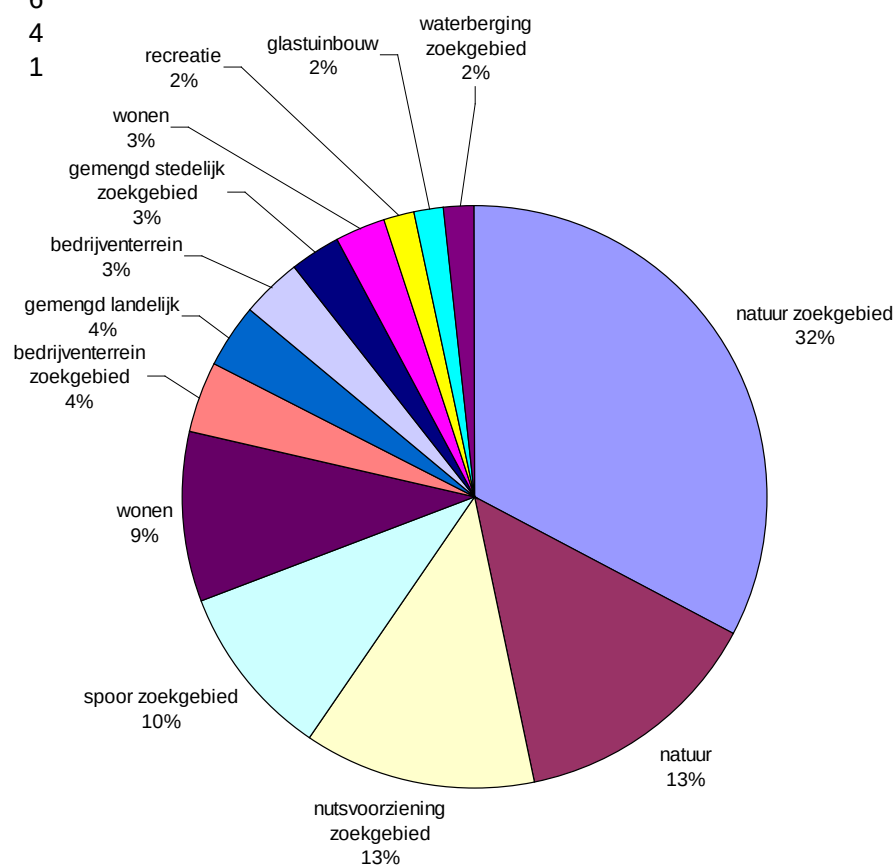
Om voor de langetermijnontwikkeling van de Veenkoloniën toekomstscenario's te kunnen samenstellen, is het niet alleen van belang om de huidige toestand in het gebied in kaart te brengen (zie 02.01), maar ook om zicht te hebben op mogelijke ontwikkelingen op de korte termijn. De *Nieuwe kaart van Nederland*^[7] geeft inzicht in de invloed van externe ontwikkelingen op de Veenkoloniën (zie Figuur 9, Figuur 10 en Tabel 2 hierna).

De grootste verandering in grondgebruik komt voort uit ontwikkeling van natuurgebieden. In totaal 3.830 ha is geormerkt als 'natuurzoekgebied' en nog eens 1.625 ha als 'natuur'. Daarnaast zijn er grote zoekgebieden voor 'nutsvoorziening' (1.478 ha) en mogelijke uitbreidingen van het spoorwegnetwerk (1.151 ha). Verdere ontwikkelingen relevant voor energiebewust plannen, zijn 1.100 ha voor woningbouw, 438 ha + 305 ha voor bedrijventerreinen en 196 ha voor nieuwe kassen.

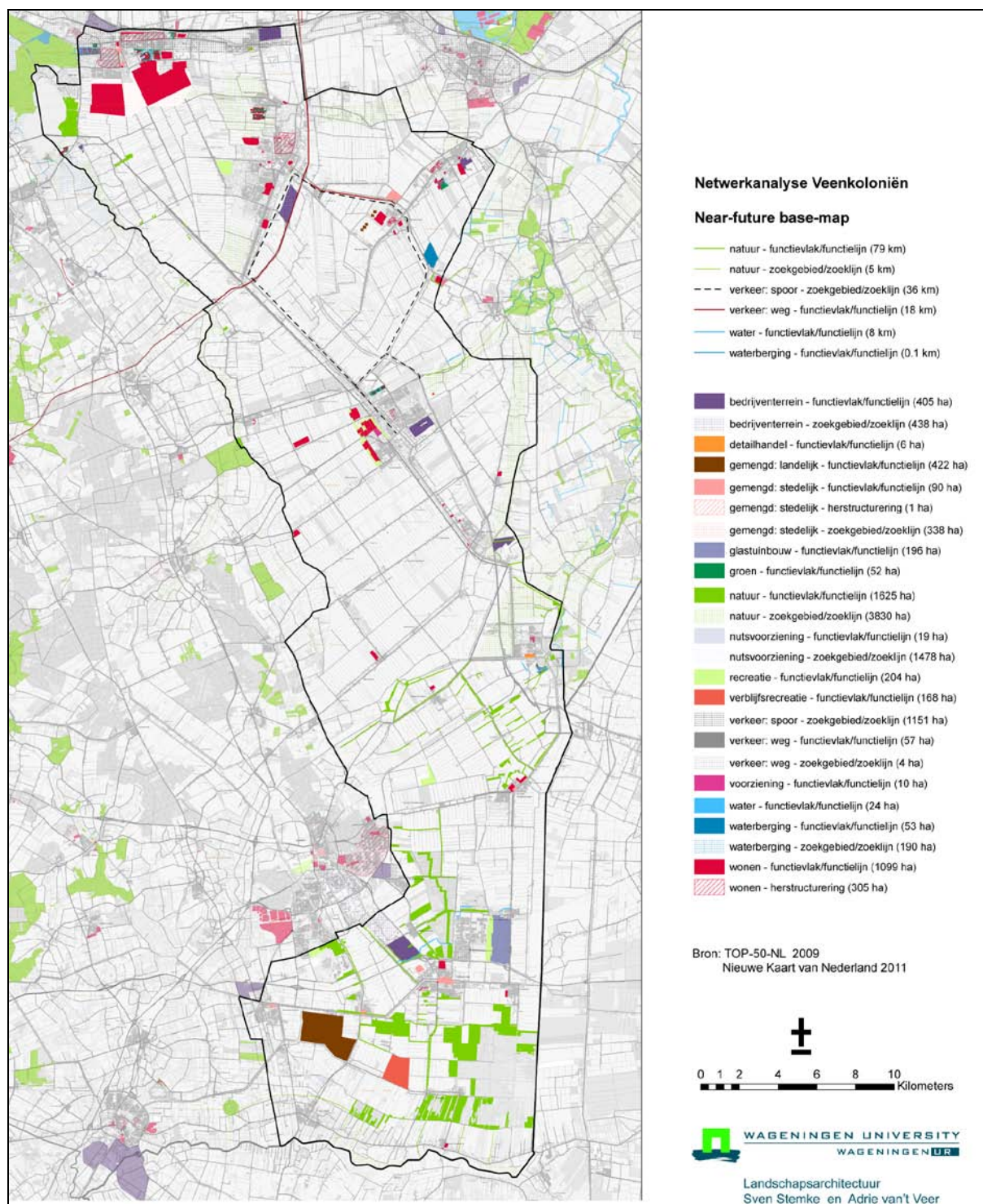
Tabel 2: Overzicht nabije toekomstige ontwikkelingen (gebaseerd op ^[7])

Nabije toekomstige ontwikkelingen

	ha
natuur zoekgebied	3830
natuur	1625
nutsvoorziening zoekgebied	1478
spoor zoekgebied	1151
wonen	1100
bedrijventerrein zoekgebied	438
gemengd landelijk	422
bedrijventerrein	405
gemengd stedelijk zoekgebied	338
wonen	305
recreatie	204
glastuinbouw	196
waterberging zoekgebied	190
verblijfsrecreatie	168
gemengd stedelijk	90
weg	57
waterberging	53
groen	52
water	24
nutsvoorziening	19
voorziening	10
detailhandel	6
weg zoekgebied	4
gemengd stedelijk herstructurering	1



Figuur 9: Distributie van kortetermijnontwikkelingen in de Veenkoloniën^[7].



Figuur 10: Overzicht van mogelijke korte-termijnontwikkelingen in de Veenkoloniën (gebaseerd op ^[7]).

02.03 Beelden



*Figuur 11: Een typische langwerpige kanaalnederzetting in de Veenkoloniën
(bron: Rob Roggema, presentatie 24 juni 2010)*



Figuur 12: Kanaal met huizen in de Veenkoloniën (bron: Rob Roggema, presentatie 24 juni 2010)

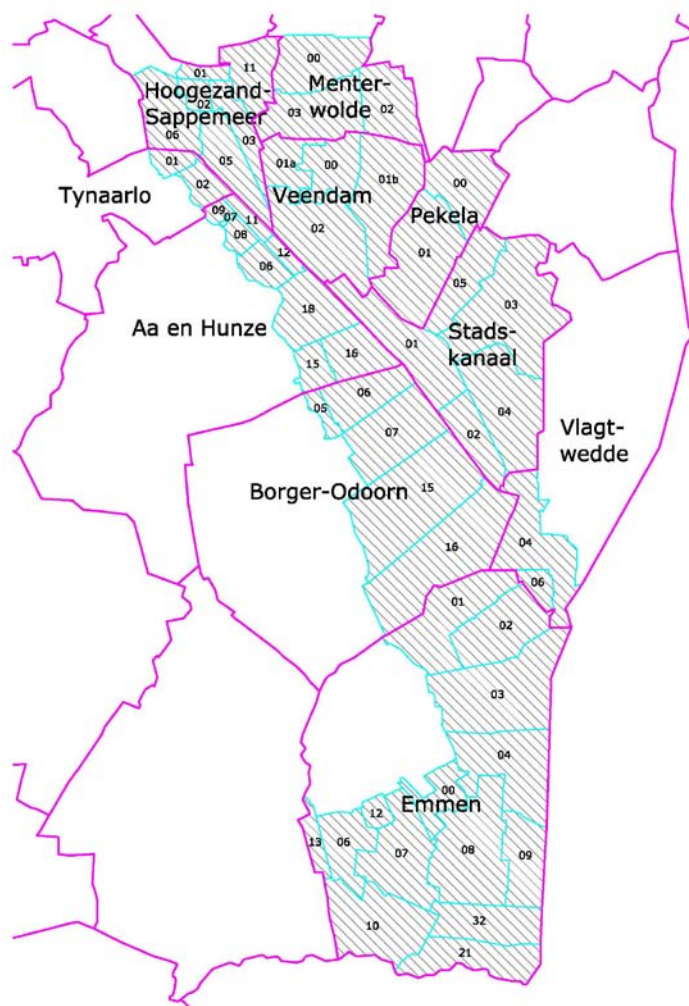
02.04 Geschiedenis

De naam van het gebied geeft de historisch sterke verwevenheid met de energievoorziening aan. Honderden jaren lang, tot in het begin van de 20^e eeuw, werd in het vroegere moerasgebied uitgebreid turf gestoken en langs een enorm stelsel van nieuw gegraven afwateringskanalen wijd geëxporteerd. Op afgegraven gebieden werd zand bijgemengd en landbouw bedreven, en uit het veentransportwezen kwam een bloeiende scheepsbouwindustrie voort.

Van recenter datum zijn de aardappelverwerkende en kartonindustrieën, en de zout-, aardolie- en aardgaswinning, waarbij de laatste twee wederom een grote bijdrage leveren aan de landelijke energievoorziening.

02.05 Geografische indeling (CBS)

Veel statistische gegevens van deelgebieden in Nederland zijn beschikbaar bij het CBS. Bepaalde gegevens zijn tot op buurtniveau bekend. Voor het gebied van de Veenkoloniën is gekozen om in dit onderzoek naar energiepotenties en een energievisie voor het gebied, de CBS-wijken als kleinste deelgebieden te kiezen en hiermee het topografische gebied van de Veenkoloniën opnieuw te definiëren. Dit betekent dat in sommige gevallen de grenzen van de CBS-wijken net niet overeen komen met de grenzen van de Veenkoloniën en dat voor dit onderzoek de dichtbij gelegen grenzen van de CBS-wijken worden gehandhaafd. In de meeste gevallen komen de CBS-grenzen echter precies overeen met de in de initiële projectdocumenten getekende grens van de Veenkoloniën. In Figuur 13 is de onderverdeling van de Veenkoloniën naar CBS-wijken te zien.



Figuur 13: De Veenkoloniën en haar gemeentes (paarse lijnen) en CBS-wijken (blauw)

03 Energievraag

03.01 Huidig primair energieverbruik

Het huidige primair energieverbruik van de gehele Veenkoloniën is alleen exact te bepalen door dit te meten. Het verbruik is echter wel in benadering te berekenen met behulp van aannames en gemiddelde waarden. Het *primaire energieverbruik* is niet gelijk aan de *energievraag* vanwege de rendementsverliezen van de verschillende opwekkingsmethoden (zoals elektriciteitscentrales en CV-ketels). De energievraag is wel te bepalen uit het primaire energieverbruik, door de rendementsverliezen van het primaire energieverbruik af te trekken. Het huidige gebruik is dus (altijd) groter dan de werkelijke vraag. De energievraag is in feite de energienulmeting en is van groot belang omdat de vernieuwende duurzame energievisies die later in dit rapport worden beschreven, aan deze vraag zullen moeten voldoen om naar een volledig duurzame of CO₂-neutrale energievoorziening toe te werken.

Het huidige primaire energieverbruik komt voort uit de gebouwgebonden energievraag van woningen, de energievraag vanuit de bedrijven en instanties (bedrijvigheid) en vanuit al het vervoer.

De energienulmeting in dit hoofdstuk is op vergelijkbare wijze gemaakt zoals Ecofys dit heeft gedaan in de CO₂-nulmeting voor Oost-Groningen^[8]. Alleen is de energievraag niet omgerekend naar CO₂-emissies.

In de volgende paragrafen wordt voor de verschillende typen verbruikers het primaire energieverbruik telkens bepaald naar energiesoort. Hiervan worden de rendementsverliezen afgehaald om zo uiteindelijk bij elkaar opgeteld, de totale energievraag van de Veenkoloniën te krijgen.

In de tabellen in de komende paragrafen is telkens een onderscheid gemaakt naar het type energie door deze in tabellen van een kleur te voorzien:

	elektriciteit (hoge exergiewaarde)
	warmte (lage exergiewaarde)
	primaire brandstof (hoge exergiewaarde: gas/kolen/biomassa)
	vloeibare/gasvormige primaire brandstof (hoogste exergiewaarde: brandstof voor vervoer)
	basisgebruik (Elektriciteit + gas)

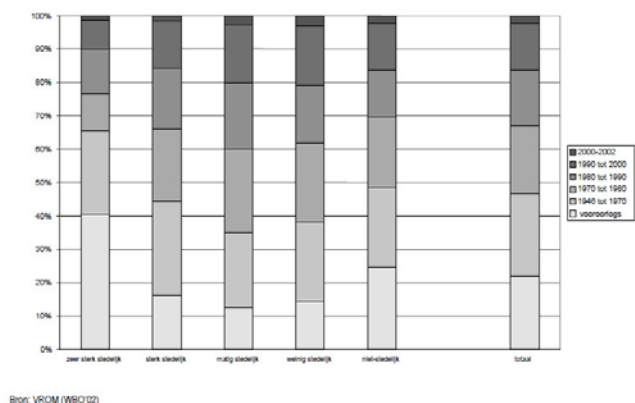
Hiermee wordt een onderscheid gemaakt in de exergetische waarden van energie, omdat laag-exergetische vormen van energie de hoogwaardigere vormen niet kunnen vervangen maar omgekeerd wel. Zo kan bijvoorbeeld een hoeveelheid energie in de vorm van warmte niet in de energievraag van vervoer voorzien maar kan uit primaire energie in de vorm van biomassa wel elektriciteit en warmte gemaakt worden.

Er wordt hier alleen onderscheid gemaakt in elektriciteit, warmte en primaire brandstof, waarbij de primaire brandstof nog is onderverdeeld in de vorm met hoge dichtheid (olie, (bio)brandstof), geschikt voor vervoer, en de vorm van minder hoge dichtheid, waarmee wel de hoogste temperaturen (industrie) mee zijn te maken.

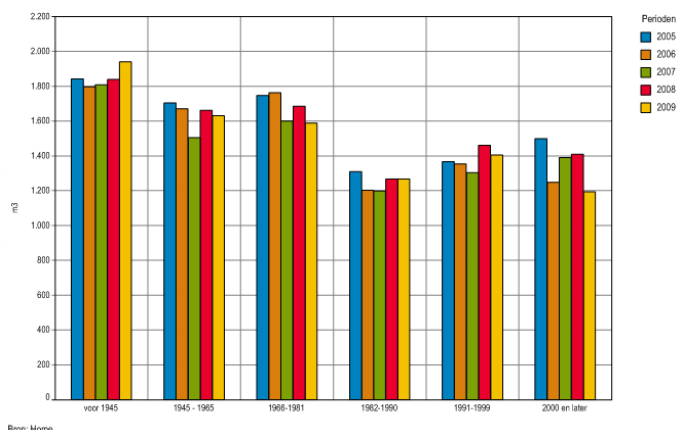
03.02 Energieverbruik woningen

Het energieverbruik van woningen bestaat uit het elektriciteitsverbruik en het gasverbruik. Het CBS heeft alleen gemiddelde gegevens van het energieverbruik van Nederlandse woningen^[9]. Met behulp van Figuur 14 over de verdeling van bouwjaar van woningen naar stedelijkheid en de verdeling van energieverbruik naar bouwjaar in Figuur 15 is echter beter gespecificeerd naar een gebied de gasvraag van woningen te bepalen.

B7.1 Bouwjaar van woningen naar stedelijkheid, 2002 (in procenten)



gasverbruik naar bouwjaar [m3] 2005-2009
Nederland



Figuur 14 (links): Verdeling bouwjaar woningen naar stedelijkheid ^[8]

Figuur 15 (rechts): Gasverbruik naar bouwjaar ^[10]

Nu moeten alleen de verschillende gemeentes (of de delen hiervan) in de Veenkoloniën nog naar stedelijkheid worden ingedeeld. In navolging van ^[8] wordt Veendam als matig stedelijk gekwalificeerd en Pekela als weinig stedelijk, daarnaast worden hier Aa en Hunze, Borger-Odoorn en Tynaarlo hier als niet stedelijk gekwalificeerd, Vlagtwedde als weinig stedelijk en Emmen, Hoogezand-Sappemeer en Stadskanaal als matig stedelijk.

In Tabel 3 is het energieverbruik per huishouden gespecificeerd. Voor de elektriciteitsvraag is hier wel overal met het Nederlandse gemiddelde gerekend. De elektriciteitsvraag is ook teruggerekend naar het primaire energieverbruik (de hoeveelheid primaire energie die benodigd is om de elektriciteit op te wekken).

Energieverbruik per huishouden (gem. NL)				
	gas		elektriciteit	
	m3	GJ		
gemiddeld	1650	52.3	3500	kWh
niet sted.	1556	49.3		
weinig sted.	1513	47.9	12.6	GJ-e
matig sted.	1503	47.6	31.5	GJ-pr
totaal g+e:			64.9	GJ
totaal-pr:			83.8	GJ-pr

Tabel 3: energieverbruik per huishouden

Door het gasverbruik en de elektriciteitsvraag per huishouden met het aantal woningen in de (deel)gemeentes in de Veenkoloniën te vermenigvuldigen, is het totale energieverbruik voor woningen bepaald. Deze is af te lezen in Tabel 4.

Het gasverbruik voor woningbouw bedraagt in de Veenkoloniën ruim 4 PJ en de elektriciteitsvraag ruim 1 PJ. Deze laatste wordt in elektriciteitscentrales uit 2.7 PJ primaire energie gemaakt, waarmee het totale primaire energieverbruik voor woningen op bijna 7 PJ komt, het totale energieverbruik in de woningen zelf is 5.25 PJ.

Energieverbruik huishoudens in de Veenkoloniën							
	woningen	gas (TJ-pr)	GWHe = elektr. (TJ-e)	=TJ-pr (e)	TJ-pr tot.	stedelijkheid	
Aa en Hunze	2230	110	7.8	28.1	70.2	180	niet
Borger-Odoorn	5150	254	18.0	64.9	162.2	416	niet
Emmen	23750	1131	83.1	299.3	748.1	1879	matig
Hoogezand-Sappemeer	14315	682	50.1	180.4	450.9	1133	matig
Menterwolde	4450	213	15.6	56.1	140.2	353	weinig
Pekela	5490	261	19.2	69.2	172.9	434	matig
Stadskanaal	14745	702	51.6	185.8	464.5	1167	matig
Tynaarlo	275	14	1.0	3.5	8.7	22	niet
Veendam	12365	589	43.3	155.8	389.5	978	matig
Vlagtwedde	4110	197	14.4	51.8	129.5	326	weinig
totaal:	86880	4152	304	1095	2737	6889	
totaalverbruik:						5.25	PJ-g+e
						6.89	PJ-pr

Tabel 4: Energieverbruik woningen in de Veenkoloniën

03.03 Energieverbruik bedrijvigheid

Het bepalen van het energieverbruik van alle bedrijven is in principe een stuk ingewikkelder, omdat bedrijven geheel verschillend van schaal kunnen zijn (de spreiding voor woningen is relatief beperkt) en er zich verschillende energievragende processen kunnen plaatsvinden. Om het energieverbruik van de bedrijven te bepalen, is in navolging van ^[8] gekeken naar het aantal werknemers dat werkzaam is in een bepaalde sector in de gemeentes binnen de Veenkoloniën. Via het CBS is te vinden hoeveel personen in een bepaalde gemeente in een bepaalde SBI'93-sector (standaard beroepsgroep) werkzaam zijn en via Ecofys zijn gegevens verkregen over de gemiddelde gas- en elektriciteitsvraag per werknemer onderverdeeld naar de verschillende sectoren. In deze energievraag zijn alle bedrijfsgebonden energievragen opgenomen (voor de warmtevraag en procesenergie).

Het CBS heeft van het aantal werknemers werkzaam in bepaalde sectoren als kleinste deelgebied waarvan deze gegevens beschikbaar zijn, de COROP-gebieden. De Veenkoloniën liggen binnen 2 COROP-gebieden, die samen een wat groter gebied bestrijken. Door het evenredige aantal werknemers t.o.v. het aantal inwoners binnen de Veenkoloniën van de werknemers in de COROP-gebieden te nemen, is bepaald hoeveel werknemers er in de verschillende sectoren in de Veenkoloniën werkzaam zijn.

Energieverbruik werkmemers in de Veenkoloniën						
werknemers in Veenkoloniën		gemiddeld energiegebruik per werknemer		energiegebruik in Veenkoloniën		
sector (SBI'93)	Aantal	gas (m³)	elektr. (KWh)	gas (m³)	elektr. (KWh)	
C Winning van delfstoffen	1146	41472	46923	47516369	53760770	
1500e Industrie (geen aardolie-, cokes-)	12985	8037	64689	104362192	839990541	
E Productie en distributie van en ..	191	33371	50449	6372404	9633502	
F Bouwnijverheid	3946	1819	7142	7178534	28185314	
G Reparatie van consumentenartikelen ..	9739	2948	10573	28709806	102967700	
H Horeca	2164	372	2641	805069	5715558	
I Vervoer, opslag en communicatie	2992	373	3236	1116779	9682351	
J Financiële instellingen	1273	306	3102	389078	3948978	
K VH en handel in onroerend goed, ..	10503	741	5377	7783547	56476491	
L Openbaar bestuur, overheidsdiensten ..	3565	751	5465	2676944	19480026	
M Onderwijs	4456	1059	2094	4718515	9330095	
N Gezondheids- en welzijnszorg	10757	997	2094	10724899	22525515	
O Milieudienstverlening, cultuur, ..	1973	2671	8457	5270235	16687156	
SBI niet in te delen	700	2671	8457	1870084	5921249	
totaal:	66389					
energieinhoud aardgas: 8.8 kWh/m³				229494454 m³	1184305248 kWh	
				2019551196 kWh	1184 GWh	totaal
				7.27 PJ	4.26 PJ	11.53 PJ
				7.27 PJ	10.66 PJ-pr	17.93 PJ-pr

Tabel 5: Energieverbruik bedrijvigheid Veenkoloniën

De totale gasvraag bedraagt ruim 7 PJ, dit is voor ruimteverwarming en de processen die zich binnen de bedrijven afspelen. De elektriciteitsvraag is 4.3 PJ, waarvoor in de elektriciteitscentrales bijna 11 PJ primaire energie nodig is. Het totale primaire energieverbruik komt hiermee op bijna 18 PJ voor alle bedrijvigheid in de Veenkoloniën.

03.04 Energieverbruik vervoer

Het energieverbruik voor vervoer komt voornamelijk van het wegverkeer veroorzaakt door personenauto's, motorvoertuigen en bedrijfsmotorvoertuigen. Het aandeel van het spoor en de binnenvaart is zeer beperkt (zie ook 06.02 en 06.03) en is in de berekeningen niet meegenomen.

In 2008 waren er in Nederland in totaal 9.059.630 voertuigen die een uitstoot van 34.800 kiloton CO₂ veroorzaakten^[9]. Hiermee kan de gemiddelde uitstoot per voertuig worden bepaald, en daaruit ook het gemiddelde verbruik in 2008. De gemiddelde CO₂-uitstoot per voertuig is 3841 kg per motorvoertuig. Hierbij is geen onderscheid gemaakt naar het soort voertuig. Bussen en vrachtwagens hebben een aanzienlijk groter verbruik, maar vertegenwoordigen een zeer klein aandeel (minder dan 2%).

Gemiddeld wordt 1 kilogram CO₂ geproduceerd bij een brandstofverbruik van 14 MJ, ongeveer 1/3 liter brandstof. Bij een CO₂-uitstoot van 3841 kg per voertuig betekent dit een gemiddeld energieverbruik van 53,8 GJ per jaar (15 MWh_{pr}).

Met een totaal van 96.530 voertuigen in de Veenkoloniën in 2009 betekent dit een totale energievraag voor het vervoer in de Veenkoloniën van ruim 5 PJ (1442 GWh_{pr}).

Energiegebruik en CO ₂ -uitstoot vervoer Veenkoloniën				
2008				
personenauto's NL	7391903	CO ₂ -uitstoot wegverkeer	34800	kiloton
motorfietsen NL	585204	MJ brandstof/kilo CO ₂	14	MJ/kilo
bedrijfsmotorvoertuigen NL	1082523			
tot. N voertuigen NL	9059630	kilogram CO ₂ per auto	3841	kilo
		53.8	GJ/auto/jr	
tot. N voertuigen VK	96530	CO ₂ -uitstoot vervoer VK	371	kiloton
energieverbruikvervoer VK:	5191097	GJ		
	5.19	PJ		

Tabel 6: Het energieverbruik door vervoer in de Veenkoloniën

03.05 Totaal primair energieverbruik Veenkoloniën

Het totale energieverbruik is in de volgende tabel opgenomen en komt op 30 PJ, dat is 146 GJ per inwoner van de Veenkoloniën per jaar of 345 GJ/ha (de zoninstraling is in dit gebied toevallig precies 100 keer zoveel: 34500 GJ/ha-jaar, zie ook 04.01).

Het gebruik bij de bron komt op 17 PJ uit primaire bronnen en ruim 5 PJ elektrisch. Het totale verbruik bij de bron komt hiermee op ruim 22 PJ, hiervan is dus al het rendementsverlies van de elektriciteitscentrales afgehaald (waarbij is gerekend met een Nederlands gemiddeld elektrisch rendement van elektriciteitscentrales van 40%^[11]).

Totaal energieverbruik Veenkoloniën				
	PJ-pr		PJ-pr	PJ-e
huishoudens:	6.89	of	4.54	1.1
vervoer:	5.19		5.19	
werknemers:	17.93		7.27	4.26
totaal:	30.01		17.00	5.36
			22.36	
opp. VK	86880	ha		
inw. VK	206010	inwoners		
totaal per inw.	146	GJ/inw		
totaal per ha.	345	GJ/ha		

Tabel 7: Het totale energieverbruik in de Veenkoloniën

03.06 Energie-nulmeting

Met de energienulmeting wordt (in dit rapport) de huidige energievraag bedoeld, waarin de omzettingsrendementen van de opwekking niet zijn meegenomen. Zo kan bij de uiteindelijke energievraag een elektriciteitsvraag van 1 GJ worden ingevuld voor 1 GJ elektriciteit van windmolens of 2,5 GJ biomassa die in een WKK 1 GJ elektriciteit opwekt en tevens 1 GJ warmte. In de huidige elektriciteitscentrales wordt 1 GJ elektriciteit geproduceerd uit ongeveer 2 GJ aardgas in gascentrales of uit 3 GJ kolen in kolencentrales (met 3 maal zoveel CO₂-emissies)^[11].

Binnen de energienulmeting is gerekend met een primaire energievraag voor ruimteverwarming en bedrijfsproceswarmte, die 90% is van het verbruik: de rendementsverliezen van de verwarmingsinstallaties (CV en boilers etc.) en procesinstallaties zijn 10%, een gangbare waarde.

De elektriciteitsvraag bedraagt 40% van het verbruik door het gemiddelde opwekkingsrendement van 40% van Nederlandse elektriciteitscentrales. Omdat uitgegaan wordt van lokaal opgewekte elektriciteit is het transportverlies te verwaarlozen.

De energievraag voor vervoer blijft gelijk aan het verbruik. Er zijn weliswaar (flinke) rendementsverliezen in de verbrandingsmotoren, dit zijn echter interne verliezen die alleen door verbeteringen in de techniek omlaag gebracht kunnen worden. Deze ingrepen kunnen in de energievraag gedaan worden. Bij de energievraag zijn alleen de omzettingsrendementen van het verbruik afgetrokken, deze zijn er niet omdat huidig vervoer op primaire brandstof rijdt.

De totaalvraag komt hiermee op bijna 21 PJ, waarvan 25% brandstof voor vervoer is, 25% elektriciteit en 50% warmtevraag voor ruimteverwarming en processen bij bedrijven en industrie. Zie Tabel 8.

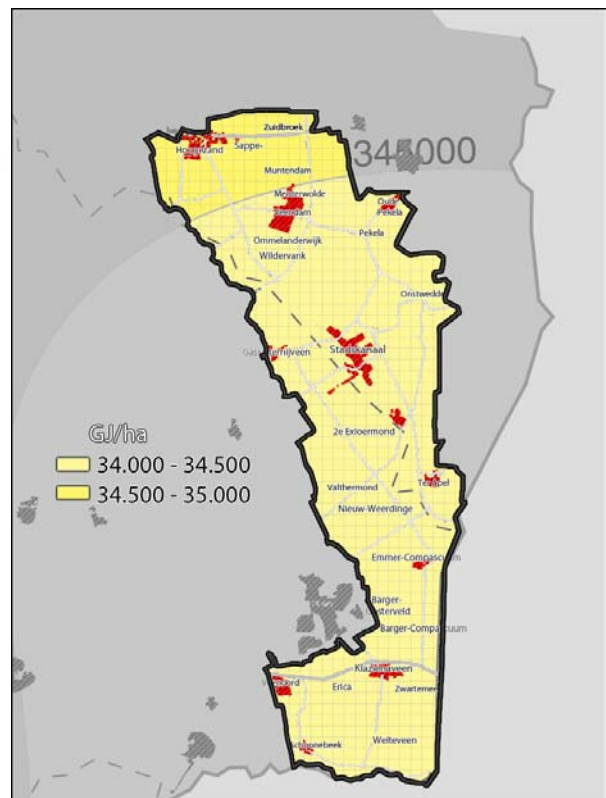
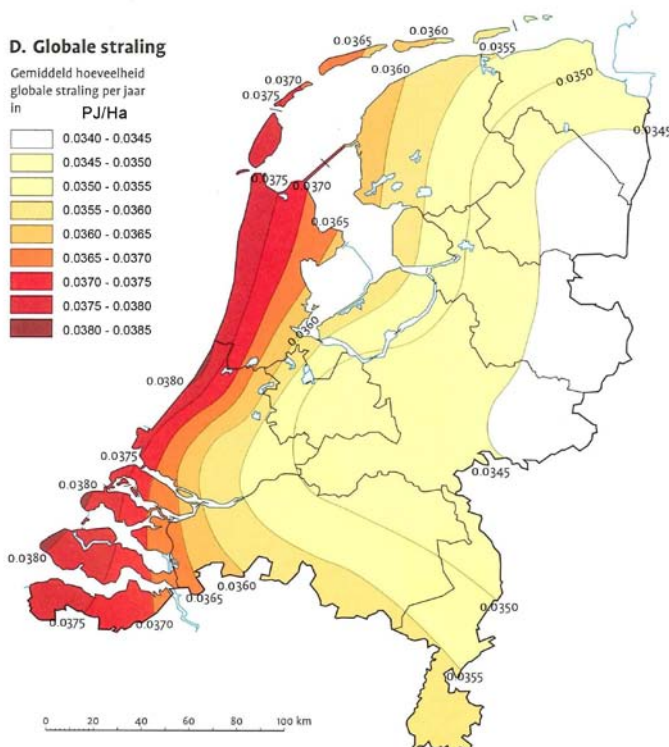
Energievraag Veenkoloniën (Warmte, elektriciteit en primair)								
	energievraag (TJ)							
	basisgegevens			woningen		vervoer	werk	
	woningen	inwoners	voertuigen	W	E	prim	W en proces	E
Aa en Hunze	2230	5460	2805	99	28	151	173	124
Borger-Odoorn	5150	12450	6245	228	65	336	395	276
Emmen	23750	59660	28900	1018	299	1554	1895	1275
Hoogezand-Sappemeer	14315	32510	13980	613	180	752	1033	617
Menterwolde	4450	10540	5000	192	56	269	335	221
Pekela	5490	13260	6060	235	69	326	421	267
Stadskanaal	14745	33810	15625	632	186	840	1074	690
Tynaarlo	275	790	390	12	3	21	25	17
Veendam	12365	28060	12915	530	156	694	891	570
Vlagtwedde	4110	9470	4610	177	52	248	301	203
totaal:	86880	206010	96530	3737	1095	5190	6543	4260
totaal:								20825

Tabel 8: De totale energievraag van de Veenkoloniën

04 Energiepotenties

04.01 Zonne-energie

De gemiddelde globale straling van de zon ligt in de Veenkoloniën rond de 0.0345 PJ/ha, 34.500 GJ/ha of 960 kWh/m² (zonder omzetting dus). Met de totale oppervlakte van de Veenkoloniën van 89.000 ha (incl. water)^[9], bereikt hiermee ruim 3.000 PJ aan globale straling het oppervlak. Dat is 100 maal zoveel als het totale Nederlandse energieverbruik (en ruim 140 maal de energievraag). Er valt zelfs nog bijna 3 maal zoveel zonne-energie op de totale Nederlandse bebouwing (op de daken) alleen als de totale Nederlandse vraag bedraagt.



Figuur 16 (links): Gemiddelde hoeveelheid globale straling per jaar in Nederland in PJ/ha ^[12]

Figuur 17 (rechts): Ingezoomd op de Veenkoloniën in TJ/ha

zonne-energie op daken

De warmte van de zonne-energie is passief en actief te gebruiken. Hier wordt besproken hoe de zonne-energie actief voor warmte- of elektriciteitsopwekking gebruikt kan worden. De warmte van de zon is op te vangen door toepassing van zonnecollectoren waarin de straling in warm water wordt omgezet. De zonnestraling is ook in elektriciteit om te zetten met behulp van zonnepanelen, waarin de zonnecellen elektriciteit produceren.

Deze beide panelen kunnen in principe op ieder oppervlak geplaatst worden waar de zon komt. De berekeningen van energiepotenties die hier gemaakt worden beperken zich echter tot realistische toepassingsmogelijkheden. Bij de berekening van een realistische potentie wordt er vanuit gegaan dat zonnecollectoren of zonnecellen alleen geplaatst of geïntegreerd worden op of in bestaande bebouwing of infrastructuur en geen onbebouwde oppervlakte in gaan nemen. Daarom wordt hier vooral gekeken naar geschikte dakoppervlakken zodat er meervoudig van de ruimte gebruik wordt gemaakt.

Beschikbaar dakoppervlak

Nederland telt ongeveer 880 km² bebouwd landoppervlak^[9] dat is ongeveer 2,7% van de totale Nederlandse oppervlakte. Het beschikbare dakoppervlak in Nederland, dat geschikt is voor zonnecollectoren of PV-panelen in de gebouwde omgeving (rekening houdend met oriëntatie e.d.), wordt geschat op tussen de 157 km² en de 357 km². Hierbij is de (conservatieve) ondergrens op vrij gedetailleerde manier berekend aan de hand van 'housing statistics'^[13]. De bovengrens is gebaseerd op 24,5 m² dak en façade oppervlakte per capita in heel Europa. Hierin zijn allerlei beperkende factoren meegenomen zoals publieke acceptatie en uitsluiting van daken en façades aan de noordzijde. Dit is dus gemiddeld 29% van het totale dakoppervlak.

Het digitale topografische bestand TOP10NL^[14] maakt het mogelijk het totale dakoppervlak binnen de Veenkoloniën te bepalen aan de hand van kadastragegevens. Dit bedraagt 1700 ha. Hiervan is 317 ha van kassen, die door de behoefte aan zonlicht niet met conventionele PV-technieken voor energieopwekking gebruikt kunnen worden. Dan blijft er bijna 1400 ha aan daken over, en ervan uitgaand dat hiervan 29% geschikt is voor energieopwekking, levert dit 401 ha geschikt dakoppervlak op.

Omdat in Nederland gemiddeld 6% van het grondgebied bestemd is voor woningen tegenover 3% voor bedrijven^[15], wordt deze verhouding hier overgenomen in de verdeling van geschikt dakoppervlak van woningen en andere gebouwen. Dan blijkt 269 ha geschikt dakoppervlak op woningen te liggen in de Veenkoloniën. Met een totale woningvoorraad van 86880 woningen, heeft een gemiddelde woning dan 31m² geschikt dakoppervlak.

Energieopbrengsten

De opbrengsten van zonnecollectoren liggen ongeveer tussen de 1,2 GJ/m² - 1,6 GJ/m² (330 - 440 kWh/m²)^[16]. Dit komt overeen met rendement van 33%-44%. Uitgaande van een rendement van 35%, kan er op het totaal van alle geschikte daken 4,84 PJ aan warmte worden opgewekt.

Huidige PV-systemen hebben rendementen rond de 10-15%, en de verwachting is dat dit rendement blijft stijgen. Wanneer alle geschikt dakoppervlak vol zonnecellen geplaatst zouden worden, levert dit bij een rendement van 10% 1,38 PJ aan elektriciteit en bij een rendement van 15% 2,08 PJ_e.

Alle gegevens van energieopwekking op daken uit zonne-energie zijn in Tabel 9 na te lezen.

Energieopbrengsten uit zonnecellen (PV) en zonnecollectoren (ZC)				
	opbrengsten uit zonnestraling			
	GJ/ha	GWh/ha	kWh/m ²	MJ/m ²
zoninstraling	34500	9.58	958	3450
PV (10%)	3450	0.96	96	345
PV (15%)	5175	1.44	144	518
ZC (35%)	12075	3.35	335	1208
toegepast in de Veenkoloniën				
totaal dakoppervlak	1700	ha	bij volledige dakbenutting: (PJ)	
kasdak	317	ha		
daken zonder kas	1383	ha		
geschikt deel (%)	29%			
geschikt dakoppervlak	401	ha		
aantal woningen	86880			
woningdak/totaal dak	0.67			
geschikt dakopp op woningen	269	ha		
geschikt dakopp per woning	31	m ²	PV (10%)	1.38
			PV (15%)	2.08
			ZC (35%)	4.84

Tabel 9: Opbrengsten uit energieopwekking op daken

Zonnecollectoren in asfaltwegen zijn een relatief nieuwe toepassing om warmte uit de zon op te wekken. De potenties van wegencollectoren liggen wat lager dan die van zonnecollectoren op daken en opbrengsten liggen tussen de 0,1 GJ/m² en 1,6 GJ/m² ^[17]. Hier wordt enigszins behouden gerekend met 0.4 GJ/m², wat overeen komt met een rendement van 11%. Op grote asfaltwegen is dus 4000 GJ/ha aan warmte op te wekken, dit is zonder opslagverliezen.

04.02 Windenergie

Grote windturbines wekken hun energie op uit de windsnelheden die zich rond de 100m bevinden. De opbrengst van een windturbine is zeer gevoelig voor de windsnelheid, omdat deze evenredig is met de 3^e macht van die windsnelheid.

Met onderstaande formule is de opbrengst van een windturbine te bepalen^[18]:

$$E = C \times V^3 \times A$$

Waarin:

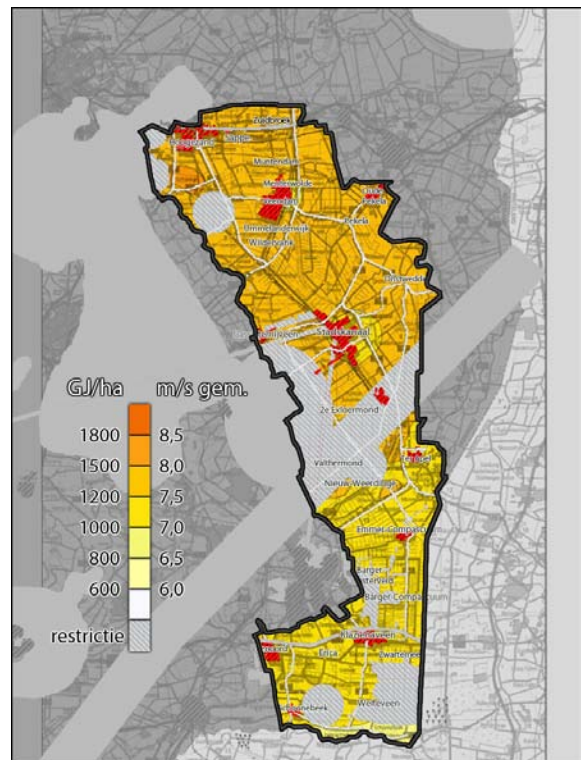
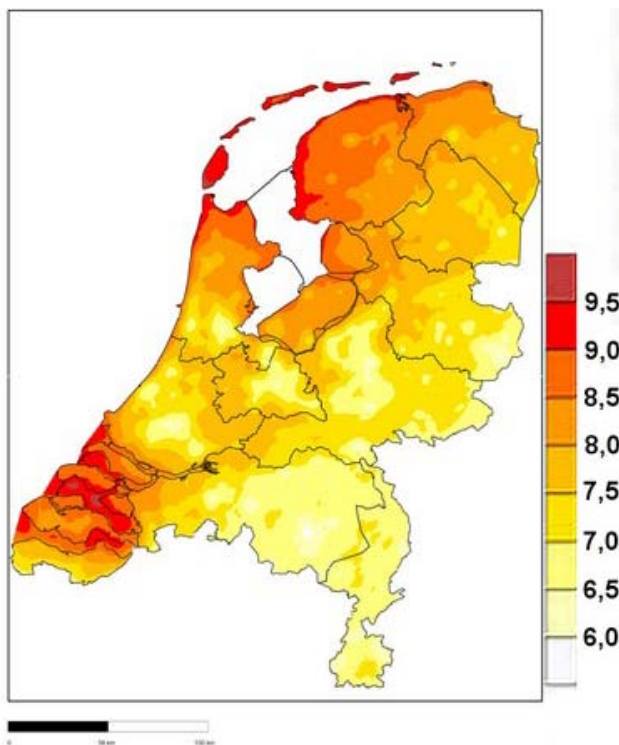
E is de gemiddelde jaarproductie in kWh

C (opbrengstfactor of Beurskensfactor) is een maat voor het totale rendement van de turbine. De waarde van C is lager naarmate de gemiddelde windsnelheid hoger is en hangt verder af van de kwaliteit van de windturbine. In Nederland varieert ze van ca. 2,8 aan de kust tot 4,0 in het binnenland. Voor een gemiddelde windlocatie in Nederland en een goede turbine kan 3,7 worden ingevuld.

V³ is de jaargemiddelde windsnelheid in meters per seconde op ashoogte tot de derde macht. Deze windsnelheid op 100m hoogte varieert in Nederland tussen de 5,5 m/s in Limburg tot 9,5 m/s in Zeeland.

A is het rotoroppervlak in vierkante meters (dus π maal de halve rotordiameter in het kwadraat).

In Figuren 18 en 19 zijn de gemiddelde windsnelheden af te lezen die zich in Nederland en de Veenkoloniën op 100m bevinden, in de rechter figuur is tevens af te lezen hoeveel elektrische energie grote windmolens hier per hectare kunnen opwekken (wanneer een gebied vol geplaatst zou zijn).



Figuur 18 (links): Gemiddelde Nederlandse windsnelheden op 100m hoogte^[19]

Figuur 19 (rechts): Gemiddelde windsnelheden in de Veenkoloniën op 100m hoogte

De potentiële opbrengsten per oppervlakte-eenheid worden berekend door de windmolens op een minimale afstand van elkaar te plaatsen, waarbij ze elkaar nauwelijks beïnvloeden. Hiervoor wordt over het algemeen een onderlinge afstand van 5 á 6 keer de diameter van de wieken genomen. Bij het volplaatsen van een gebied is dan de maximaal haalbare opbrengst te bepalen per hectare (er is hier gerekend met 6 keer de diameter).

In onderstaande tabellen is voor grote windturbines van 2MW en 5MW en gebouwgebonden miniwindmolens bepaald wat de opbrengsten zijn per molen en per hectare bij de verschillende windsnelheden. De opbrengsten van gebouwgebonden windmolens^[20] zijn indicatief en kunnen sterk verschillen per ingezette molen.

Opbrengste 2MW-windmolen				Opbrengste 5MW-windmolen			
2MW-molen	diameter	80		5MW-molen	diameter	150	
	A	5024			A	17663	
	Opp. (ha)	23.0			Opp. (ha)	81.0	
Opbrengst per jaar				Opbrengst per jaar			
windsnelh.	GWh	TJ	TJ/ha	windsnelh.	GWh	TJ	TJ/ha
6	4.0	14	0.6	6	14.1	51	0.6
6.5	5.1	18	0.8	6.5	17.9	65	0.8
7	6.4	23	1.0	7	22.4	81	1.0
7.5	7.8	28	1.2	7.5	27.6	99	1.2
8	9.5	34	1.5	8	33.5	120	1.5
8.5	11.4	41	1.8	8.5	40.1	144	1.8

Opbrengst gebouwgebonden windmolen			
mini	diameter	1	
	A	2.5	
	Opp. (ha)	nvt	
Opbrengst per jaar			
windsnelh.	MWh	GJ	
4	0.6	2.1	
3.5	0.4	1.4	

Tabel 10, Tabel 11 en Tabel 12: Potentiële opbrengsten grote en gebouwgebonden windmolens in de Veenkoloniën

04.03 Biomassa

De definitie van biomassa luidt: Biomassa omvat de biologisch afbreekbare fractie van producten, afvalstoffen en residuen uit de landbouw – met inbegrip van plantaardige en dierlijke (dus ook menselijke) stoffen -, de bosbouw en aanverwante bedrijfstakken, evenals de biologisch afbreekbare fractie van industrieel en huishoudelijk afval.

Biomassa is in principe in onbewerkte toestand een brandstof in de vorm van houtige resten of, in geval van mest, plantaardige resten of energieteelt, kan in energiedragers worden omgezet met behulp van diverse conversietechnieken.

Om nu de potenties uit biomassa die in de Veenkoloniën aanwezig zijn, te bepalen, moet eerst geïnventariseerd worden welke verschillende vormen van biomassa er aanwezig zijn. In een onderzoek naar biomassapotenties in Oost-Groningen^[8] worden al potenties uit biomassa voor dat gebied bepaald. In dit deelhoofdstuk zal dit in het kort voor de belangrijkste biomassadragers voor de Veenkoloniën gedaan worden.

De belangrijkste aanwezige dragers van biomassa zijn:

1. Zuiveringsslib uit Rivaalwaterzuiveringsinstallaties (RWZI)
2. Dierlijke mest uit de veeteelt
3. Houtige resten uit bosonderhoud en afvalhout
4. GFT en groenafval
5. Energieteelt incl. algen

De eerste 4 punten bestaan uit biomassa van reststromen en deze zijn altijd aanwezig. De laatste vorm van biomassa uit energieteelt is er echter één die altijd consequenties voor het ruimtegebruik met zich meeneemt en daardoor met andere belangen kan botsen. Van de teelt van *eerste* generatie energiegewassen is bijvoorbeeld bekend dat deze vaak in strijd is met voedselproductie. Daarnaast is deze soms financieel aantrekkelijk door hoge subsidies maar is de hoeveelheid duurzaam geproduceerde

energie na aftrek van alle primaire energie die erin is gestoken om het te produceren, te vervoeren en verwerken, vrij laag. De vraag is dan ook hoe duurzaam deze energie is.

Net als in het onderzoek voor Oost-Groningen worden residuen uit de landbouw niet meegenomen omdat deze grotendeels als (hoogwaardiger) veevoer dienen.

In de komende 5 paragrafen wordt per soort van biomassa bepaald wat globaal de potenties in de Veenkoloniën zijn. Onderstaande tabel geeft de verschillende energie-inhouden weer van biomassa-reststromen, deze gegevens worden verderop in de berekeningen naar potenties gebruikt.

Energieinhoud van verschillende biomassa-reststromen				
	hout (50% ds)	GFT	groen	zuiveringsslib
energieinhoud (GJ/ton)	19	23	9	3

Tabel 13: Energie-inhoud van biomassa-reststromen^[8]

04.03.01 RWZI

In vergistingsinstallaties is uit het zuiveringsslib van rioolwaterzuiveringsinstallaties biogas te produceren. In de Veenkoloniën bevinden zich 5 RWZI's. Deze bevinden zich in Veendam, Oude Pekela, Stadskanaal, 2^e Exloërmond en Emmen.

Zoals uit ^[8] blijkt, komt er ongeveer 1 ton zuiveringsslib vrij per 1200 m³ rioolwateraanvoer. Dit zuiveringsslib bevat ongeveer 25% droge stof en heeft een energie-inhoud van 3 GJ per ton.

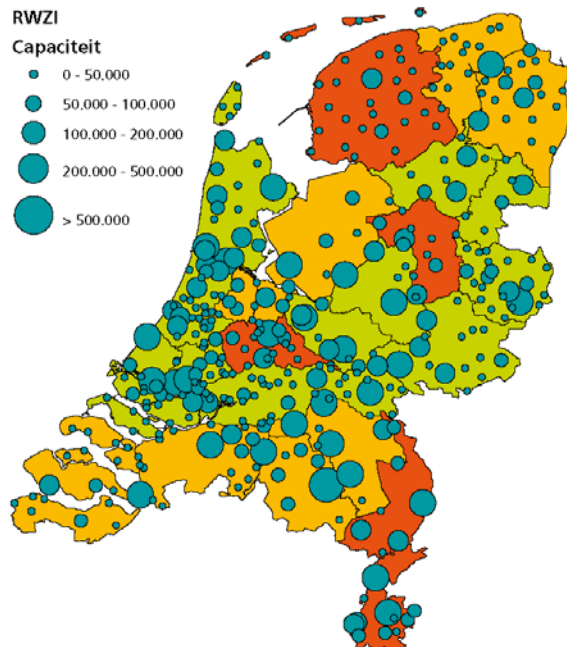
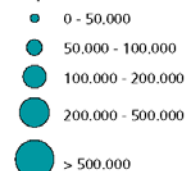
LEGENDA

Zuiveringsenergie per v.e. (kWh/v.e.)

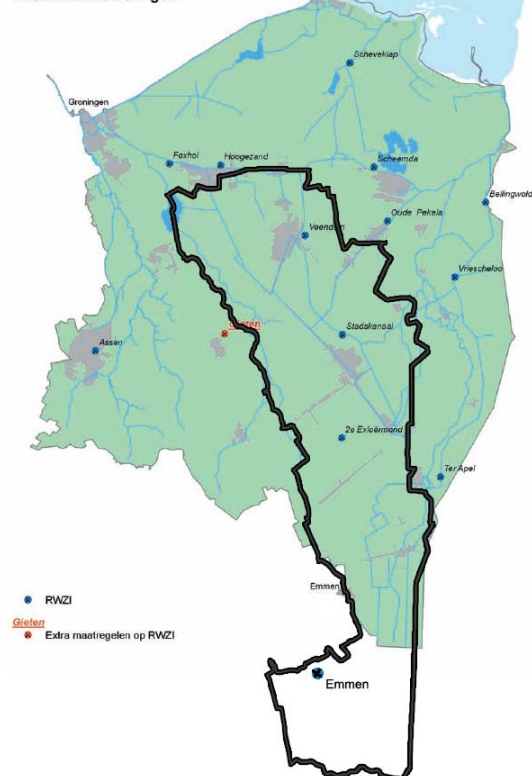


RWZI

Capaciteit



Rioolwaterzuiveringen



Figuren 20 en 21: Nederlandse RWZI's en hun capaciteit^[21] en RWZI's in de Veenkoloniën^[8]

In ^[8] zijn de aanvoerhoeveelheden van rioolwater naar de verschillende RWZI's gegevens voor de eerste 3 RWZI's, overgenomen in Tabel 14. Voor de aanvoer van de andere 2 RWZI's, zijn aannames gedaan naar de grootte, in de bovenstaande figuren over de capaciteiten van Nederlandse RWZI's, is af te lezen,

dat de capaciteit in Emmen vergelijkbaar is met die in Veendam en in 2^e Exloërmond vergelijkbaar met Oude Pekela. Hiervoor zijn dezelfde waardes genomen (in grijs gemarkeerd).

Energieinhoudpotenties uit rioolslib in de RWZI's in de Veenkoloniën						
aangesloten inw.		aanvoer		zuiveringsslib ton/jaar	energieinhoud (TJ)	
		m ³ /dag	m ³ /jaar		biogas	slib
Veendam	59000	12200	4453000	3711	2.1	11.1
Oude pekela	16500	1650	602250	502	0.6	1.5
Stadskanaal	45000	5270	1923550	1603	1.6	4.8
2e Exloermond	16500	1650	602250	502	0.6	1.5
Emmen	59000	12200	4453000	3711	2.1	11.1
		32970	12034050	10028	6.9	30.1
aanne						
Energieinhoud per ton		3 GJ		totaal:		37.0
energieinhoud overschot biogas (/1000p.)		70 GJ				

Tabel 14: Energiepotenties uit RWZI's in de Veenkoloniën

Met de hoeveelheden zuiveringsslib per RWZI per jaar, zijn de energetische potenties per RWZI uitgerekend en in de tabel af te lezen. In de Veenkoloniën is 37 TJ aan biogas uit het rioolslib op te wekken.

04.03.02 Dierlijke mest

Uit dierlijke mest is ook biogas te produceren. Om te bepalen hoeveel biogas hieruit is op te wekken, moet eerst geïnventariseerd worden hoeveel mest er in de Veenkoloniën is op te vangen. Het CBS heeft gegevens over hoeveelheden mest in de stal (mest op het land is niet inzetbaar).

Het CBS geeft voor verschillende gebieden aan hoeveel mest er is, echter niet voor de Veenkoloniën als geheel. Daarom is gerekend met de hoeveelheden die in de provincies Groningen en Drenthe geproduceerd worden, verdisconteerd naar de oppervlakte van de Veenkoloniën. (16% van Drenthe ligt in de Veenkoloniën en 18,4% van Groningen).

De verschillende soorten mest hebben allen per ton een specifieke biogasopbrengst^[22], waarmee het totaal aan biogas is te bepalen.

Mestproductie (in de stal) uit veeteelt in ton en de biogaspotenties hieruit							
	Rundvee		Varkens		Pluimvee		Land ha
	ton	Dun	Vast	Dun	Dun	Vast	
Groningen	2234705	34657	176275	1364	78138	233328	16.3 18.4
Drenthe	2497411	51548	292118	1941	84593	264109	
VK in Drenthe	365335	5666	28818	223	12774	38145	
VK in groningen	458521	9464	53632	356	15531	48490	
VK totaal	823855	15130	82450	579	28305	86635	
ton mest totaal:							950320
energieinhoud biogas	23	MJ/m ³					TJ GJ/ha
gasopbrengst (m3/ton)	10.2	24	11	23.4	96		
energieinhoud uit biogas (MJ/ton)	235	552	253	538	2208		
totaalpotentie biogas in TJ	193.3	8.4	20.9	0.3	62.5	285.3	

Tabel 15: Energie uit mest in de Veenkoloniën

In de Veenkoloniën is zonder covergisting 285 TJ (bijna 0,3 PJ) aan biogas op te wekken. Dit kan door toevoeging van plantaardig materiaal veel meer worden. Aan energieteelt voor covergisting, zoals energiemais klevan wel bezwaren die goed onderzocht dienen te worden voor toepassing.

04.03.03 Houtige resten

In de Veenkoloniën is iets meer dan 5000 hectare bos aanwezig^[14]. Het oogstbare gedeelte voor bosonderhoud heeft een primaire energie-inhoud van bijna 46 GJ/ha^[8]. Hiermee is het biomassapotentieel van hout uit bosonderhoud in de Veenkoloniën 228 TJ.

Houtresten uit bosonderhoud en energieinhoud		
ha bos NL geschikt voor oogst	276400	ha
N ha in Veenkolonien	5000	ha
bijgroei/ha	8	m3
% d.s./ m3	50	%
energieinhoud/ ton d.s.	19	GJ
oogstbaar deel	60	%
energieinhoud/ha oogstbaar	45.6	GJ/ha
energieinhoud oogstbaar Veenkolonien	228	TJ

Tabel 16: Energie uit biomassareststromen uit bos

04.03.04 GFT en groenafval

Per inwoner van een gemeente is bij het CBS bekend wat de gemiddeld geproduceerde hoeveelheid GFT is^[9]. De som van het aantal bewoners per gemeente vermenigvuldigd met deze hoeveelheden levert het totaal aan GFT op, wat weer vermenigvuldigd met de energie-inhoud per ton, de totale energie-inhoud van GFT oplevert in biogas. De totale energetische potentie uit GFT is bijna 0.5 (PJ) aan biogas.

Ditzelfde is gedaan voor de hoeveelheden groenafval (het totaal van gemeenteonderhoud en van huishoudens). Hiervan zijn echter bij het CBS geen gegevens beschikbaar. De gemeentes zelf hebben hiervan vaak wel gegevens. In ^[8] is al van enkele gemeentes binnen de Veenkoloniën bekend hoeveel groenafval er gemiddeld per jaar per persoon wordt geproduceerd. Voor de overige gemeentes is de gemiddelde waarde van de Oost-Groningse gemeentes (72 kg p.p.) aangenomen. Het totale groenafval heeft hiermee een verbrandingswaarde van 0.14 (PJ).

De hoeveelheid groenafval uit kassen is verwaarloosbaar. Uit gesprek met kasdeskundigen blijkt dat de teelten zo geoptimaliseerd zijn dat er weinig resten overblijven na de teelt en dat een groot gedeelte in de potgrond wordt vermengd als bemesting. Deze worden dus verder niet meegenomen.

GFT in de VK en de energieinhoud					
Deel van gemeente in VK:	in Veenkoloniën		Oppervlakte	GFT-afval	GFT
	inwoners	huishoudens	% in VK	kg per inw.	ton
Aa en Hunze	5460	2230	19	229	239
Borger-Odoorn	12450	5060	43	53	287
Emmen	59660	23930	90	146	7820
Hoogezand-Sappemeer	32510	14220	82	99	2632
Menterwolde	10540	4370	69	174	1264
Pekela	13260	5780	100	190	2519
Stadskanaal	33810	14610	100	68	2299
Tynaarlo	790	290	7	58	3
Veendam	28060	12330	100	138	3873
Vlagtwedde	9470	4090	17	145	230
totaal in VK	206010	86910			21167
energieinhoud 23 GJ/ton					totaal (TJ) 487

Groenafval (van gemeentes en huishoudens) en de energieinhoud						
Deel van gemeente in VK:	in Veenkoloniën		Oppervlakte	Tuingroen (gemeente en huish)		
	inwoners	huishoudens	% in VK	kg/pers.-jr	ton/jr gem.	ton/gemVK
Aa en Hunze	5460	2230	19	72	393	75
Borger-Odoorn	12450	5060	43	72	896	390
Emmen	59660	23930	90	72	4296	3856
Hoogezand-Sappemeer	32510	14220	82	72	2341	1914
Menterwolde	10540	4370	69	85	900	620
Pekela	13260	5780	100	72	955	955
Stadskanaal	33810	14610	100	177	6000	6001
Tynaarlo	790	290	7	72	57	4
Veendam	28060	12330	100	57	1600	1600
Vlagtwedde	9470	4090	17	95	900	151
totaal in VK	206010	86910				15566
				aanname		
energieinhoud 9 GJ/ton					totaal (TJ)	140

Tabellen 17 en 18: Energie uit GFT en Groenafval in de Veenkoloniën

04.03.05 Energieteelt

Het actief telen van biomassa kan hoogwaardige biodiesel opleveren of flinke bijdragen aan biogasproductie als vergisting. Koolzaad en energiemaïs zijn gewassen die in de Veenkoloniën goed verbouwd kunnen worden. Dit zijn echter wel voorbeelden van eerste generatie biomassa, welke concurreren met voedselproductie en dus niet erg duurzame opties zijn.

Algenteelt behoort tot de derde generatie biomassa, waaruit niet alleen relatief veel biodiesel is te produceren maar ook andere agro-grondstoffen of voedingsstoffen. Deze teelt is op grote schaal nog in mindere mate een bewezen techniek maar geeft zeer hoopvolle potenties^[23].

Hieronder volgt de tabel met de belangrijkste energetische waarden van biomassateelt toepasbaar in de Veenkoloniën.

biodiesel uit koolzaad en algen; biogas uit energiemaïs				
			netto biodiesel	biogas/verbr.waarde
koolzaad	kg/ha	MJ/li	GJ/ha	GJ/ha
olie (zaad)	4000	32	171	
stro	2500		en	23
energiemaïs	ton/ha	GJ/ton		GJ/ha
biogas	60	4.0		242
algen	li/ha	MJ/li	GJ/ha	
biodiesel	20000	32	640	

Tabel 19: Energie uit biomassateelt (gegevens uit ^[22])

04.03.06 Totaal biomassa

Het totaal aan biomassareststromen zoals hier berekend in de Veenkoloniën bedraagt 1,2 (PJ).

Deze hoeveelheid zal nog iets meer kunnen zijn, wanneer ook kleine bronnen van reststromen zoals van afvalvetten en van afvalhout worden meegenomen. Tegenwoordig wordt veel mest geïmporteerd uit andere gebieden van Nederland om in de Veenkoloniën vergist te worden, deze potenties zijn in de berekeningen niet meegenomen omdat deze niet aan het gebied zelf toegekend kunnen worden. Hieronder volgt de tabel van alle totale potenties uit biomassa.

biomassa in de Veenkoloniën			
uit reststromen:		uit biomassateelt:	
	PJ		GJ/ha
mest	0.29	algenteelt	640
RWZI	0.04	koolzaad	194
hout (bos)	0.23	energiemaïs	242
GFT	0.49	hout uit bosonderhoud	46
groenafval	0.14		
totaal	1.18		
tot.energievraag VK:	21.18		187

Tabel 20: Potenties uit biomassa in de Veenkoloniën

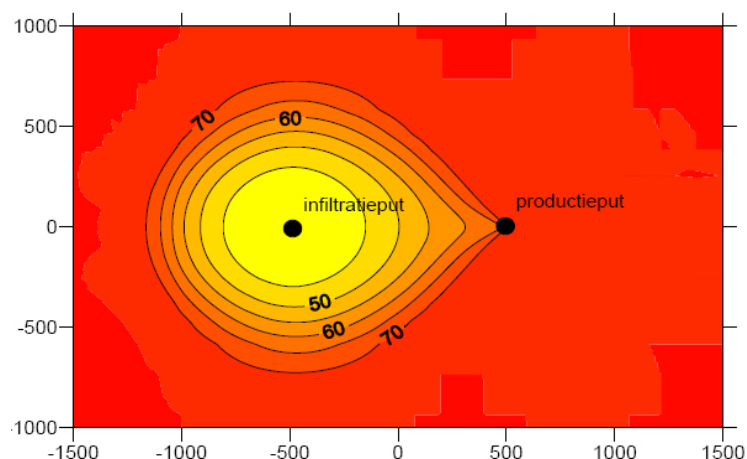
04.04 Geothermie

Met geothermie wordt de warmte uit de diepere ondergrond bedoeld, die zich meestal op 2 to 4 kilometer diepte in aquifers of waterdragende lagen bevindt.

In de Nederlandse ondergrond (in de mantel of korst) bevindt zich een heel grote hoeveelheid thermische energie die ca. 90.000 PJ bedraagt^[24]. Deze aanwezige warmte wordt wel HIP (Heat in Place) genoemd en wordt vanuit de diepere aardkern langzaam uitgestraald door een constante warmtestroom of warmteflux. Deze warmteflux is overal redelijk gelijk en gemiddeld rond de $0,063 \text{ W/m}^2$ of 630 W/ha . Deze constante aanvoer van warmte berdaagt 'slechts' 100 PJ voor heel Nederland. Deze warmte flux is het werkelijk hernieuwbare gedeelte van de geothermie. Gebruik van geothermie levert nauwelijks CO_2 -emissies.

Geothermisch doublet

De levensduur van een geothermisch doublet bedraagt circa 30 jaar^[25]. Daarna bereikt het 'koudefront' van geïnjecteerd water langzamerhand de productieput en neemt het rendement af. Als er geruime tijd geen warm water wordt onttrokken treedt regeneratie op. Het regenereren van een bron komt voort uit de warmtestroom of warmteflux vanuit de kern van de aarde en ook vanuit de omliggende warmere waterdragende lagen. Als er geruime tijd geen warm water wordt onttrokken, treedt deze regeneratie op en kan de bron in principe weer gebruikt worden. Een standaard doublet heeft een infiltratieput en een productieput die 1500 meter van elkaar gelegen zijn, zoals in Figuur 22 is te zien.



Figuur 22: Temperatuurdistributie na 30 jaar ^[25]

Een standaard doublet onttrekt 150 m^3 water per uur gedurende de 30 jaar van zijn levensduur, met gemiddeld 5500 werkzame uren per jaar en een temperatuur van 70°C en pompt dit met ongeveer 40°C weer terug. Met de soortelijke warmte van water van $4200 \text{ (J/kg}^\circ\text{C)}$ en het soortelijk gewicht van $1000 \text{ (kg/m}^3)$ is te bepalen hoeveel energie gedurende 30 jaar onttrokken wordt:

$$150 \text{ m}^3/\text{h} \times 5500 \text{ h} \times (70-40)^\circ\text{C} \times 4200 \text{ (J/kg}^\circ\text{C)} \times 1000 \text{ (kg/m}^3) \times 30 \text{ jaar} = 3 \text{ PJ.}$$

Het oppervlak waarover dit doublet zijn warmte onttrekt, bedraagt ongeveer $30 \text{ ha} \times 15 \text{ ha} = 450 \text{ ha}$. De warmtetoevoer uit de aardkern is te bepalen aan de hand van de warmtestroom die gemiddeld 0.063 W is en bedraagt over dit gebied per jaar:

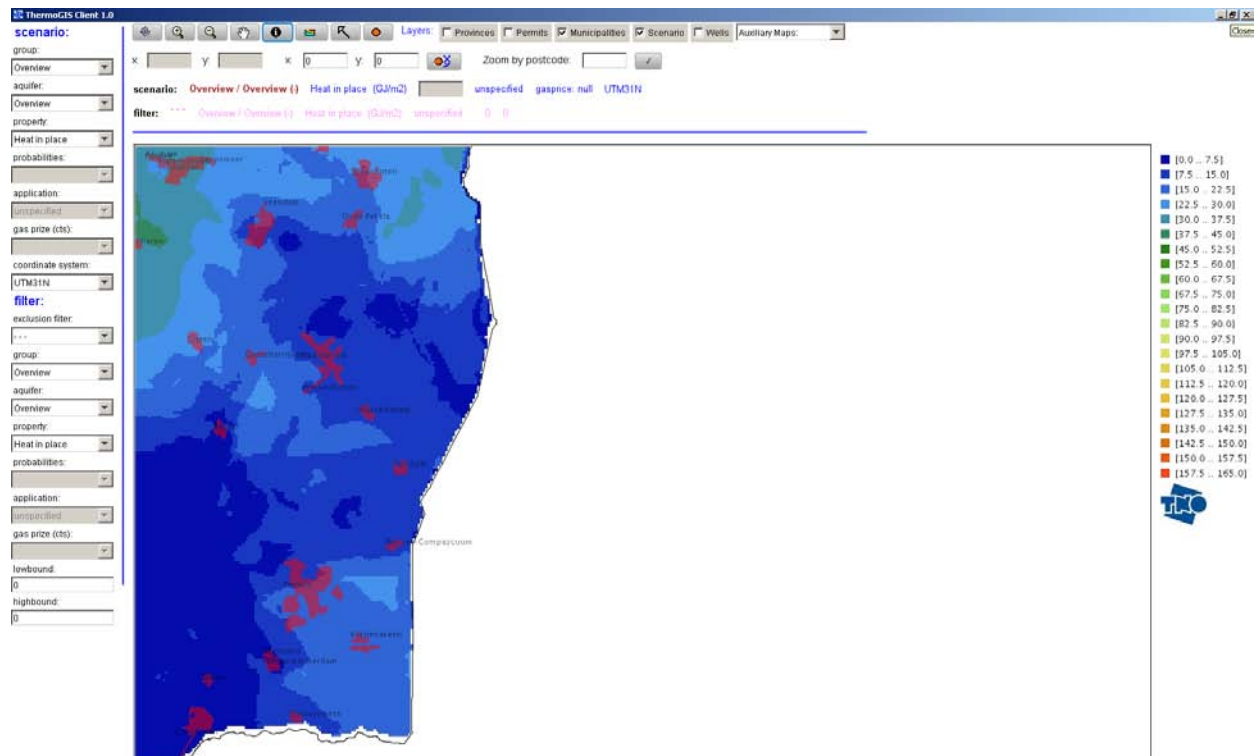
$$0.063 \text{ (J/m}^2\text{s)} \times 3600 \times 24 \times 365 \text{ (sec/jr)} \times 450 \text{ ha} = 0.009 \text{ PJ/jr.}$$

De regeneratietijd bedraagt dus $3 \text{ PJ} / 0.009 \text{ PJ/jr} = 333 \text{ jaar}$. We gaan hier verder uit van 300 jaar.

Dit betekent theoretisch dat een gebied in 10 delen verdeeld zou kunnen worden en met 1 doublet, dat iedere 30 jaar over deze delen wisselt, een bepaalde constante hoeveelheid thermische energie uit de ondergrond kan halen, zonder dat de diepe ondergrond van het totale gebied, gemiddeld gezien, zal worden uitgeput.

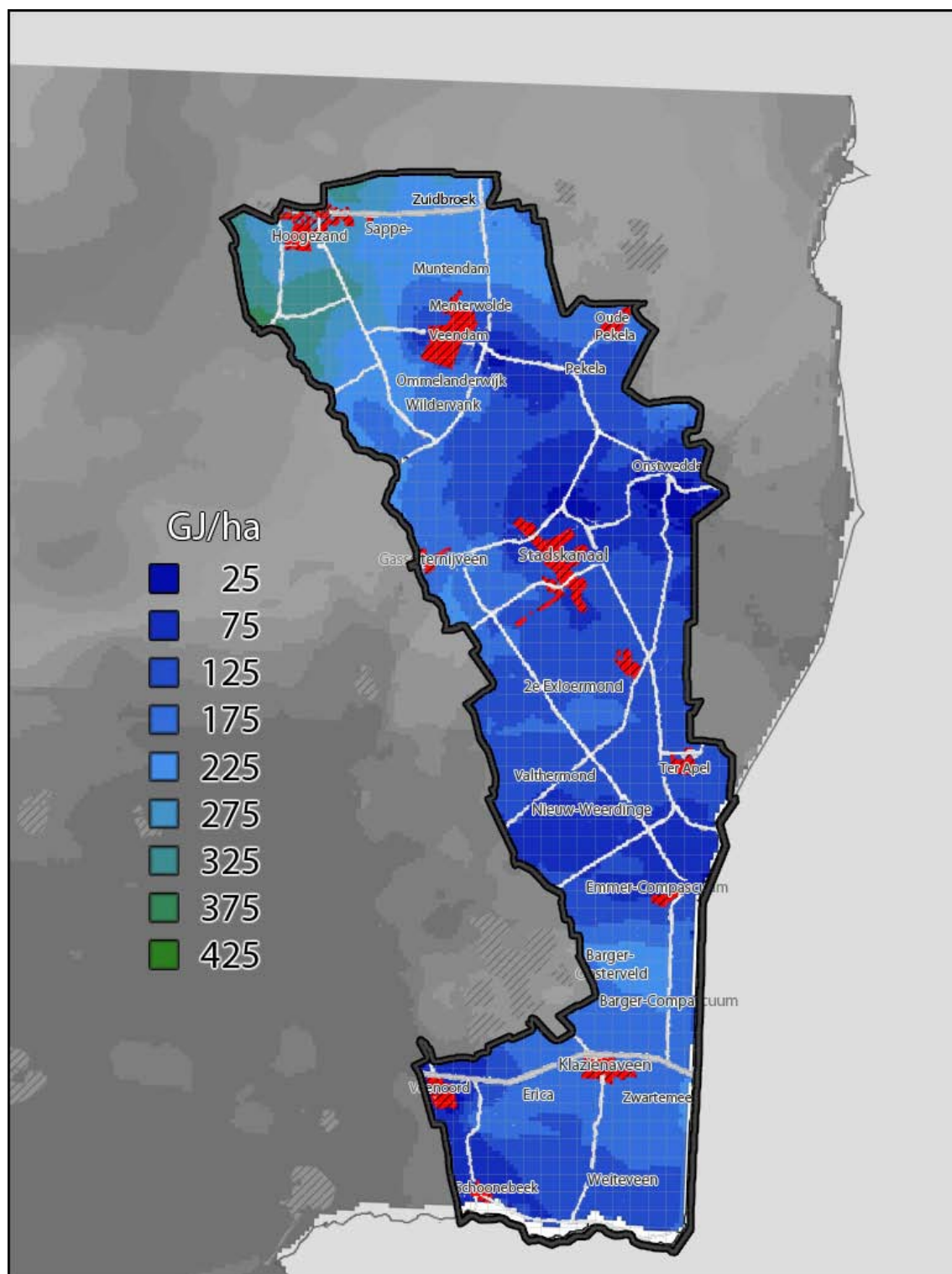
Potenties uit Geothermie

Figuur 23 (ThermoGIS) toont de kaart van de aanwezige geothermische energie in de Veenkoloniën (en omstreken) voor temperaturen hoger dan 60°C, dit is wat Heat In Place wordt genoemd. Vanaf deze temperatuur is geothermische warmte geschikt inzetbaar. Bij een temperatuur iets boven de 60°C speelt het gevaar op legionellabacteriën ook niet meer, bovendien is het vanaf deze temperatuur geschikt om een warmtenet mee te voeden. De potentiekaart is dus niet een kaart van een specifieke diepte maar het totaal van de aanwezige energie uit waterdragende lagen met een temperatuur van minimaal 60°C.



Figuur 23: Geothermische potenties, regio Veenkoloniën^[26]

De totale geothermische potenties in de Veenkoloniën liggen ongeveer tussen de 0 en 30 GJ/m², in Figuur 24 zijn deze zijn deze voor de Veenkoloniën af te lezen waarin ze zijn berekend als constante potentie (delen door 300 jaar) en leveren tussen de 0 en 425 GJ/ha per jaar. Het toepassen van geothermie levert ter plaatse dus wel meer op omdat de ondergrond tijdelijk wordt 'uitgeput'.



Figuur 24: Geothermiekarakteristieken in de Veenkoloniën (gebaseerd op ^[26])

04.05 Bodemwarmtewisseling

Warmtepompen die warmte leveren voor verwarming en warm tapwater kunnen de benodigde warmte onttrekken uit de bodem met horizontale of verticale bodemwarmtewisselaars of een grondwatersysteem. Verticale bodemwarmtewisselaars kunnen technisch gezien overal in Nederland worden toegepast. De maximale warmteonttrekking aan de bodem kan door variërende bodemeigenschappen verschillen. Figuur

25 geeft een beeld van de geschiktheid van de bodem tussen 0 en 50 meter voor de toepassing van verticale bodemwarmtewisselaars.

De geschiktheden zijn relatief gekwalificeerd als 'matig', 'goed' en 'zeer goed', daarnaast zijn de lokale restrictiegebieden in de kaart opgenomen. Hierbij is 'goed' gekwalificeerd als een gemiddelde potentie waarbij 'matig' rond de 40% meer oppervlakte nodig heeft om dezelfde prestaties te leveren en 'zeer goed' heeft rond de 20% minder oppervlakte nodig.

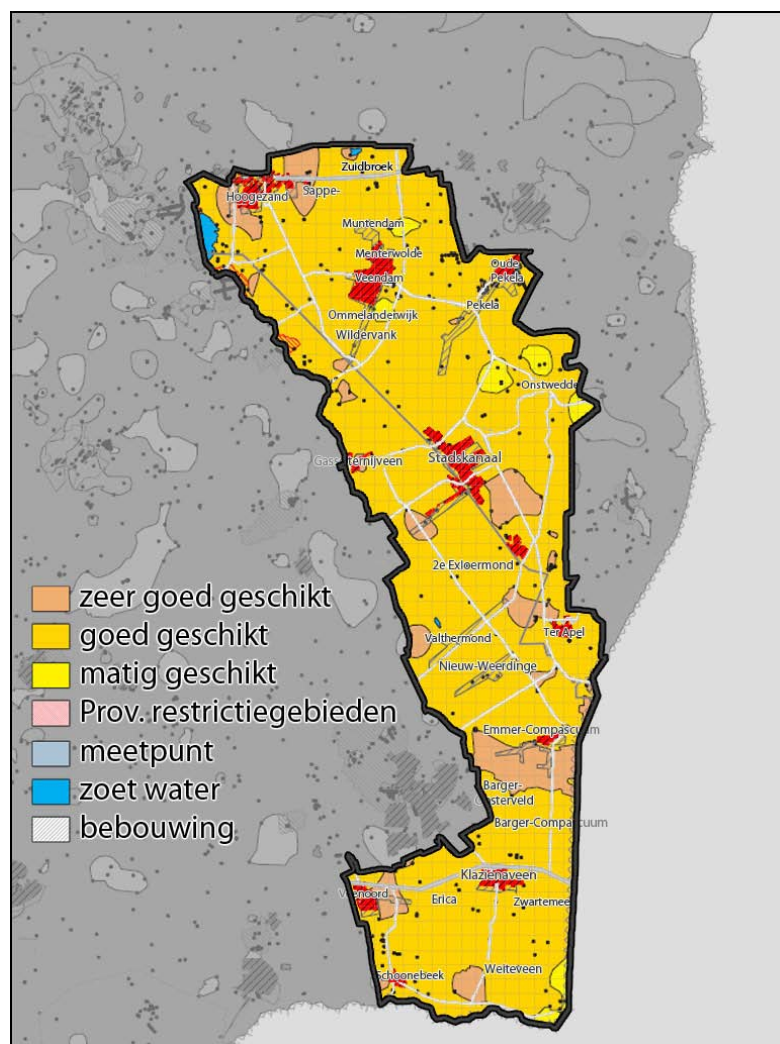
De kaart is lastig te kwantificeren naar energetische potenties. Met onderstaande gegevens is wel te bepalen hoe groot een bodemwarmtewisselaar zou moeten zijn om in het gewenste vermogen te kunnen voldoen. Dit gaat echter wel om vermogens om in de piekwarmtevraag te kunnen voorzien.

Maximaal vermogen bodemwarmtewisselaar

Droge zanderige bodem	10-15 W/m ²
Vochtige zanderige bodem	15-20 W/m ²
Droge leemachtige bodem	20-25 W/m ²
Vochtige leemachtige bodem	25-30 W/m ²
Bodem met grondwater	30-35 W/m ²

Grof redenerend kan worden gezegd dat een piekvermogen van 15-30W/m² aan de bodem onttrokken kan worden. De kwalificaties uit de kaart van matig tot zeer goed (80-140% van gemiddeld) kunnen dan geïnterpreteerd worden als 15-20-30 W/m² voor 3 verschillend gekwalificeerde gebieden.

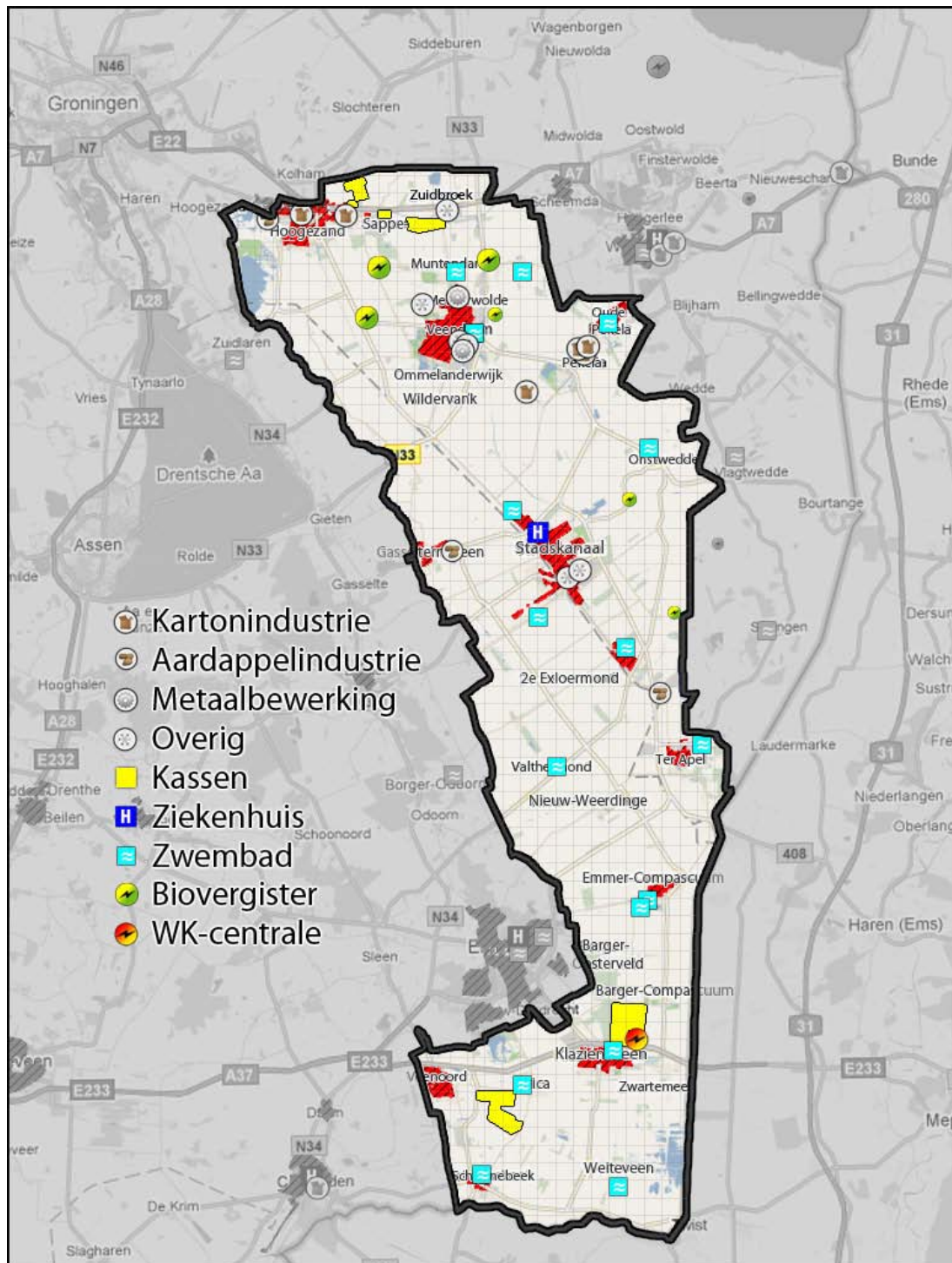
Om de jaarlijkse werkelijke potenties duidelijk gekwalificeerd te bepalen, zal meer onderzoek moeten worden gedaan.



Figuur 25: Geschiktheidskaart voor verticale bodemwarmtewisselaars in de Veenkoloniën (gebaseerd op [27])

04.06 Restwarmte

Bij het maken van plannen voor duurzame(r) energievoorzieningen is het van belang om grootverbruikers van energie en (potentiële) bronnen van restwarmte in kaart te brengen. Verschillende energiegrootverbruikers zijn o.a. zware industrie en verwerkende industrie, kassen, zwembaden en ziekenhuizen. Potentiële bronnen van restwarmte zijn elektriciteitscentrales en afvalverbrandingsinstallaties maar kunnen ook industrieën zijn als de kartonindustrie of sommige voedselverwerkende industrieën. In de kaart van Figuur 26 zijn enkele belangrijke voorzieningen opgenomen die belangrijke spelers zouden kunnen zijn in lokale duurzame warmtevoorzieningen.



Figuur 26: Kaart met energie-intensieve industrieën en voorzieningen (gebaseerd op o.a. ^[8] en ^[2])

05 Opslagpotenties

05.01 Warmte- en koudeopslag

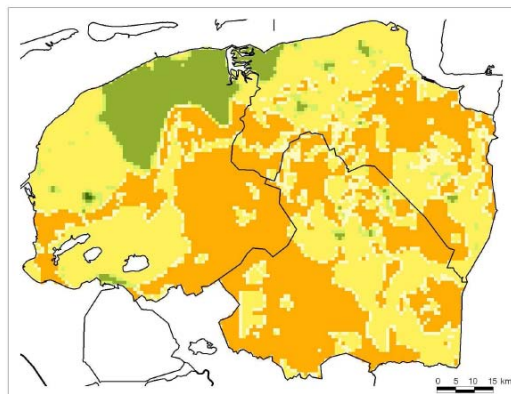
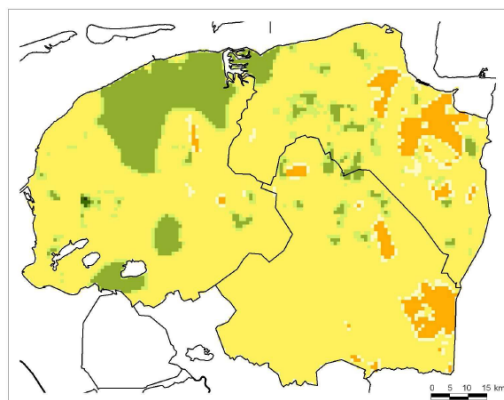
Warmte- en koudeopslag in de middeldiepe ondergrond

Bepaalde watervoerende lagen in de middeldiepe ondergrond kunnen worden ingezet voor warmte- en koudeopslag. Hierbij worden in de aquifer twee nabije bronnen geboord (een 'doublet'), en afhankelijk van het seizoen steeds de één opgeladen en de ander gebruikt. Opgehaalde warmte en koude worden indien nodig tot de juiste temperatuur opgewaardeerd met een warmtepomp. Om opwarming of afkoeling van het grondwater op de lange termijn te voorkomen, moeten opslag en onttrekking van warmte en koude met elkaar in balans zijn.

TNO en Deltares hebben de WKO-potentie van de middeldiepe ondergrond in Noord-Nederland onderzocht [5]. Figuur 27 toont deze kaarten met de geschatte hoeveelheden energie die in bepaalde gebieden ingezet kunnen worden. De waarden komen voort uit het 3D-modelleren van aquifers in de ondergrond. De selectie van geschikt geachte aquifers is gebaseerd op een minimaal mogelijke onttrekking van 75 m³/uur (er zit hier 150m tussen de injectie- en productieput). Er kunnen geschikte aquifers boven elkaar gelegen zijn, dan zijn de energiepotenties van deze lagen bij elkaar opgeteld in de kaart.

De totale hoeveelheid aan energie die aan de ondergrond kan worden onttrokken, kan worden bepaald m.b.v. de totale mogelijke hoeveelheid te onttrekken water per oppervlakte-eenheid en het temperatuurverschil (ΔT). Met het temperatuurverschil wordt het verschil bedoeld tussen de temperatuur die uit de bron wordt gehaald en de temperatuur van het water dat het systeem verlaat (en teruggepompt wordt). ΔT hangt ook af van het bovengrondse energiesysteem. De bovenste figuur toont de resulterende energiepotenties van deze berekeningen.

De ondergrondse aquifers kunnen zoet of zout water bevatten, het is echter ongewenst en bovendien niet toegestaan om zoet en zout water door de boorgaten met elkaar te laten mengen. De onderste figuur toont de energiepotentiekaart waarin deze restrictie is meegenomen.

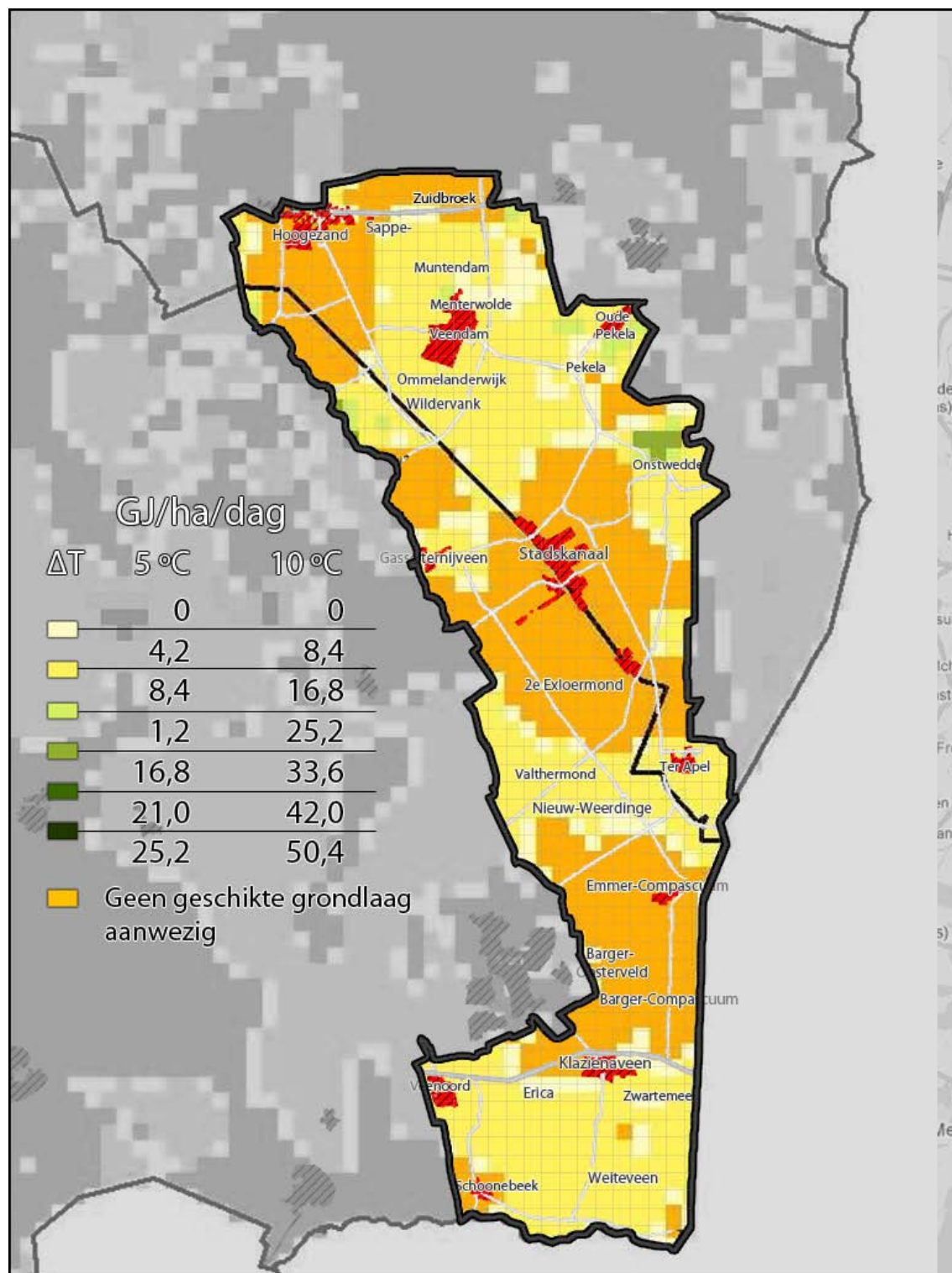


Energie in MJ/ ha/ dag

ΔT	5° C	10° C
	0 - 4200	0 - 8400
	4200 - 8400	- 16800
	8400 - 12600	16800 - 25200
	12600 - 16800	25200 - 33600
	16800 - 21000	33600 - 42000
	21000 - 25200	42000 - 50400
	geen geschikte aquifers beschikbaar	

Figuur 27: Energiepotentiekaart voor warmte- en koudeopslag in aquifers, waarbij in de onderste kaart restricties vanwege zoet- en zoutwatertransities zijn meegenomen^[5]

Figuur 28 toont de kaart voor het gebied van de Veenkoloniën.



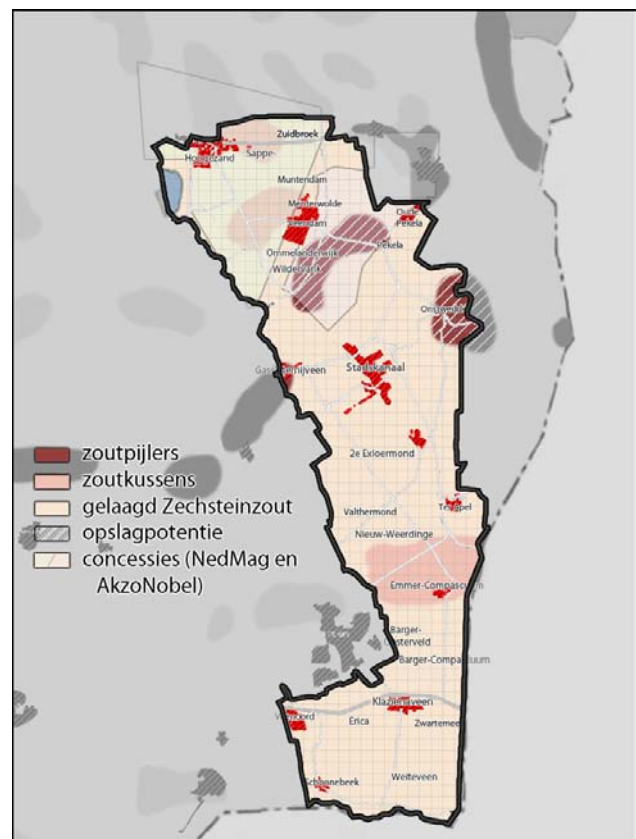
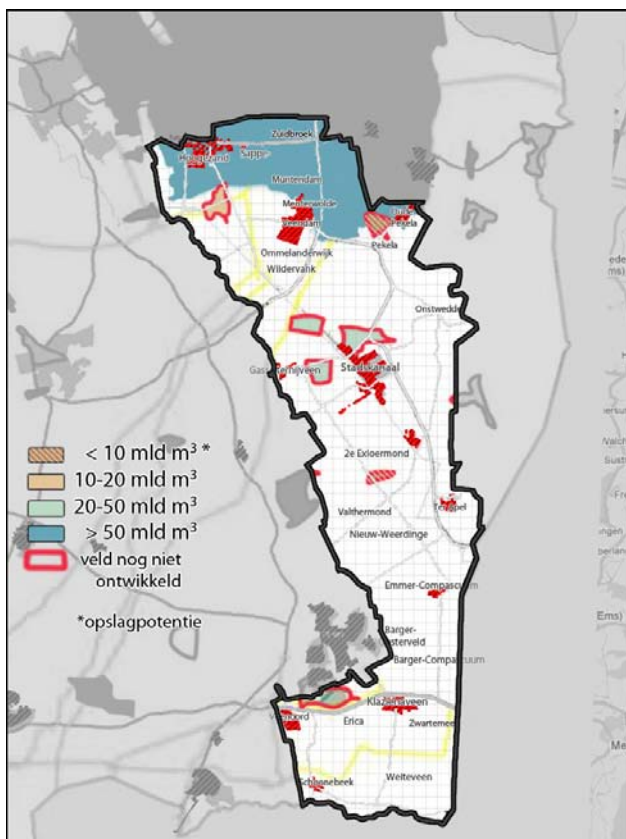
Figuur 28: Warmte- en koude-opslagpotenties (incl. restricties) in de Veenkoloniën (gebaseerd op ^[28])

05.02 Biogas

Gasvelden

Bestaande en nieuwe gasvelden kunnen voor biogasopslag ingezet worden, om daarmee fluctuaties in de energievraag te kunnen ondervangen. De geschiktheid hangt zowel af van de grootte als de hoeveelheid in de regio geproduceerd biogas. De grootte is van belang omdat in een gasveld een basisdruk van zogenaamd 'kussengas' nodig is^[29]. Bij een groot veld is het benodigde volume kussengas immers ook groot, en het enorme Groningse gasveld dat zich aan de noordzijde tot onder de Veenkoloniën uitstrekt (blauw) is dan ook minder geschikt.

Enkele kleine gasvelden worden op het moment nog niet geëxploiteerd, en zijn door hun beperkte volume in de toekomst mogelijk geschikt voor biogasopslag. IF Technology meldt dat de grootte van deze velden "minder dan 10 miljard m³" is (en dus een "hoog potentieel" heeft), een nauwkeuriger volume blijkt moeilijk te achterhalen.



Figuur 29: (links) geschiktheid gasvelden voor gasopslag na 2030 (gebaseerd op ^[29])
Figuur 30: (rechts) zoutvoorkomens en potentiegebieden (gebaseerd op ^[30], ^[12] en ^[29])

Zoutcavernes: gasopslag

In de ondergrond van de Veenkoloniën bevinden zich op verschillende plaatsen bovendien zoutkoepels en -kussens^[12], waarbij in het noorden actief zout wordt gewonnen. Hoewel de diep liggende zoutkussens door de grote druk na verloop van tijd verdwijnen, zijn de ondieper liggende koepels stabiel genoeg om ingezet te kunnen worden voor opslagdoeleinden^[30], bijvoorbeeld voor biogasopslag, of een Compressed Air Energy Storage (CAES) installatie (verder behandeld in 05.03).

In deze zoutcavernes kan potentieel 36,9 miljoen m³ gecomprimeerd gas worden opgeslagen^[29], een energetische waarde van **1.168 TJ** (bij biogas van 32 MJ/m³). Dit is de daadwerkelijk terugwinbare hoeveelheid, kussengas wordt hier dus niet in meegeteld. Omdat oudere cavernes niet geschikt zijn, moeten hiervoor moeten wel nieuwe zoutcavernes worden gemaakt met de op de Zuidwending-locatie toegepaste methode.

05.03 Elektriciteit

Zoutcavernes: CAES

De eerder genoemde zoutkoepels kunnen ook een opslagmogelijkheid bieden voor het elektriciteitsnetwerk. Met CAES (Compressed Air Energy Storage) kan kortstondig een groot vermogen opgewekt worden om op piekmomenten bij te springen of 's nachts te leveren. De Huntorf CAES-centrale in Duitsland (310.000 m³) wordt bijvoorbeeld al sinds 1978 gebruikt om een langzaam opschakelende kolencentrale in de regio bij te springen, en kan enkele uren 290 MW, of 12 uur lang 60 MW leveren^{[31][32]}. De Zuidwending-koepel (4 cavernes, totaal 600.000 m³) wordt sinds begin dit jaar gebruikt als aardgasbuffer^[33], en zou na het aardgastijdperk voor biogas of CAES kunnen worden gebruikt.

Binnen de Veenkoloniën kan potentieel een totaal van 29,4 GW (uitgaande van een Huntorf-achtige installatie dus 60 GWh of **216 TJ**) aan kortstondig elektrisch persluchtvermogen worden opgeslagen.

Pompaccumulatie

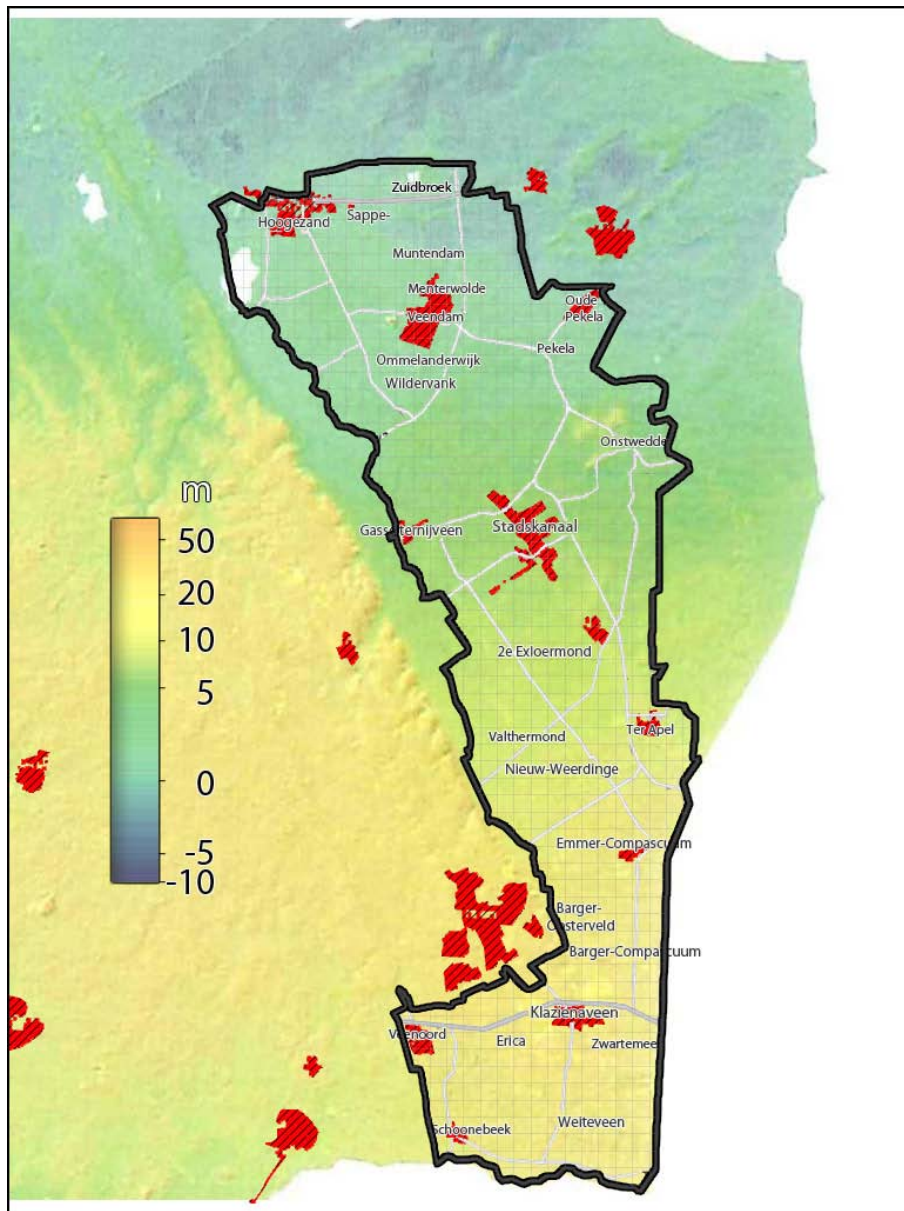
Door gebruik te maken van het natuurlijke hoogteverschil van de nabijgelegen hondsrug kan gebruik gemaakt worden van pompaccumulatie, een zogenaamd 'valmeer'. Hierbij wordt een elektriciteitsoverschot gebruikt om water van een laag bassin naar een hoog bassin te pompen. Als er een elektriciteitstekort is gaat water uit het hooggelegen bassin door een turbine terug het lage bassin in.

De potentiële energetische capaciteit van een pompaccumulatiecentrale kan bepaald worden met^[34]:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

Met E_{pot} = de potentiële energie, m = de massa (van water) en h = het hoogteverschil.

Een pompaccumulatiecentrale met een grootte van 2000 ha en diepte van 3 m per bassin en een verval van 10m heeft een maximum potentiële capaciteit van 5.886 GJ. De efficiëntie van bestaande pompaccumulatiecentrales ligt tussen de 72% en 81%^[35]. Bij een totaalefficiëntie (elektriciteit in en uit) van ongeveer 75% is de effectieve maximum opslagpotentie dus **4,4 TJ**, of 1,1 GJ/ha (totaaloppervlak, beide bassins meegeteld). Dit is een opslagpotentie zonder tijdseenheid, dus niet per jaar maar per keer.



Figuur 31: hoogtekaart Veenkoloniën (gebaseerd op ^[12])

Zoutcavernes: pompaccumulatie

Inzet van de zoutcavernes in de Veenkoloniën om het hoogteverschil te vergroten is waarschijnlijk niet mogelijk. De cavernes zijn uitgehold in een veel grotere zoutlaag, en het te verpompen water zal waarschijnlijk de geologische draagstructuur aantasten.

Het enorme verval maakt dit echter wel een interessante methode om het oppervlaktegebruik sterk te verminderen. Een zoutcavernestelsel als bij de Zuidwending ($2.400.000 \text{ m}^3$ op gemiddeld 1.200 m diepte) met een zeer klein oppervlak (bijvoorbeeld een bassin van slechts 3 ha bij 20m uitgegraven diepte) kan dan zelfs een grotere opslagcapaciteit (effectief 21,6 TJ) hebben, 901 GJ/ha, dan een gewone pompaccumulatiecentrale ("stuwmeer") met gelijk pompvolume.

Bij inzet van alle potentiële toekomstige zoutcavernes in de Veenkoloniën voor pompaccumulatie levert dit zelfs een effectieve maximum opslagpotentie van ruwweg **283 TJ** op, ruim zestig maal dat van CAES. Het is dus zeker de moeite waard om te onderzoeken of dit met bepaalde ingrepen in de toekomst misschien wel mogelijk is, bijvoorbeeld door het opspuiten van een watervaste betonlaag of toepassing van een vloeistof waar de zoutlaag niet in oplost.

Vehicle-to-grid

De opkomst van brandstofcel-, hybride en volledig elektrische voertuigen maakt het mogelijk om deze als ze geparkeerd zijn op grote schaal in te zetten voor kortstondige energieopslag, en hiermee op momenten van piekvraag op afroep in te kunnen spelen. De geschatte 96% van de tijd dat personenvoertuigen stil staan^[36], maakt het interessant voor een eigenaar om hieraan deel te nemen, en omdat conventionele voertuigen geen aansluiting bezitten maken de extra inkomsten de aanschaf van dergelijke voertuigen bovendien aantrekkelijk.

Binnen de Veenkoloniën staan 120.000 voertuigen geregistreerd^[9]. Omdat hiervan 18.000 bedrijfsvoertuigen zijn (onbekend gebruikstijdspercentage) en 11.000 tweewielers (lagere capaciteit), wordt in eerste instantie gerekend met de 91.000 (privé)voertuigen.

Bepalende factoren zijn de batterijcapaciteit van het voertuig, de terugleverefficiëntie, het door de bestuurder gereserveerde buffer (de minimum lading, geldt niet voor hybride voertuigen die naast de accu immers op een brandstoftank kunnen terugvallen), de maximale stroom die het oplaadpunt en de huis- of bedrijfsaansluiting op het elektriciteitsnet aan kunnen, de efficiëntie van de gelijkrichter en het aantal geparkeerde voertuigen op een dergelijk piekmoment.

Als de oplaadaansluiting recent is, een gemiddelde woning maximaal 12kW aan vermogen van en naar het net kan sturen en deze voertuigen hybride zijn (bijvoorbeeld de Toyota RAV4, 27,4 kWh capaciteit), zou er $27,4 / 12 = 2,3$ uur lang een maximaal vermogen van $12 \text{ kW} * 91.000 = 1,1 \text{ GW}$ geleverd kunnen worden. Er vanuit gaande dat de elektriciteitsvraagpieken voor en na de ochtendspits en voor en na de avondspits liggen en totaal twee maal twee uur duren, op die momenten een geschatte 60% van de maximum capaciteit beschikbaar is (percentage acculading * percentage aangesloten voertuigen) en de accu's gedurende de dag voldoende kunnen worden opgeladen zou er zowel 's ochtends als 's avonds 1,3 GWh of **4,7 TJ** geleverd kunnen worden.

05.03 Perslucht in zoutcavernes

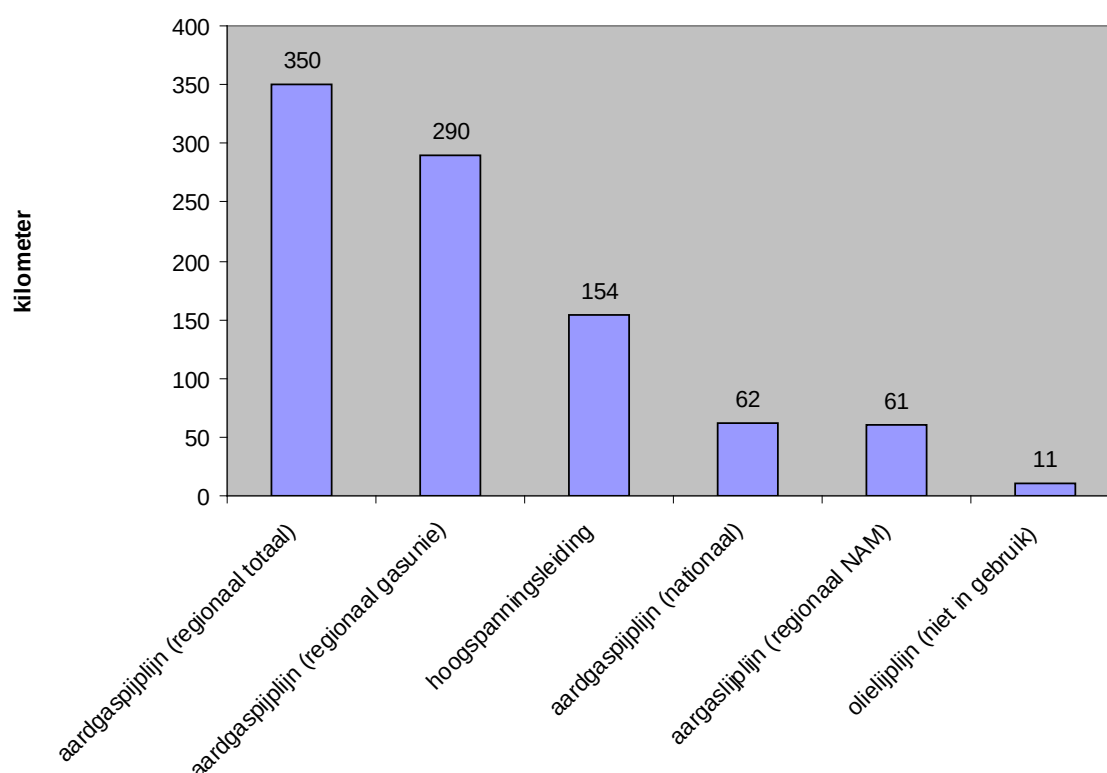
Met Compressed Air Energy Storage (CAES) kan kortstondig een groot vermogen opgewekt worden om op piekmomenten bij te springen of 's nachts te leveren. De Huntorf CAES-centrale in Duitsland (310.000 m³) wordt bijvoorbeeld al sinds 1978 gebruikt om een langzaam opschakelende kolencentrale in de regio bij te springen, en kan enkele uren 290 MW, of 12 uur lang 60 MW leveren^[31]. Met Advanced Adiabatic CAES (AA-CAES)^[37] kan bovendien het warmteverlies door de compressie en het warmtegebruik bij de decompressie grotendeels worden weggelaten, waardoor de conversie-efficiëntie (en dus de effectieve opslagcapaciteit) zelfs nog groter zou zijn. De Zuidwending-koepel (4 cavernes, 500.000 m³) wordt sinds begin dit jaar gebruikt als aardgasbuffer^[33], en zou na het aardgastijdperk voor biogas of CAES kunnen worden gebruikt.

Binnen de Veenkoloniën kan potentieel een totaal van 29,4 GW (uitgaande van een Huntorf-achtige installatie dus 60 GWh) aan kortstondig elektrisch persluchtvermogen worden opgeslagen. Hiervoor moeten wel nieuwe zoutcavernes worden gemaakt met de op de Zuidwending-locatie toegepaste methode, oudere cavernes zijn niet geschikt.

06 Netwerken

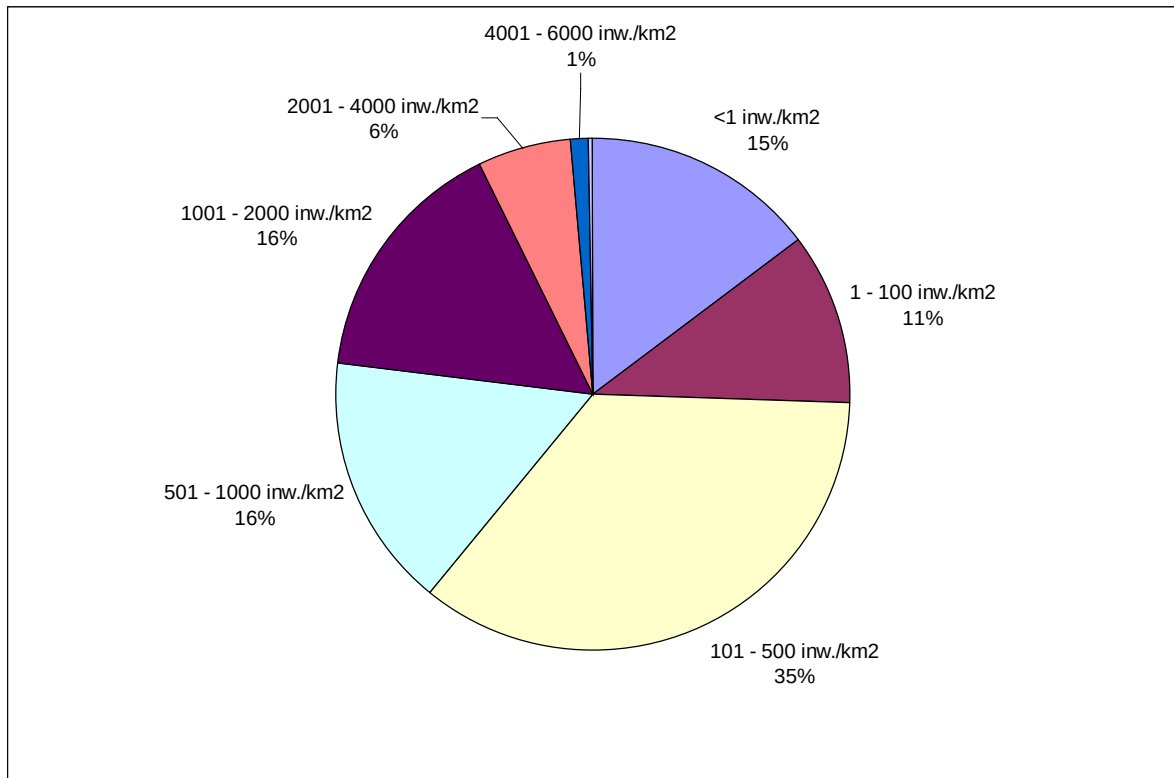
06.01 Energienetwerken

In de Veenkoloniën bevinden zich verschillende energienetwerken. Een hoogspanningslijn doorkruist de regio en verbindt de Eemscentrale met de zuidelijke regio's van Nederland. In totaal bevindt zich 154 km aan bovengrondse elektriciteitsleidingen in de Veenkoloniën. Daarnaast bevinden zich vrij uitgebreide gasnetwerken in het gebied, zowel nationale en NAM hoofdgasleidingen (totaal 123 km) als regionale en lokale gasleidingen (350 km). Alle bedrijfsterreinen en het overgrote deel van de woningen is aangesloten op dit gasnetwerk (zie Figuur 32). Een oude oliepijpleiding die het zuidelijke deel van de Veenkoloniën met Duitsland verbindt is op het moment niet in gebruik. Voor zover bekend bevinden zich minstens twee warmtenetwerken binnen de grenzen van de Veenkoloniën, beiden in de zuidelijke kassengebieden.



Figuur 32: Overzicht van grote energienetwerken in de Veenkoloniën

De energievraag wordt voor het grootste deel bepaald door de in de Veenkoloniën aanwezige industrie (zie Figuren 36 en 37). Energiedichtheden van bebouwde gebieden zijn in kaart gebracht in figuur 33. Hoe hoger de bevolkingsdichtheid, hoe hoger de energievraag per vierkante kilometer. Energieverbruikers, bijvoorbeeld woongebieden, kassen en industrie, zijn weergegeven in Figuur 36. Figuren 33 en 34 laten typische grootschalige energiegebruikers zien als de Noritfabriek en kassen. Figuur 35 laat een typische gaswinninginstallatie in de buurt van Veendam zien.



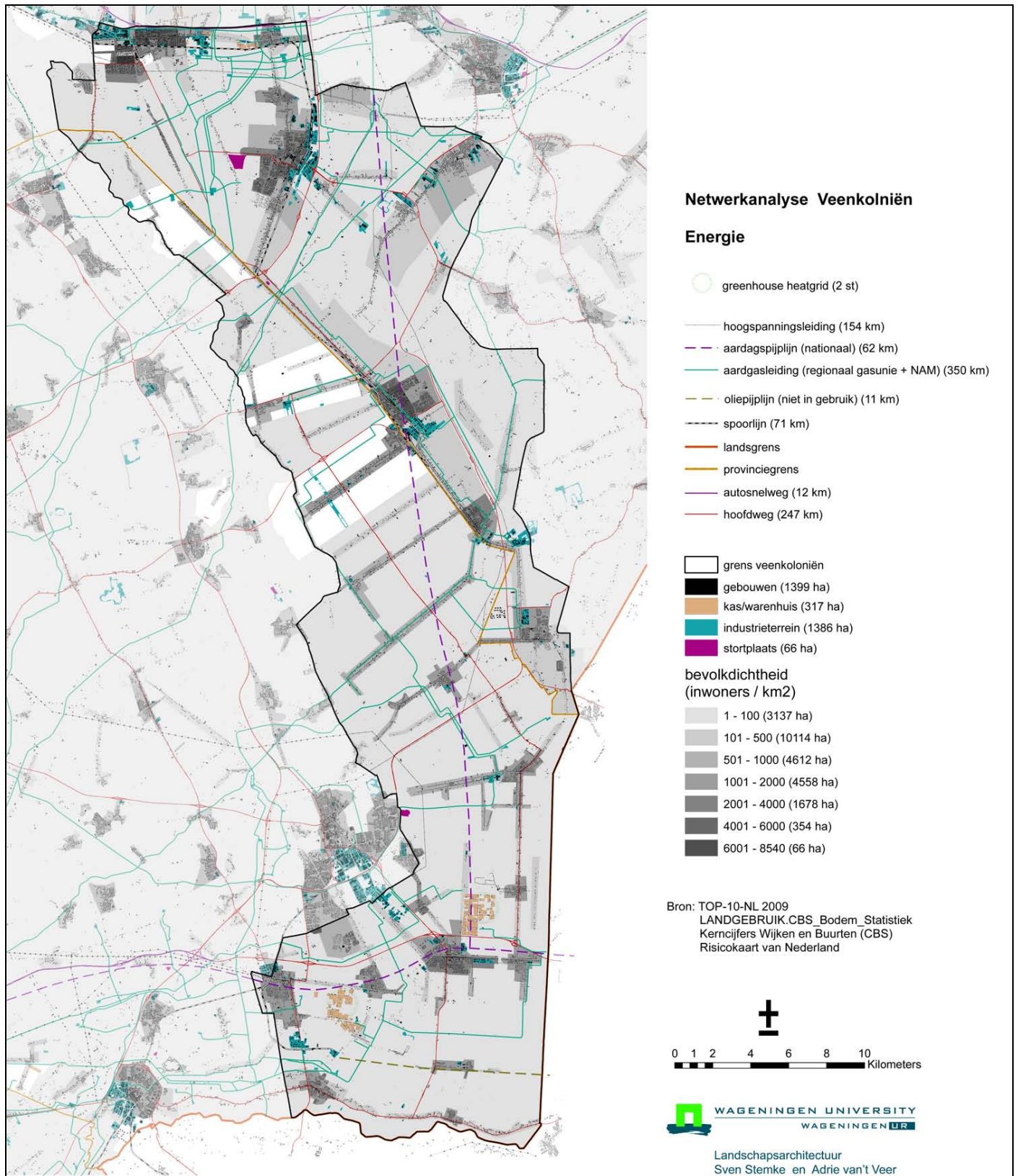
Figuur 33: Distributie energiedichtheid in de Veenkoloniën en aantal bewoners per vierkante kilometer. Het grootste deel van het gebied heeft een dichtheid van 100-500 inwoners per km² (Stremke en Veer, 2011).



Figuur 34: Grootverbruikers in de Veenkoloniën: Norit in Klazienaveen (foto: evertjr2009)



Figuur 35: gaswinning bij Veendam (foto: S. Swart)

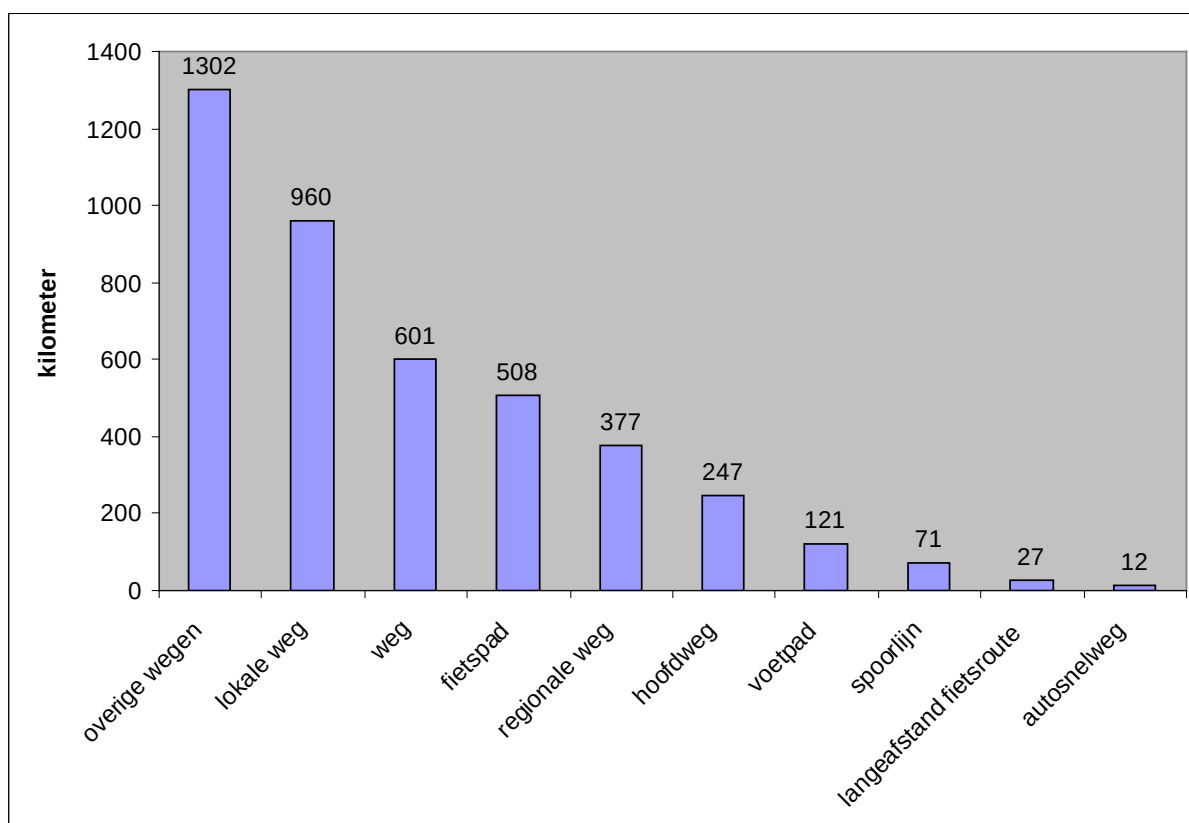


Figuur 36: Overzicht van bestaande energienetwerken in de Veenkoloniën

06.02 Transportnetwerken

Zoals bij veel andere grensregio's zijn transportnetwerken in de Veenkoloniën onderontwikkeld. Hoewel er een zeer uitgebreid wegennetwerk aanwezig is (totaal 3.487 km), doorkruist slechts één snelweg het gebied (12 km), welke Noordelijk Nederland verbindt met Duitsland. Het spoorwegnetwerk is onderbroken: treinen in het Zuiden rijden tot in Emmen, en treinen uit het noorden tot in Stadskanaal (zie Figuur 38). De twee spoorlijnen zijn echter niet verbonden, en voor toekomstige verbetering van het openbaar vervoer biedt dit een belangrijke kans.

Een uitgebreid netwerk van buslijnen doorkruist de Veenkoloniën en verbindt de hoofdnederzettingen. In totaal zijn er 481 bushaltes in het gebied (Tabel 21). Dezelfde afbeelding laat ook de locatie van langeafstandsfietsroutes (27 km), benzinestations (6), treinstations (5) en carpoolplaatsen (8) zien. Daarnaast biedt het uitgebreide netwerk van waterwegen een vervoersmogelijkheid, dit wordt hierna afzonderlijk besproken.



Figuur 37: Overzicht van transportnetwerken

transport	aantal
bushaltes	481
parkeerplaats	29
carpoolplaats	8
tankstation	6
trein station	5

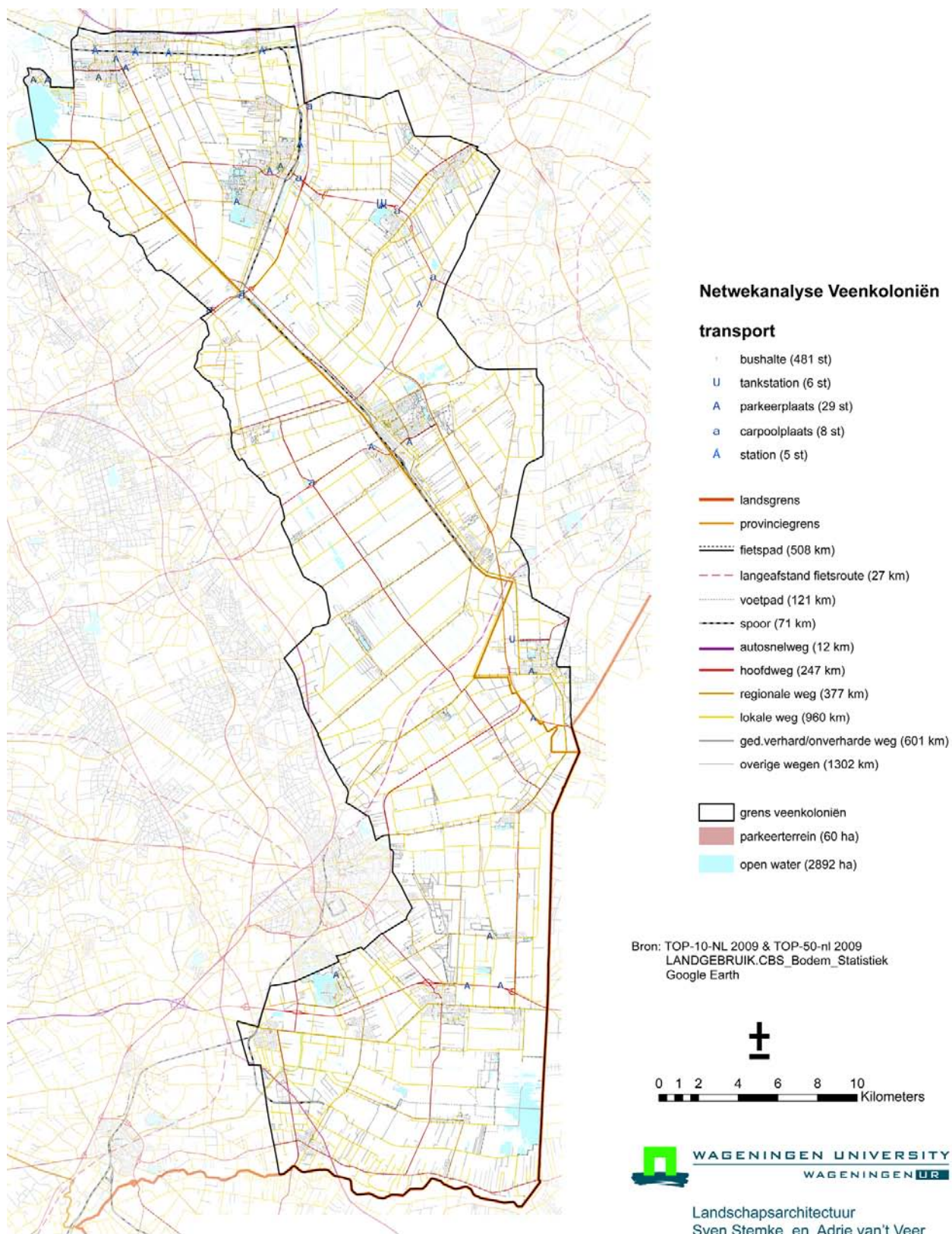
Tabel 21: Overzicht van transportnetwerkknooppunten



Figuur 38: Transportnetwerken: trein in Stadskanaal (bron: P.Hagen)



Figuur 39: Transportnetwerken: nieuwe brug in Stadskanaal (bron: Van Der Laan)



Figuur 40: Overzicht van bestaande transportnetwerken in de Veenkoloniën

06.03 Waternetwerken

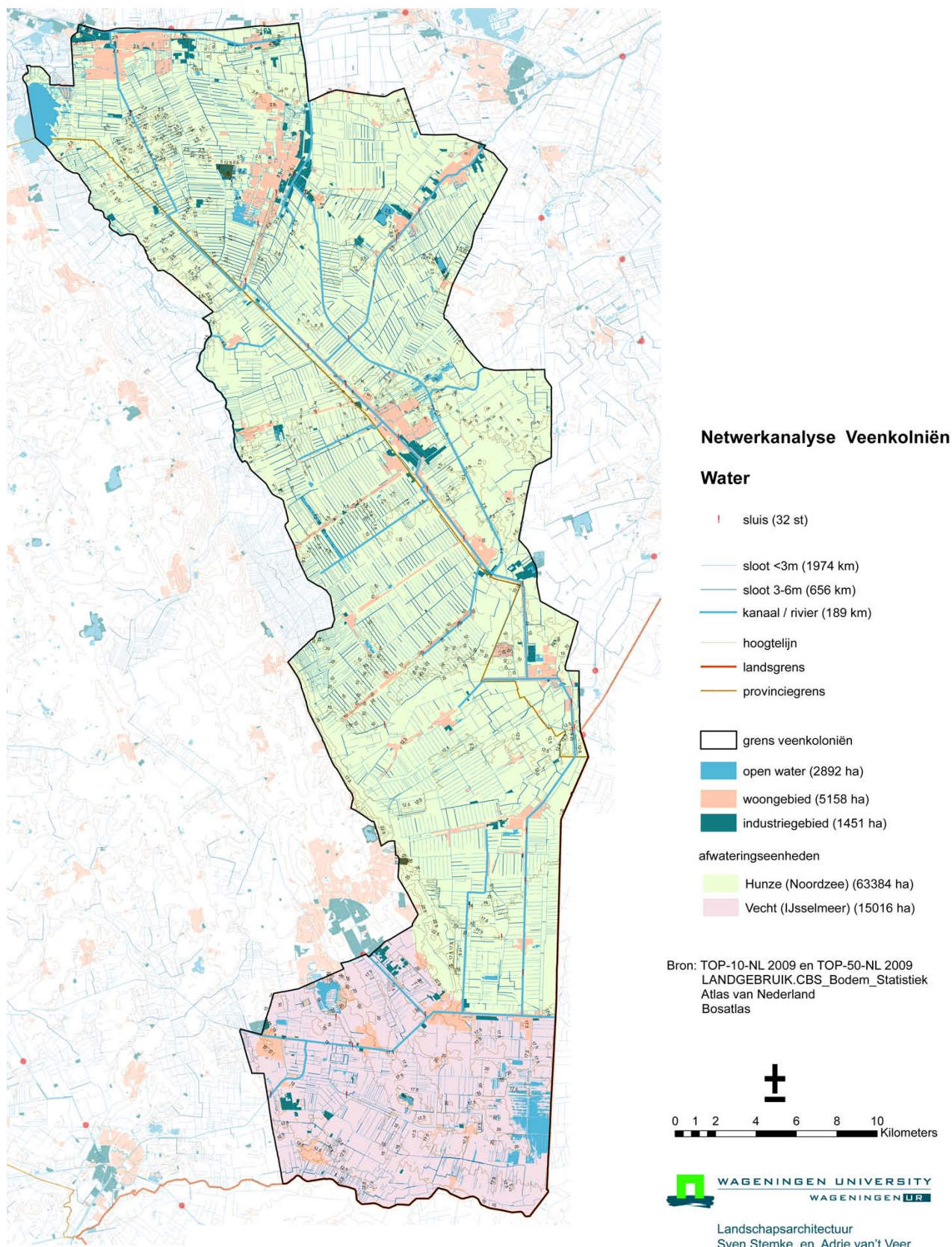
De Veenkoloniën bevinden zich in twee 'afwatereenheden': het Hunze-stroomgebied dat in de Noordzee eindigt (634 km²) en het Vecht-stroomgebied dat naar het IJsselmeer stroomt (150 km²). De Veenkoloniën staan bekend om hun rechte kanalenstructuur, die waren gegraven om de veenlagen te drogen en later het veen naar de afnemer elders te transporteren. Sloten met een breedte minder dan 3 m (1974 km) en kanalen met een breedte van 3-6 m (656 km) resulteren in een fijnmazig netwerk van waterwegen, die op hun beurt weer met elkaar zijn verbonden door de grotere kanalen (189 km). Het totaaloppervlak aan open water is 2892 ha, ongeveer 4% van het Veenkoloniëgebied. Voor het Drentse deel (en vermoedelijk voor de Veenkoloniën als geheel) geldt overigens overwegend dat deze vaarwegen relatief smal en ondiep zijn, en dus niet direct geschikt voor reguliere binnenvaartschepen (maar wel voor vaartuigen met een geringer diepgang).



Figuur 41: Waternetwerken: Stadskanaal (bron: RTV Noord)



Figuur 42: Water en natuur bij het Zwarte meer in het zuiden van de Veenkoloniën (bron: RTV Noord)



Figuur 43: Overzicht van bestaande waternetwerken in de Veenkoloniën

07 Energievisies

07.01 Methodiek energievisies

In de methodiek die hier gebruikt is om de regio Veenkoloniën CO₂- of energieneutraal te maken, zijn twee verschillende extreme varianten van energieconcepten bedacht, die niet alleen in conceptvorm een energievisie vertolken maar ook vervolgens rekenkundig worden onderbouwd om, teruggerekend, in de basisenergievraag te kunnen voorzien.

De methodiek om de energieconcepten daadwerkelijk energieneutraal te krijgen, bestaat hierdoor uit een aantal rekenkundige stappen die achtereenvolgens worden gemaakt na het opstellen van het concept van de vernieuwde duurzame energievoorziening en het regionale schetsontwerp. De volgende rekenkundige stappen worden genomen:

1. Energie-nul-meting van de regio; Inventarisatie van de huidige basisvraag, verdeeld naar energiesoort (elektriciteit, warmte, primaire brandstof voor vervoer en primaire energie algemeen). Dit is het energieverbruik, waarvan de verliezen door omzettingsrendementen zijn afgetrokken.
2. Energievraagverschuiving; Binnen het energieconcept zal verschuiving plaats vinden binnen de verschillende energiesoorten, o.a. door algemene vraagreductie (door energiezuinigheid), verschuiving van warmtevraag naar elektriciteitsvraag door gebruik van warmtepompen en verschuiving naar elektrische mobiliteit.
3. Invulling van duurzame bronnen, verrekend naar de energiepotenties die voor het gebied gelden.
4. Bepalen restvraag en overschot van de verschillende energiesoorten.
5. Verdere verschuiving (waar mogelijk door elektrificatie). Een restvraag van (proces)warmte kan voor een deel ingevuld worden door warmtepompen, hierbij zal een wat lagere COP (rendement) gehaald worden dan voor ruimteverwarming van woningen, door een gemiddeld hogere vereiste temperatuur.
6. Invulling van de restvraag van primaire (hoogwaardige) brandstoffen door biomassateelt voor biobrandstoffen.

In de komende paragrafen volgen de energievisies en de kwantificaties daarvan.

07.02 Beschrijving visie 1: de Alleenkoloniën

In deze visie staat een kleinschalige, decentrale energievoorziening uit hernieuwbare bronnen voorop. Er wordt gestreefd naar zelfvoorziening binnen de grenzen van de verschillende gemeenten in de Veenkoloniën, en waar dit niet lukt, met naburige gemeenten binnen de grenzen van de Veenkoloniën als geheel; daarom wordt deze visie hier de 'Alleenkoloniën' genoemd.

Dit maakt het gebied onafhankelijk van invoer van energie en schommelende, stijgende prijzen van fossiele brandstoffen. Ook schept het realiseren van een zelfvoorzienend energiesysteem gebaseerd op hernieuwbare bronnen kansen voor werkgelegenheid en regionale ontwikkeling binnen het gebied. Bij een lokale energievoorziening worden energieverliezen door transport over grote afstanden vermeden. Lokaal aanwezige potenties om energie te besparen en op te wekken zullen optimaal benut worden, wat kan bijdragen aan het versterken van de lokale identiteit.

Energie is nodig in de vorm van elektrische energie, warmte, brandstof voor transport en hoogwaardige energiedragers voor andere toepassingen. In deze beschrijving maken we verder onderscheid tussen de opwekking, uitwisseling en opslag van energie.

Opwekking van energie

Het opwekken van hernieuwbare energie gebeurt in deze visie op verschillende schaalniveaus. Huishoudens buiten de bebouwde kom zullen gestimuleerd worden zoveel mogelijk in hun eigen elektriciteit en warmte te voorzien door middel van PV-panelen, zonnewarmtesystemen en kleine windmolens.

Alle aanwezige energie uit biomassa van reststromen wordt maximaal benut en ingezet als gecomprimeerde brandstof voor vervoer en eventueel in bio-WKK's waar minder andere duurzame potenties aanwezig zijn. Het gebied produceert tevens extra biomassa uit het extra geplande bos- en natuurgebied.

In de kernen worden warmtenetten aangelegd die draaien op restwarmte van aanwezige industrie + geothermie (in Hoogezand-Sappemeer), geothermie (in Emmer-Compasuum en Emmen) en op warmte uit het totaal aan zonnecollectoren, eventueel aangevuld met warmte uit kassen (Veendam, Pekela's, Stadskanaal, Musselkanaal, Ter Apel, Barger-Oosterveld, Zandpol en Veenoord).

Ook in de kernen wordt gestimuleerd om per huishouden zoveel mogelijk elektriciteit en warmte zelf op te wekken door middel van PV-panelen, zonnewarmtesystemen en kleine windmolens. Om elektriciteit te genereren voor huishoudens die niet zelfvoorzienend gemaakt kunnen worden is per kern een aantal windturbines (2 MW) gepland. Uitbreiding van de kernen kan op kleine schaal plaatsvinden door middel van het bouwen van energieneutrale (kas)woningen.

Uitbreiding van de kassencomplexen ten zuidwesten van Emmen en de aanleg van een windpark met 42 turbines (5 MW) ten zuiden van Emmer-Compasuum kan de resterende vraag naar elektriciteit en warmte vanuit huishoudens en bedrijvigheid opvangen.

In deze visie zal het grootste deel van de voertuigen in de toekomst overschakelen op elektrische energie (75%). Voor het overige zware transport is dit minder geschikt, daarom wordt algenteelt gestimuleerd voor de lokale productie van biodiesel voor vrachtverkeer. Bussen kunnen in de toekomst rijden op biogas.

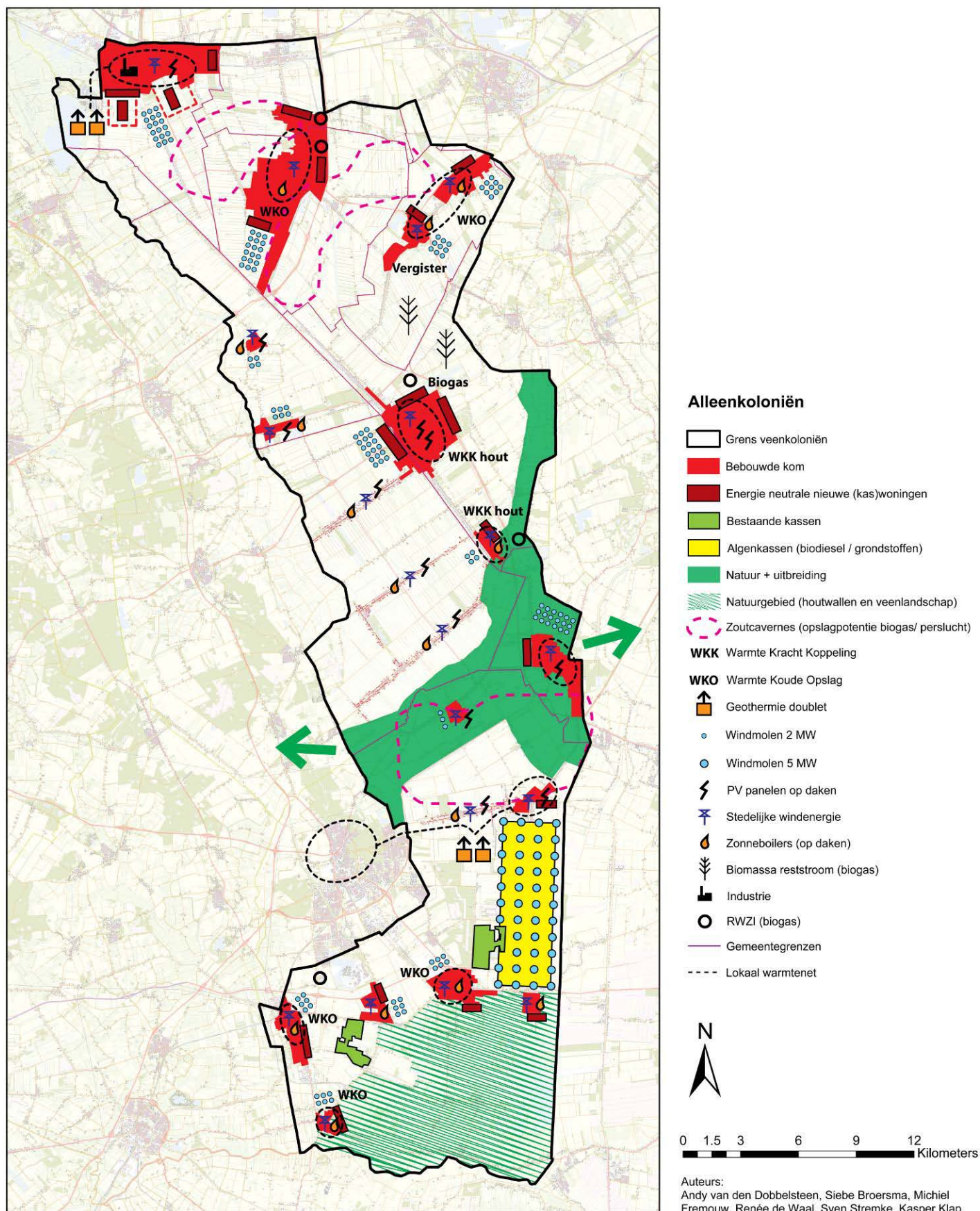
Uitwisseling van energie

Omdat deze visie uitgaat van een zo lokaal mogelijke energievoorziening is uitwisseling van energiestromen beperkt tot op het lokale niveau van de kleine warmtenetten. Zoals hierboven beschreven, vindt er uitwisseling van warmte plaats in warmtenetten die vooral gebruik maken van lokaal opgewekte zonnewarmte, lokale restwarmte uit industrie en kassen en reststromen van biomassa.

Opslag van energie

Opslag van warmte vindt plaats in WKO in de ondergrond in de gebieden waar de ondergrond hiervoor geschikt is. Deze WKO is telkens aangesloten op de lokale warmtenetten. Waar geen WKO mogelijk is, wordt houtige biomassa zoveel mogelijk als opslagmedium gebruikt. De aansluiting op een geothermische bron vereist geen opslag. Deze bronnen kunnen wel tevens dienstdoen als opslag voor restwarmte, indien dit niet direct ingezet worden kan.

Bij gebruik van hernieuwbare bronnen voor de elektriciteitsvraag treden ook fluctuaties op in het aanbod tussen dag en nacht en zomer en winter. Door daar in de vraag rekening mee te houden kunnen veel fluctuaties opgevangen worden, door bijvoorbeeld de accu's in elektrische voertuigen zoveel mogelijk op te laden bij piekproducties als het hard waait of de zon sterk schijnt. Voor meer opslagcapaciteit zou energie opgeslagen kunnen worden in de vorm van waterstof of als perslucht in de zoutcavernes. Ook kan elektriciteit tijdelijk worden opgeslagen in lokale 'valmeren', mogelijk kunnen de zoutcavernes zelfs als ondergrondse valmeren dienen.



Figuur 44: Energievisie 1 voor de Veenkoloniën: de 'Alleenkoloniën'

07.03 Kwantificatie Energievisie 1

Om het conceptplan van de energievisie te toetsen, volgt hier eerst nogmaals de huidige basisenergievraag in Tabel 22, stap 1 in de kwantificatie van de energievisie.

Stap 1: bepalen energievraag

stap1: Energievraag Veenkoloniën (Warmte, elektriciteit en primair)								
	energievraag (TJ)							
	basisgegevens			woningen		vervoer	werk	
	woningen	inwoners	voertuigen	W	E	prim	W en proces	E
Aa en Hunze	2230	5460	2805	99	28	151	173	124
Borger-Odoorn	5150	12450	6245	228	65	336	395	276
Emmen	23750	59660	28900	1018	299	1554	1895	1275
Hoogezand-Sappemeer	14315	32510	13980	613	180	752	1033	617
Menterwolde	4450	10540	5000	192	56	269	335	221
Pekela	5490	13260	6060	235	69	326	421	267
Stadskanaal	14745	33810	15625	632	186	840	1074	690
Tynaarlo	275	790	390	12	3	21	25	17
Veendam	12365	28060	12915	530	156	694	891	570
Vlagtwedde	4110	9470	4610	177	52	248	301	203
totaal:	86880	206010	96530	3737	1095	5190	6543	4260
totaal:								20825

Tabel 22: Stap 1, De energievraag van de Veenkoloniën

Stap 2: verschuiving en reductie van de energievraag

Binnen de energievisie zal een verschuiving en reductie plaats vinden bij de verschillende energiesoorten. De volgende uitgangspunten zijn binnen deze visie verondersteld:

- Woningen hebben een warmtevraagreductie van 30% door verbeterde isolatie.
- De basisvraag naar elektriciteit blijft overal gelijk aan de huidige.
- Bedrijven hebben een energievraagreductie binnen hun processen en voor de ruimteverwarming, door optimalere procestechnieken en beter isolatie. Er is hier voor de berekeningen aangenomen dat van de totale basisvraag 40% overblijft voor de processen en 35% voor ruimteverwarming (75% van totaalvraag van nu, 25% totaalreductie).
- Het vervoer zal voor 75% elektrisch worden. Er wordt hier verder in de berekeningen aangenomen dat een verbrandingsmotor een gemiddeld rendement heeft van 25% en een elektromotor van 50% (dezelfde gegevens werden gebruikt in het onderzoek naar elektrisch rijden in de Veenkoloniën).
- Door de introductie van warmte- en koudeopslag treedt een extra energiegebruik op voor het gebruik van de warmtepomp binnen het systeem, aangenomen dat deze een COP van 6 heeft.

De tussenstappen en rekenwaarden van de maatregelen en veronderstellingen zijn in Tabel 23 af te lezen samen met de nieuwe energievraag, verdeeld naar energiesoort. Alle waarden zijn telkens in terajoules (TJ) weergegeven. Binnen deze stap is de energievraag van 20.8 (PJ) naar 16.7 (PJ) teruggebracht door de verschillende reducties en verschuivingen.

stap 2: Energievraagverschuiving door vraagreductie, warmtepomp (WP) en elektrische mobiliteit												
gemeente: (TJ)	vervoer		woningen		bedrijvigheid			E door WP+WKO	totaalvraag			
	25%	75%	W	E	Prim	W	E		brandstof	prim.	W	E
Aa en Hunze	38	57	66	28	69	61	124	21	38	69	126	230
Borger-Odoorn	84	126	152	65	158	138	276	48	84	158	290	515
Emmen	388	583	677	299	758	663	1275	223	388	758	1340	2381
Hoogezand-Sappemeer	188	282	408	180	413	361	617	128	188	413	769	1207
Menterwolde	67	101	128	56	134	117	221	41	67	134	245	418
Pekela	81	122	156	69	168	147	267	51	81	168	304	509
Stadskanaal	210	315	420	186	430	376	690		210	430	796	1190
Tynaarlo	5	8	8	3	10	9	17	3	5	10	17	31
Veendam	174	260	352	156	356	312	570	111	174	356	664	1097
Vlagtwedde	62	93	118	52	120	105	203	37	62	120	223	385
totaal:	1298	1946	2485	1095	2617	2290	4260	663	1298	2617	4775	7964
totaal:												16654
vraagreductie:				rekenwaarden:								
woningen, warmte		30%		rendement verbrandinsmotor			25%		geconcentreerde brandstof (vloeibaar)			
bedrijvigheid, warmte en proces		30%		rendement elektromotor			50%		primaire brandstof (hoog exergie)			
waarbij van basisvraag (incl. reductie):				COP WKO			6		warmte			
primaire energie (proces)		40%							elektriciteit			
warmtevraag		35%										

Tabel 23: Stap 2, energievraagverschuiving

Stap 3: Het energieconcept invullen met de lokale energiepotenties

Windenergie

In het energieconcept worden 126 middelgrote windmolens van 2MW geplaatst, telkens in clusters van 9 stuks. Hiervan komt een aantal in een gebied met gemiddelde windsnelheden van 7,5 m/s en een aantal in een gebied van 8 m/s. Daarnaast komt er een groot windmolenpark met 42 grote 5MW windmolens ten oosten van Emmen.

De grote windmolens leveren in de Veenkoloniën gemiddeld bijna 1.5 (TJ_e) per hectare en worden i.v.m. windschaduw op 6 maal de diameter van elkaar geplaatst. Het totaal aan windmolens levert hiermee ruim 8 PJ aan elektrische energie, ruim de helft van de gehele energievraag en iets meer dan de totale elektriciteitsvraag.

Energie uit grote windmolens					
	locatie met	aantal	opbrengst		
	windsnelh.		/stuk (TJ)	TJ/ha	opbrengst (TJ)
windmolens 2MW	7.5	56	28	1.2	1568
	8	75	34	1.5	2550
windmolens 5MW	7.5	42	99	1.2	4158
totaal					8276

Tabel 24: Energieopbrengsten uit grote windmolens (visie 1)

Biomassa

Er wordt gebruik gemaakt van 2^e generatie biomassa (de in het gebied aanwezige reststromen, deze vorm legt dus geen beslag op landbouwgrond) en 3^e generatie biomassa (geconcentreerde algenteelt). Co-vergisting van (1^e generatie) energiegewassen kan de biogasproductie weliswaar aanzienlijk verhogen maar neemt veel extra ruimte in en wordt hier (in eerste instantie) achterwege gelaten.

De energiepotenties, zoals bepaald in hoofdstuk 04.03, worden in deze energievisie meegenomen en zijn in navolgende tabel vertaald naar de hoeveelheid per energietype waarin ze worden omgezet. De hoeveelheid aan houtige biomassa komt van 10.000 hectare, wat voortkomt uit een verdubbeling van bosachtig en/of groen gebied in de Veenkoloniën.

De in biogas omgezette biomassa vanuit de RWZI's en de mest met GFT-afval, levert ruim 800 TJ aan hoogwaardig biogas, wat gecomprimeerd bruikbaar is als brandstof voor vervoer.

De houtige biomassa uit bos- en groenonderhoud levert 550 TJ aan primaire brandstoffen, bijvoorbeeld in de vorm van houtbriketten, inzetbaar om de hoogste temperaturen mee te bereiken (industrie).

Energie uit biomassareststromen				
biomassa:	Olie	Prim	E	W
hout		410		
RWZI	37			
mest	285			
GFT	487			
Groen		140		
totaal:	809	550		
	ha	GJ/ha	TJ-prim	omz.rend.
hout:	10000	45.6	456	90%

Tabel 25: Energieopbrengsten uit de aanwezige biomassa-reststromen (visie 1)

Energie van daken

In deze visie wordt alle onbenutte geschikte dakoppervlakte ingezet om lokaal duurzame energie op te wekken.

Alle woonkernen krijgen een lokaal warmtenet. Afhankelijk van de mogelijkheden van WKO, wordt de mate van warmte of elektriciteit opwekken bepaald:

De woonkernen zonder WKO-restricties gaan zelf de warmte op de daken opwekken m.b.v. zonnecollectoren, en krijgen volledig zonnecollectoren op hun daken, aangesloten op het warmtenet, dat verbonden is met een collectieve WKO. Dit geldt voor Klazienaveen, De Pekela's en Veendam (in Figuur 28 zijn de potenties van WKO terug te zien).

Hoogezand-Sappemeer en Stadskanaal hebben geen opslagpotenties in de bodem en krijgen helemaal geen zonnecollectoren op hun daken omdat hier bij de eerste een grote bron van restwarmte aanwezig is die in combinatie met geothermie de warmte gaat leveren. Bij de tweede voorziet een WKK die op biogas van de RWZI zal draaien in combinatie met een hout-WKK in de warmtevraag. Deze gemeentes krijgen 100% PV op de daken. De overige (kleinschalige) dorpjes worden voor 50% van zonnecollectoren en 50% van PV voorzien.

Naast zonnecollectoren en PV wordt gemiddeld per 2 woningen in de gehele Veenkoloniën 1 gebouwgebonden windmolen geplaatst. Er zijn veel verschillende gegevens over potenties uit miniwindmolens die uiteenlopen van enkele kWh per jaar tot boven ruim de 2000 kWh per jaar. Hier is gerekend met een bescheiden 600 kWh per miniwindmolen.

Tabel 25 verduidelijkt de totaal opgewekte hoeveelheden elektriciteit en warmte op de daken. Er wordt hiermee op de daken van de Veenkoloniën ruim 1 PJ aan elektriciteit opgewekt en 2,8 PJ aan warmte.

Zonnecellen (PV), zonnecollectoren (ZC) en miniwindmolens (miniW) op daken							
	woningen	ZC	PV	molen	PV	miniW	ZC
gemeente:	aantal:	(%)		per huis	opbrengsten: (TJ)		
Aa en Hunze	2230	50	50	0.5	27	3	62
Borger-Odoorn	5150	50	50	0.5	61	7	143
Emmen	23750	100	0	0.5	0	33	1319
Hoogezand-Sappemeer	14315	0	100	0.5	341	20	0
Menterwolde	4450	50	50	0.5	53	6	124
Pekela	5490	100	0	0.5	0	8	305
Stadskanaal	14745	0	100	0.5	351	21	0
Tynaarlo	275	50	50	0.5	3	0	8
Veendam	12365	100	0	0.5	0	17	687
Vlagtwedde	4110	50	50	0.5	49	6	114
totaal:	86880				885	122	2761
rekengegevens:							
dakoppervlak per woning	46	m ²					
(incl. dak niet-woning)							
opbrengsten:	GJ/ha	MJ/m ²					
PV (15%)	5175	517.5					
ZC (35%)	12075	1207.5					
miniwindmolens op daken:			opbrengst/molen				
			kWh		GJ		
Vgem op 10m	4	m/s	600	2.16			

Tabel 26: Toegepaste energieopwekking op daken

Geothermie

Op de twee meest geschikte locaties in de Veenkoloniën wordt telkens 2 maal een geothermisch doublet geplaatst: bij Hoogezand-Sappemeer en bij Emmer-Compascuum. Deze zullen de lokale warmtenetten van warmte voorzien, 200 TJ voor beide locaties.

Energie uit geothermie				
Geothermie	PJ	ha	TJ	aantal
standaard doublet in 30 jr	3	450		
stand. Db per jaar			100	
doublet in H-S				2
doublet in Emmer-C				2
				opbrengst
				geo (TJ)
				200
				200

Tabel 27: Energie uit geothermie

Er is hier gerekend met een standaard doublet. Mogelijk zal toepassing van geothermie op de genoemde locaties per doublet wat afwijken in productie of in de ondergrondse oppervlakte dat het doublet zal beslaan.

Stap 4: bepalen restvraag en overschot

In deze stap worden de aangewende potenties tegen de energievraag uitgezet om te kijken of er een restvraag is en/of een overschot aan de verschillende soorten energie. In de navolgende tabel is eerst nog de vraag naar energiesoort uitgezet. Daaronder staan alle verschillende hoeveelheden opgewekte energie naar opwekker en soort gerangschikt en daaronder opgeteld.

In de laatste rij is de overgebleven vraag en/of het overschot per energiesoort te zien.

Er is een overschot aan elektriciteit (met minus aangegeven, dus een negatieve restvraag), de andere energiesoorten hebben een restvraag.

stap 4; restvraag/overschot				
VRAAG	brandst.(vl.)	Prim	W	E
(TJ)	1298	2617	4775	7996
AANBOD	brandst.(vl.)	Prim	W	E
Wind groot				8276
Biogas	809			
biom. Hout		550		
PV				885
mini Wind				122
ZC			2761	
Geo			400	
Restw			252	
totaal:	809	550	3413	9283
RESTVRAAG/OVERSCHOT	489	2067	1362	-1287

Tabel 28: Energieproductie uit de ingezette potenties, restvraag en surplus

Stap 5: omzetting overschot naar vraag (waar mogelijk)

In deze stap wordt gekeken of het overschot van één energiesoort door een andere energievorm ingevuld kan worden. Met een overschot aan elektriciteit is warmte te produceren m.b.v. warmtepompen, en mogelijk kan ook een gedeelte van de industriële energievraag geëlektrificeerd worden.

Hiervoor zijn grove aannames gedaan:

De overige warmtevraag kan rechtstreeks met warmtepompen met een COP van 3 worden ingevuld. Maximaal 1/3 van de primaire energievraag vanuit de industrie kan geëlektrificeerd worden.

stap 5: invulling restvraag/overschot				
	brandst.(vl.)	Prim	W	E
	489	1234	0	0
E--> W	COP warmtepomp		3	
E--> prim 1:1	(1/3 van prim.van indu --> El.)			

Tabel 29: Invulling van overschot bij resterende vraag

Hiermee blijft een restvraag aan primaire energie en brandstof over, die door biomassateelt ingevuld kan worden.

Stap 6: bepalen restvraag door biomassateelt

In deze laatste stap wordt de restvraag ingevuld door de enige (momenteel geschikte) resterende optie voor duurzame biobrandstof: energieteelt. Met de productieopbrengsten per teelt, is uit te rekenen welk areaal aan biomassateelt de restvraag kan invullen.

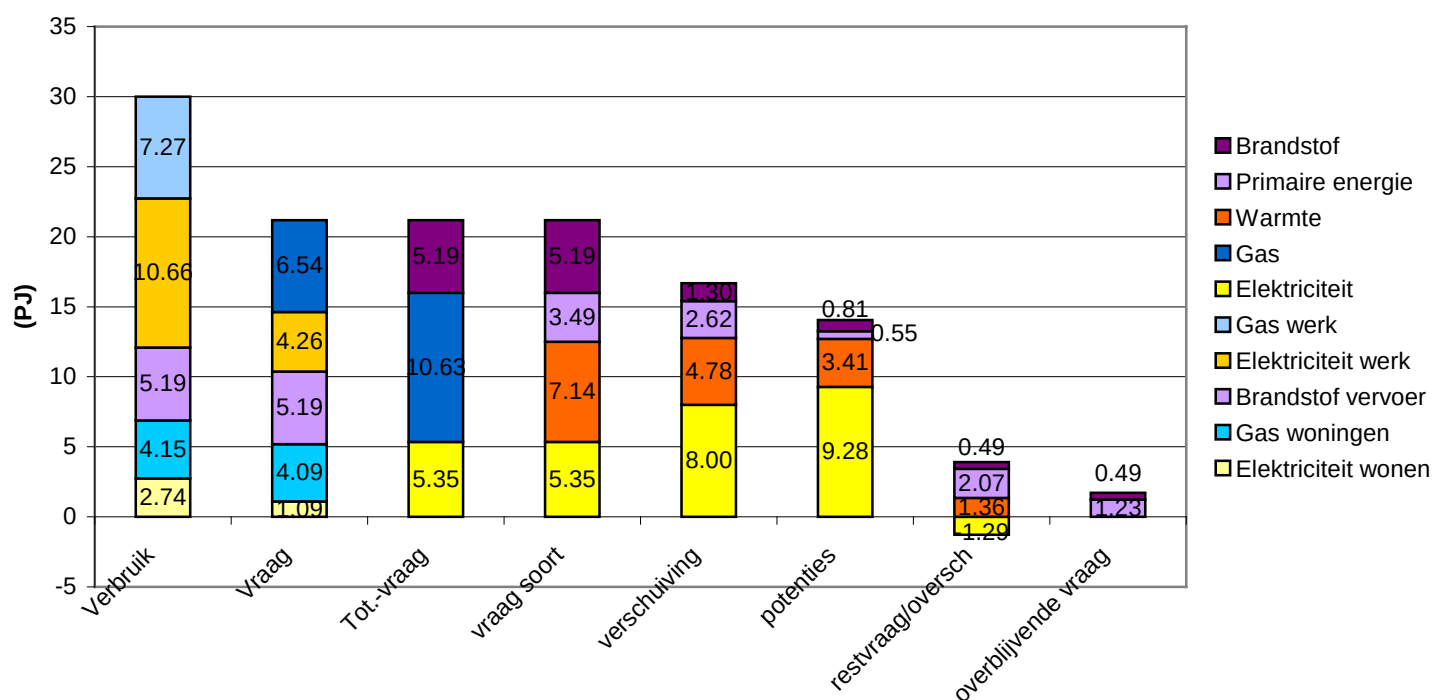
De totale restvraag aan primaire energie (van vloeibare brandstof en andere primaire energiedragers) bedraagt nog 1.7 (PJ) en kan geproduceerd worden in 2700 ha kassen met algenteelt (hierbij worden de mogelijkheden van extra elektriciteitsopwekking uit transparant PV op de kasdaken niet verder ingezet).

stap 6: restvraag: biomassa teelt			
		brandst.(vl.)	Prim
restvraag:		489	1234
		GJ/ha	
algen	biodiesel	640	
koolzaad	biodiesel	171	
	prim (uit stro)		23
energiemais	biogas	242	
areaal biomassateelt:		ha	
	algen	2692	of
	koolzaad	8880	of
	energiemais	7119	

Tabel 30: Biomassateelt voor restvraag

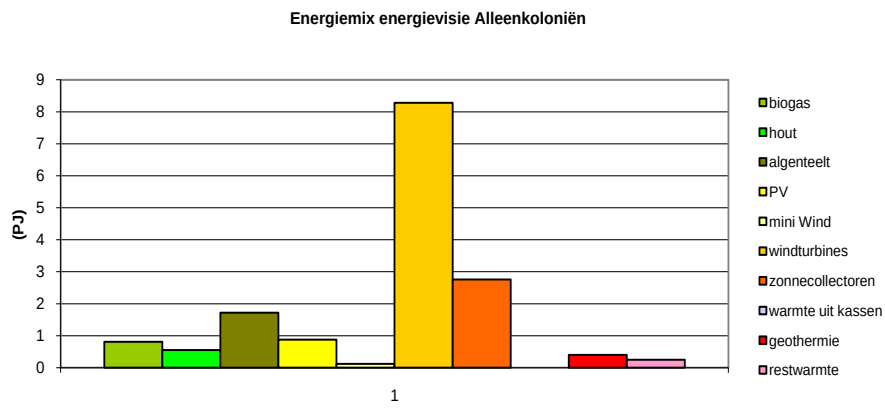
Stappen rekenmethodiek

In de navolgende grafiek zijn de gevolgde stappen binnen de gebruikte methodiek om de Veenkoloniën energieneutraal te maken, af te lezen van het huidige verbruik tot de invulling van duurzame energiebronnen. De overblijvende vraag zal dus door biomassateelt worden ingevuld.



Figuur 45: tussenstappen rekenmethodiek visie 'Alleenkoloniën'

In bovenstaand figuur is de uiteindelijk bepaalde energiemix voor deze energievisie af te lezen.



Figuur 46: Duurzame energiemix 'Alleenkoloniën'

07.04 Beschrijving visie 2: Veenkometro

In deze visie staat optimale, grootschalige benutting van de beschikbare hernieuwbare bronnen voorop. Er wordt niet alleen gestreefd naar een volledige zelfvoorziening binnen de Veenkoloniën, maar ook naar de mogelijkheden om netto exporteur van energie te worden. Het duurzaam opwekken van energie heeft in de toekomst alles met hectares te maken en juist die zijn beschikbaar binnen de Veenkoloniën. Zoveel mogelijk lokale potenties voor vraagreductie, energieopwekking en -opslag dragen bij aan de energievoorziening van het gehele gebied en bij overproductie kan zelfs energie worden geëxporteerd. Dit schept volop kansen voor werkgelegenheid en economische ontwikkeling. Net als vroeger toen het veen afgegraven werd, kunnen de Veenkoloniën de omliggende verstedelijkte gebieden energie verkopen. Maar nu op een duurzame manier, die past bij de inwoners en het landschap.

Opwekking van energie

Opwekken van hernieuwbare energie gebeurt in deze visie gecentraliseerd, waarbij een groot productielandschap wordt aangewezen om maximaal duurzame energie te produceren. Hier zal op grote schaal algenkweek plaatsvinden in vernieuwende kassencomplexen. Deze nieuwe teelt kent hoge energieproducties per hectare in de vorm van biodiesel (nu nog slechts in proefopstellingen maar met goede verwachtingen om grootschalig in te kunnen zetten). Daarnaast kunnen andere biograndstoffen uit de algenproductie geproduceerd worden. De intensieve energieproductie wordt hier gemaximaliseerd door deze 'energieteeltgebieden' met grootschalige windmolens te combineren en zo dubbel van de beschikbare ruimte gebruik te maken. Daarnaast zullen de kasdaken met een semitransparant PV-folie worden bekleed om ook zo extra elektriciteit te produceren.

Dit semitransparante PV-folie zal wel de PAR-straling doorlaten en (een gedeelte van) de overige straling gebruiken om energie op te wekken. De PAR-straling is het gedeelte van het licht dat door planten wordt gebruikt om te groeien. Deze 'selectieve' PV-folie bestaat nu nog niet maar kan volgens deskundigen wel gemaakt worden om zo ook het oppervlakte van kas(daken) meervoudig in te kunnen zetten [Prof. M Zeman, TU Delft].

De overproductie van warmte uit de gesloten kassen wordt in de warmte- en koudeopslag onder de kassen opgeslagen en kan door de kas in de winter worden gebruikt om in de eigen vraag te voorzien maar levert ook een overschot dat elders kan worden ingezet.

Naast deze centrale productie van vooral biodiesel en elektriciteit, wordt warmte uit geothermie geproduceerd op de, binnen de Veenkoloniën, meest geschikte plekken. Dit gebeurt in zowel het noorden als het zuiden van de Veenkoloniën.

Alle aanwezige biomassa van reststromen wordt verder gebruikt om als biogas voor vervoer en door houtige resten voor warmte in te zetten. Op de daken wordt vooral elektriciteit opgewekt, de warmtevraag zal in eerste instantie verminderd worden (door isoleren) en zal vervolgens voor een groot gedeelte m.b.v. warmtepompen in combinatie met WKO ingevuld worden.

Uitwisseling van energie

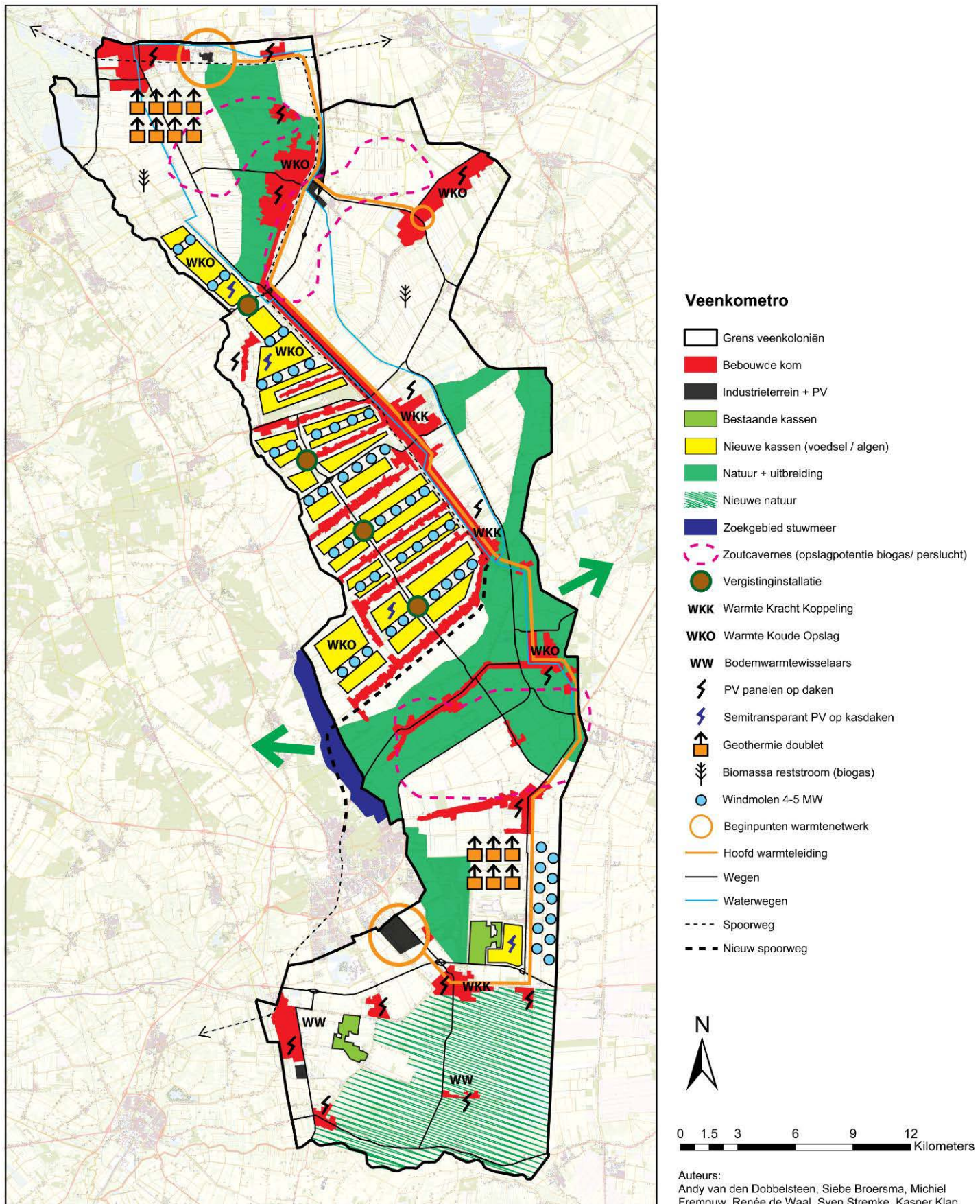
Door de noordelijke en zuidelijke geothermiebronnen te verbinden met de bronnen restwarmte uit o.a. Emmen en Hoogezand-Sappemeer, de verschillende bio-WKK's in het gebied en de WKO's onder de algenkassen, ontstaat een lineair warmtenet waarop de aangrenzende woonkernen kunnen aantakken en hen zo van warmte kan voorzien. Dit is een eindvisie die kan ontstaan door vanuit de noordelijke en zuidelijke geothermiebronnen de eerst nog kleinschaligere warmtenetten naar elkaar toe te laten groeien om uiteindelijk, gevoed door brede energiemix, een robuuste warmtevoorziening voor het gehele gebied te krijgen.

Opslag van energie

Bij gebruik van hernieuwbare bronnen voor de energievoorziening treden fluctuaties op in het aanbod tussen dag en nacht en zomer en winter. Overtollige warmte van de zomer kan m.b.v. seizoensopslag (WKO) in de winter worden gebruikt.

De fluctuaties in elektriciteitsopwekking moeten zoveel mogelijk worden opgevangen door een goede energiemix tussen zon-elektrisch en wind-elektrisch te vinden waarbij WKK's als back-up kunnen dienen en tijdelijke (kortstondige) opslag van elektriciteit door middel van pompaccumulatie in een klein stuwwmeer kan plaatsvinden. Biogas voor de WKK's kan in zoutcavernes worden opgeslagen.

In Figuur 47 is deze visie weergegeven in een kaart van de Veenkoloniën.



Figuur 47: Energievisie 2 voor de Veenkoloniën: de Veenkometro

07.05 Kwantificatie Energievisie 2

Hieronder volgen de verschillende stappen uit de berekening om het gebied energieneutraal te maken.

Stap 1: Bepalen energievraag

Deze is gelijk aan die in de eerste visie (zie 07.03)

Stap 2: Verschuiving en reductie van de energievraag

De woningen worden 50% energiezuiniger gemaakt in de warmtevraag. Deze zal meer door warmtepompen ingevuld gaan worden (elektrisch). De industrie en bedrijvigheid zal een vraagreductie van 30% hebben, waarbij er 40% voor proces overblijft en 30% voor de warmtevraag. 50% van het vervoer wordt geëlektrificeerd. Dit levert de totaalvraag op uit de navolgende tabel.

stap 2: Energievraagverschuiving door vraagreductie, warmtepomp (WP) en elektrische mobiliteit													
(TJ)	vervoer		woningen		bedrijvigheid			E door WP+WKO	totaalvraag				
	50%	50%	W	E	Prim	W	E		brandstof	prim.	W	E	
Aa en Hunze	75	38	47	28	69	52	124	17	75	69	99	206	
Borger-Odoorn	168	84	108	65	158	119	276	38	168	158	227	462	
Emmen	777	388	483	299	758	568	1275	175	777	758	1052	2138	
Hoogezand-Sappemeer	376	188	291	180	413	310	617	100	376	413	601	1085	
Menterwolde	134	67	91	56	134	100	221	32	134	134	192	376	
Pekela	163	81	112	69	168	126	267	40	163	168	238	458	
Stadskanaal	420	210	300	186	430	322	690	104	420	430	622	1189	
Tynaarlo	10	5	6	3	10	8	17	2	10	10	13	28	
Veendam	347	174	252	156	356	267	570	87	347	356	519	986	
Vlagtwedde	124	62	84	52	120	90	203	29	124	120	174	346	
totaal:	2595	1298	1775	1095	2617	1963	4260	623	2595	2617	3738	7275	
												totaal:	16225
vraagreductie:				rekenwaarden:									
woningen, warmte		50%		rendement verbrandingsmotor			25%	geconcentreerde brandstof (vloeibaar) primaire randstof (hoog exergie) warmte elektriciteit					
bedrijvigheid, warmte en proces		30%		rendement elektromotor			50%						
waarbij van basisvraag (incl. reductie):				COP WKO			6						
primaire energie (proces)		40%											
warmtevraag		30%											

Figuur 48: Stap 2, Energievraagverschuiving

Stap 3: Het energieconcept invullen met de lokale energiepotenties

Het uitgangspunt om duurzame energie op te wekken bestaat uit een grootschalige elektriciteitsproductie van 55 zeer grote 5MW windmolens in combinatie met grootschalige biodieselpductie uit algenkassen. Daarnaast worden in deze visie de geschikte dakoppervlakken volledig ingezet om elektriciteit uit PV op te wekken. Dit gebeurt ook op de algenkasdaken met (het nog niet ontwikkelende) transparant PV.

Alle biomassa-reststromen worden uiteraard benut, er is 10.000 ha aan extra bos en/of natuurgebied dat hieraan bijdraagt. Voor de bijdrage in de warmtevoorziening leveren een 14-tal geothermiedoubletten een aandeel en de aanwezige restwarmte wordt uiteraard ook ingezet.

Hierna volgen alle tabellen waarin de verschillende bijdragen van de verschillende duurzame bronnen zijn opgenomen.

Tabellen 31, 32, 33, 34 en 35: Energiebijdragen uit wind, van algenkassen, van daken, uit biomassa-reststromen en van geothermie.

Energie uit grote windmolens					
	locatie met	aantal	opbrengst		
	windsnelh.		/stuk (TJ)	GJ/ha	opbrengst (TJ)
windmolens 5MW	7.5	55	99	1.2	5445

Energie uit algenkassen				
	ha	GJ/ha	(TJ) brandstof	E W
biodiesel uit algen	5000	640	3200	
warmte uit kas	5000	200		1000
transparant PV op dak	2500	3450		8625

Energie uit zonnecellen (PV), zonnecollectoren (ZC) en miniwindmolens (miniW) op daken							
	woningen	PV	% PV	molen	PV	miniW	ZC
	aantal:	(%)		per huis	opbrengsten: (TJ)		
Aa en Hunze	2230	0	100	0.5	53	3	0
Borger-Odoorn	5150	0	100	0.5	123	7	0
Emmen	23750	0	100	0.5	565	33	0
Hoogezand-Sappemeer	14315	0	100	0.5	341	20	0
Menterwolde	4450	0	100	0.5	106	6	0
Pekela	5490	0	100	0.5	131	8	0
Stadskanaal	14745	0	100	0.5	351	21	0
Tynaarlo	275	0	100	0.5	7	0	0
Veendam	12365	0	100	0.5	294	17	0
Vlagtwedde	4110	0	100	0.5	98	6	0
totaal:	86880				2068	122	0
rekengegevens:							
dakoppervlak per woning	46	m ²					
(incl. dak niet-woning)							
opbrengsten:	GJ/ha	MJ/m ²					
PV (15%)	5175	517.5					
ZC (35%)	12075	1207.5					
miniwindmolens op daken:				opbrengst/molen			
				kWh	GJ		
Vgem op 10m	4	m/s		600	2.16		

Energie uit biomassareststromen				
biomassa uit reststromen:	Brandstof	Prim	E	W
hout		616		
RWZI	37			
mest	285			
GFT	487			
Groen		140		
totaal:	809	756		
	ha	GJ/ha	TJ-prim	omz.rend.
hout:	15000	45.6	684	90%

Energie uit geothermie					
Geothermie	PJ	ha	TJ	aantal	
standaard doublet in 30 jr	3	450			opbrengst
stand. Db per jaar			100		geo (TJ)
doublet in H-S				8	800
doublet in Emmer-C				6	600

Stap 4: bepalen restvraag en overschot

Hierna volgt het totaaloverzicht en de overgebleven vraag en het overschot.

stap 4: restvraag/overschot				
VRAAG (TJ)	brandst.(vl.)	Prim	W	E
	2595	2617	3738	7275
AANBOD	brandst.(vl.)	Prim	W	E
Wind groot				5445
Biogas	809	756		
biom. Hout				
algenteelt	3200			
warmte uit kassen			1000	
PV				10693
mini Wind				122
ZC			0	
Geo			1400	
Restw			252	
totaal:	4009	756	2652	16260
REST/OVERSCHOT	-1414	1862	1086	-8985

Tabel 36: Energieproductie uit de ingezette potenties, restvraag en surplus

Stap 5: omzetting overschot naar vraag (waar mogelijk)

Als de restvragen van de verschillende energiedragers door elkaar zijn aangevuld, blijft een flinke overproductie aan elektriciteit over en een geringe hoeveelheid biodiesel. Deze kunnen in principe geëxporteerd worden.

stap 5: invulling restvraag/overschot				
	brandst.(vl.)	Prim	W	E
	-173	0	0	-8623
E--> W	COP warmtepomp 3			
E--> prim 1:1	(1/3 van prim.van indu --> El.)			
Brandstof --> Prim 1:1				

Tabel 37: Overproductie

Stap 6: bepalen restvraag door algenteelt

Uit stap 5 blijft een gering overschot aan biobrandstof over, wat inhoudt dat er voor specifiek de eigen energievraag een wat kleiner totaal areaal aan algenkassen nodig zou zijn. Uitbreiding van het totaalareaal resulteert dus in een exporteerbare overproductie. De minimale hoeveelheid algenkassen in deze energievisie bedraagt ruim 4700 hectare (zie onderstaande tabel).

stap 6: restvraag: biomassa teelt			
		brandst.(vl.)	Prim
restvraag:		-173	0
		GJ/ha	
algen	biodiesel	640	
koolzaad	biodiesel	171	
	prim (uit stro)		23
ha			
extra:	algen	-270	of
	koolzaad	-891	
totaal areaal algenkassen:			
		4730	ha

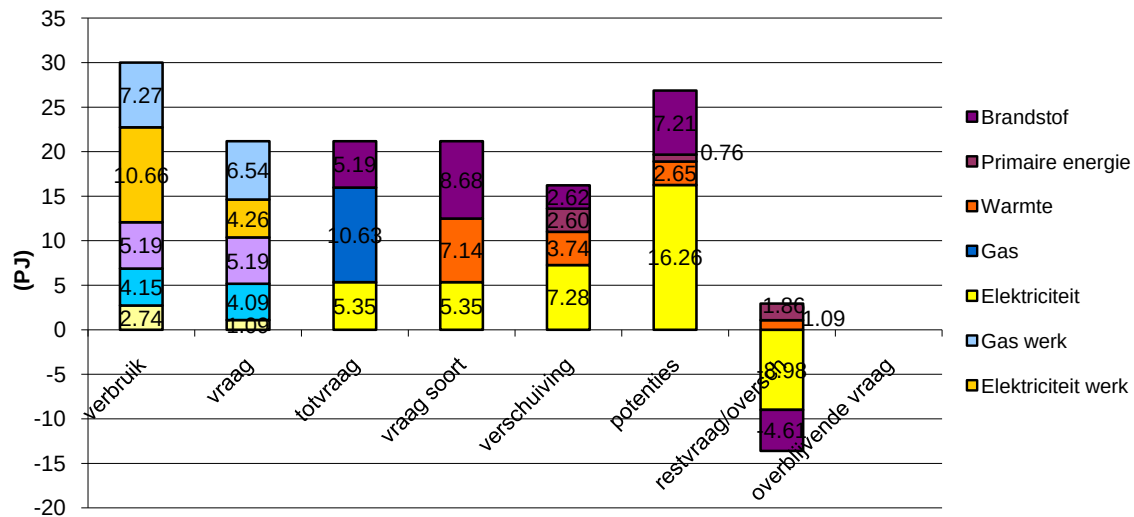
Tabel 38: Bepalen minimaal areaal algenkassen

Overproductie

Het in de visie weergegeven energieteeltgebied is aanzienlijk groter dan het hierboven bepaalde areaal. In de visie is globaal 3000 hectare extra ingevuld, wat in de orde van grootte van 2 PJ (65 miljoen liter) aan biodiesel voor export uit de Veenkoloniën kan produceren.

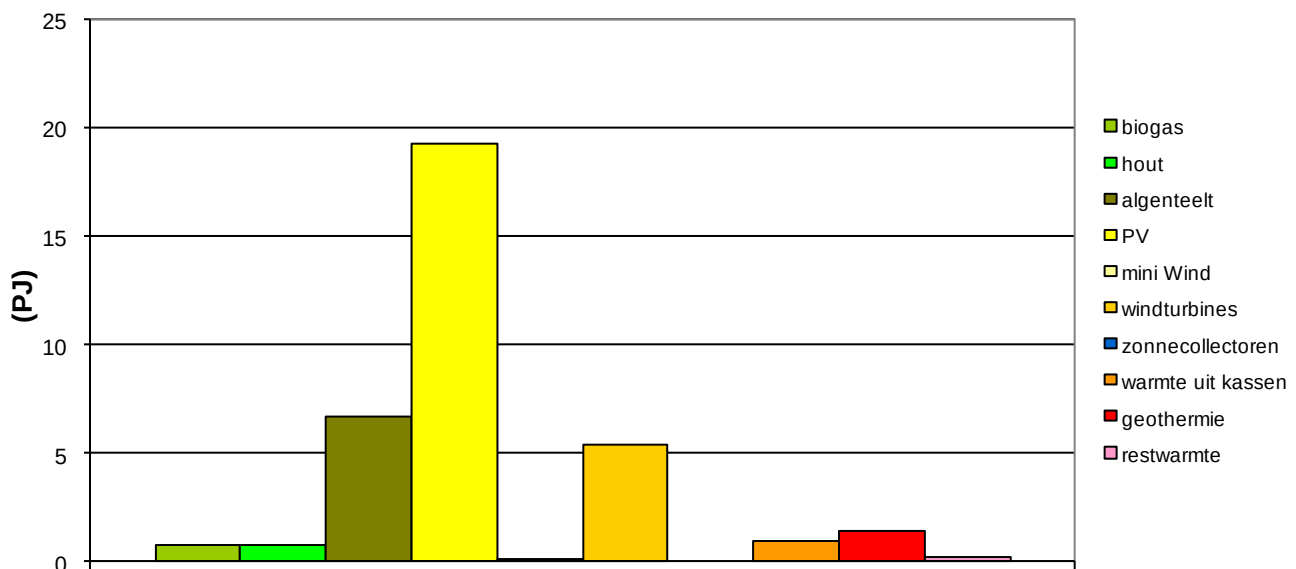
Stappen rekenmethodiek

In onderstaand figuur zijn de gevolgde stappen binnen de gebruikte methodiek om de Veenkoloniën energieneutraal te maken, af te lezen van het huidige verbruik tot de invulling van duurzame energiebronnen. In Figuur 50 is de uiteindelijke energiemix af te lezen.



Figuur 49: tussenstappen rekenmethodiek visie 'Veenkometro'

Energiemix Veenkometro



Figuur 50: Duurzame energiemix 'Veenkometro'

08 Integraal structuurbeeld

Binnen dit onderzoek is toewerkt naar 2 min of meer extreme energieviesies waarin de Veenkoloniën volledig energieneutraal worden gemaakt en hiermee vanuit het energiegebruik geen CO₂-uitstoot meer hebben.

In maart 2011 zijn beide visies gepresenteerd tijdens een sessie van de Hotspot-Veenkoloniënworkshop, waar ook de andere deelonderzoeken aan bod kwamen, zoals over de huidige CO₂-uitstoot, de toekomstige waterhuishouding en landbouwontwikkelingen. De doelstelling binnen deze workshopsessie was om uit de verschillende deelprojecten een integraal langetermijnstructuurbeeld te produceren, met aanbevelingen voor de korte termijn. Daarnaast dient de output van de workshopsessie tevens om tot een uiteindelijke energievisie binnen dit onderzoek te komen, passend in dit integrale langetermijnstructuurbeeld. Hierin zullen de geschiktste onderdelen van de beide eerste energieviesies samengenomen worden in overeenstemming met de bevindingen uit de workshop.

Uiteindelijk zal deze energievisie uit het integrale structuurbeeld nog worden bijgeschaafd om het gebied volledig energieneutraal te maken.

08.01 Integraal structuurbeeld uit workshop

Figuur 51 laat het structuurbeeld zien dat is voortgekomen uit de workshop. Er wordt gestreefd om de open structuur van linten, kanalen en wijken te behouden en ook te versterken. De grootschalige kassen in de extreme Veenkometro-visie zijn niet op de juiste plek gekozen, en worden ook als te grootschalig gezien. De in die visie aangewezen plek lijkt geschikte landbouwgrond te zijn, terwijl de energieteelt juist op een voor landbouw minder geschikte plek plaats moet vinden.

Omdat, om verdroging tegen te gaan, het onder water zetten van land om water te bufferen voor droge periodes, ook noodzakelijk is, lijkt het combineren van (drijvende) algenkassen en de waterberging een geschikte functiecombinatie. Het kassenareaal zal wel wat kleinschaliger zijn dan in 'Veenkometro'. Er zijn twee gebieden aangewezen die laaggelegen en daarom logisch zijn: het Rundedal en het Valtherdiep (de lichtblauwe zones met paarse arcering).

Deze zones worden benadrukt als economische verbindingzones (een ecologische verbinding alleen blijkt al jaren niet van de grond te komen, hier is meer voor nodig). De zones van de waterhouderijen met de drijvende kassen verbinden Westerwolde met de Hondsrug.

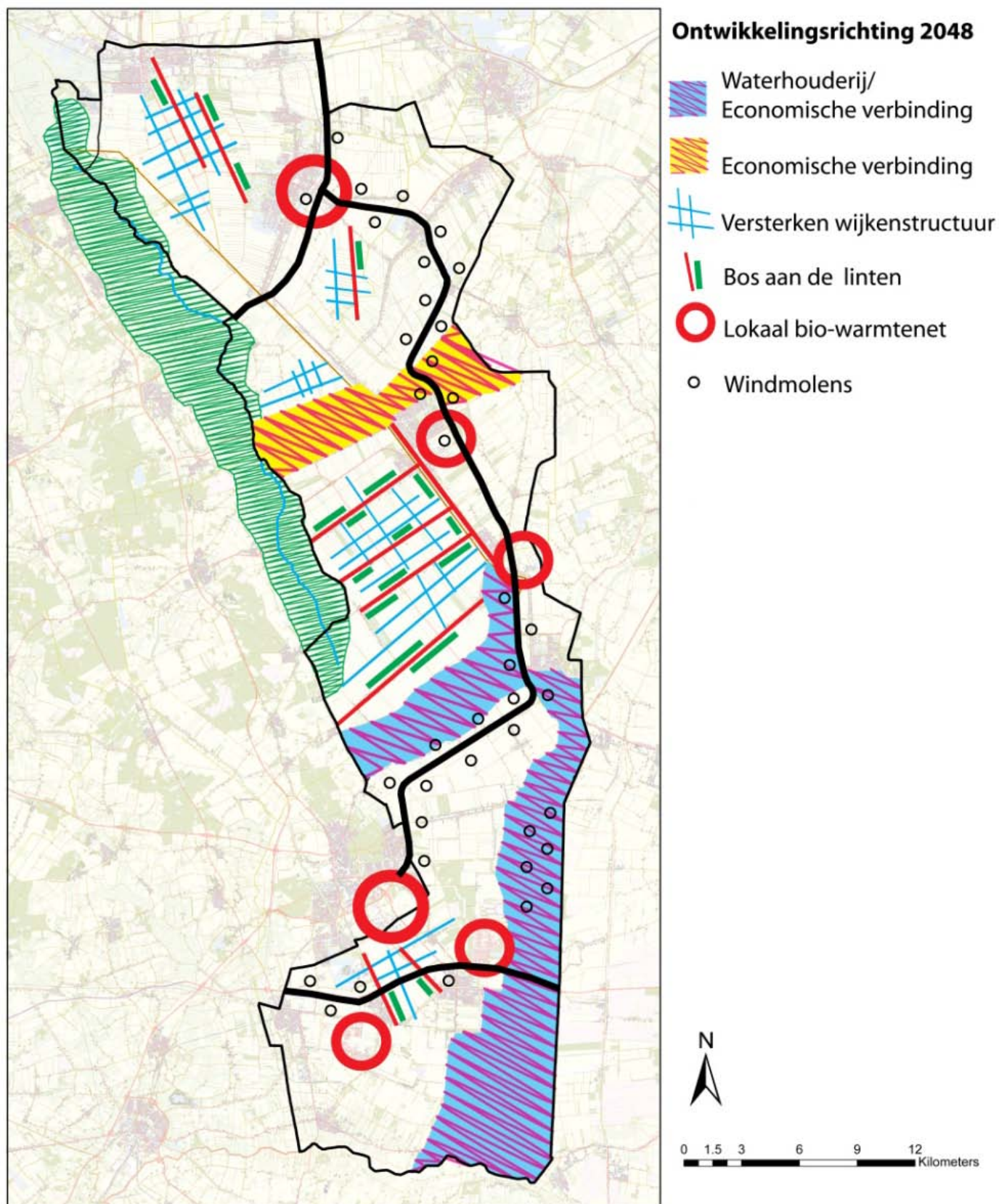
Om het wateroppervlak te vergroten moeten tevens de gedempte wijken (zijkanalen) weer geopend worden. Dit vermindert de verdroging van het gebied en verbreedt de mogelijkheden voor waterrecreatie. Doordat de meeste van deze kanalen en wijken in het gebied oost-west georiënteerd zijn, hebben bovendien de kanaaloevers een goede zuidoriëntatie, waarop zonnepanelen geplaatst kunnen worden.

Langs de linten, direct achter de bebouwing, zijn er mogelijkheden om bosstroken aan te planten. Dit is mogelijk waar de lintbebouwing dicht is, zodat een uitzicht naar het open landschap niet belemmerd wordt. Deze bossen kunnen worden ingezet als biomassa-bronnen. Het Hunzedal is aangewezen als natuurgebied (groen gearceerd).

Dan is er nog een derde Economische verbindingzone in het geel. Deze is droog en verbindt de Hondsrug via Gasselternijveen en Stadskanaal met Westerwolde. De doelstelling is om hier meer (recreatieve) bedrijvigheid te realiseren, die hier een sterk lint van maakt dwars door het gebied.

De rode cirkels vertegenwoordigen lokale warmtenetten die lokaal geproduceerde warmte transporteren, die onder andere van bio-WKK's komt. Deze warmtenetten functioneren in eerste instantie lokaal en onafhankelijk maar kunnen in de loop der tijd verbonden worden om één groot robuust netwerk te vormen.

De hoofdwegen N33-N366 vormen een verbindende lijn in het energienetwerk. Het langs deze wegen plaatsen van windturbines wordt passender geacht dan midden in het originele Veenkoloniale landschap.



Figuur 51: Integraal structuurbeeld uit de workshop

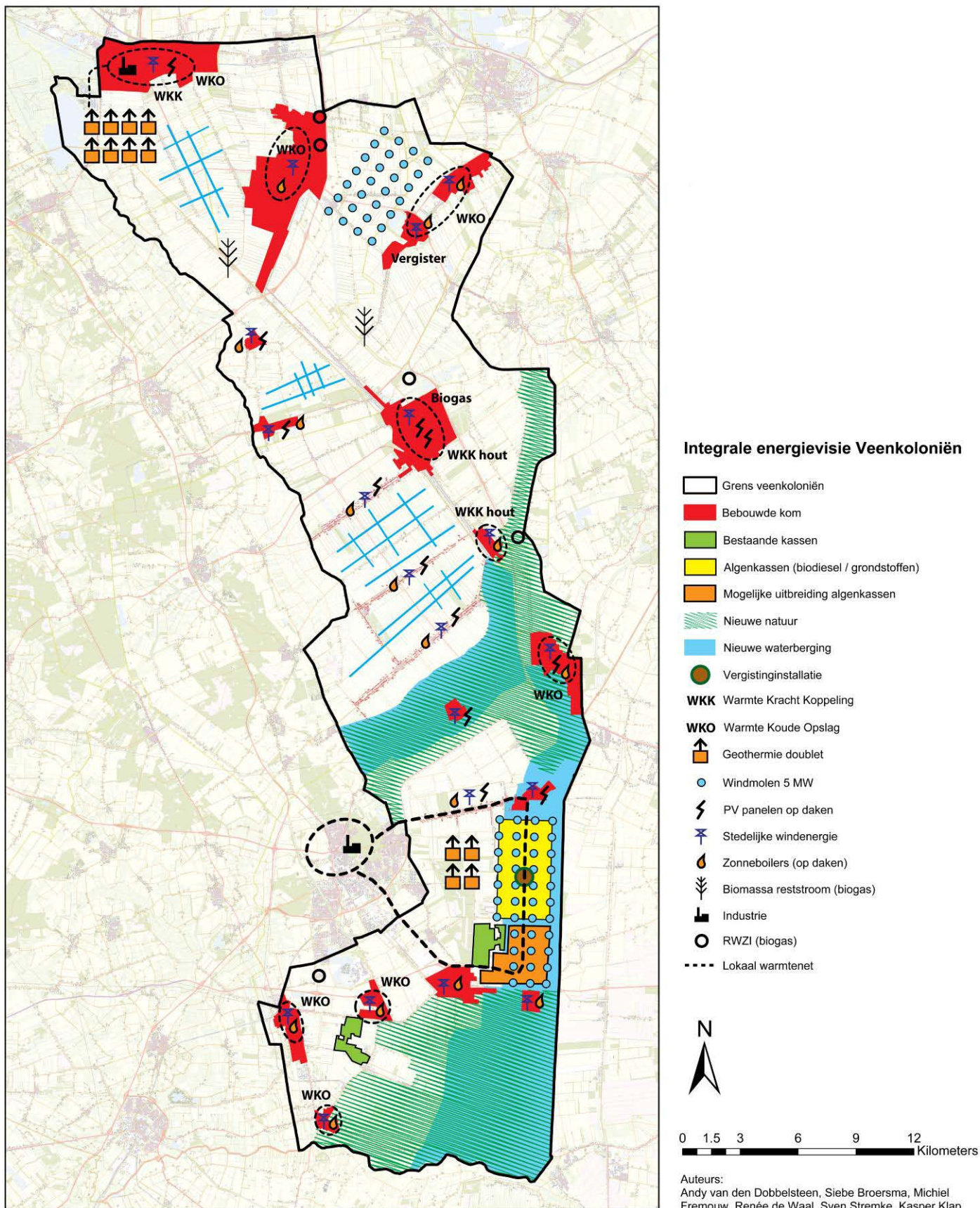
08.02 Integrale energieviesie (3)

In de integrale energieviesie wordt het concept van de energievoorziening van het integrale structuurbeeld overgenomen, aangevuld en geoptimaliseerd met behulp van berekeningen en algemene visies voor landschaparchitectuur.

De belangrijkste conclusie uit de workshop voor de integrale energieviesie is om lokaal zelfvoorzienende dorpen te combineren met decentrale grootschalige opwekking. Deze grootschaliger opwekking moet op een geschikte plek in het zuidoosten komen waar deze met waterberging gecombineerd kan worden.

De windmolenparken zijn gewenst langs de 'doorbrekende' structuur van de grootste wegen.

De locatie voor de algenkassen wordt in de integrale energieviesie voorgesteld nabij de grote kassencomplexen bij Emmen. Hierlangs wordt een warmtering gelegd die samen met andere warmtebronnen als geothermie en industriële restwarmte (van industriegebied Emmen) de nabijgelegen dorpen en Emmen van warmte voorzien. De andere dorpen krijgen hun warmte van kleine lokale warmtenetten. De duurzame energiemix van de dorpen is gebaseerd op de lokale potenties van warmteopwekking en de warmteopslagmogelijkheden in de ondergrond.



Figuur 52: De integrale energievisie voor de Veenkoloniën

08.03 Kwantificatie Energievisie 3

Hieronder volgen de verschillende stappen uit de berekening om het gebied energieneutraal te maken.

Stap 1: Bepalen energievraag

Deze is gelijk aan die in de eerste visie (zie 07.03)

Stap 2: Verschuiving en reductie van de energievraag

De woningen worden 50% energiezuiniger gemaakt (verbeteren isolatie), waarmee de warmtevraag halveert. Deze zal meer door warmtepompen ingevuld gaan worden (elektrisch), hiervoor wordt gerekend met een COP van 6 voor de warmtepompen, die hun basiswarmte vooral uit lokale warmtenetten halen. De industrie en bedrijvigheid zal een vraag reductie van 30% hebben, waarbij er 40% voor proces overblijft en 30% voor de warmtevraag. 75% van het vervoer wordt geëlektrificeerd. Dit levert de totaalvraag van 15,6 PJ op uit de navolgende tabel.

stap 2: Energievraagverschuiving door vraagreductie, warmtepomp (WP) en elektrische mobiliteit												
(TJ)	vervoer		woningen		bedrijvigheid			E door WP+WKO	totaalvraag			
	25%	75%	W	E	Prim	W	E		brandstof	prim.	W	E
Aa en Hunze	38	57	47	28	69	52	124	17	38	69	99	225
Borger-Odoorn	84	126	108	65	158	119	276	38	84	158	227	504
Emmen	388	583	483	299	758	568	1275	175	388	758	1052	2333
Hoogezand-Sappemeer	188	282	291	180	413	310	617	100	188	413	601	1179
Menterwolde	67	101	91	56	134	100	221	32	67	134	192	409
Pekela	81	122	112	69	168	126	267	40	81	168	238	498
Stadskanaal	210	315	300	186	430	322	690	104	210	430	622	1294
Tynaarlo	5	8	6	3	10	8	17	2	5	10	13	31
Veendam	174	260	252	156	356	267	570	87	174	356	519	1073
Vlagtwedde	62	93	84	52	120	90	203	29	62	120	174	377
totaal:	1298	1946	1775	1095	2617	1963	4260	623	1298	2617	3738	7924
totaal:												15577
vraagreductie:			rekenwaarden:									
woningen, warmte	50%		rendement verbrandingsmotor				25%	geconcentreerde brandstof (vloeibaar)				
bedrijvigheid, warmte en proces	30%		rendement elektromotor				50%	primaire randstof (hoog exergie)				
waarbij van basisvraag (incl. reductie):			COP WKO				6	warmte				
primaire energie (proces)	40%							elektriciteit				
warmtevraag	30%											

Tabel 39: Stap 2, energievraagverschuiving

Stap 3: Het energieconcept invullen met de lokale energiepotenties

De invulling van de energievraag gebeurt in dit integrale structuurbeeld door een combinatie van de voorstellen uit de eerste 2 energievisies uit dit rapport.

Hierin zal een grootschalige elektriciteitsproductie van 65 zeer grote 5MW windmolens in combinatie met grootschalige biodieselpductie uit algenkassen een groot aandeel van de energievraag kunnen invullen. Daarnaast worden de daken grootschalig ingezet om warmte en elektriciteit op te wekken, worden alle biomassa-reststromen weer ingezet en leveren een 12-tal geothermiedoubletten een bijdrage in de warmtevoorziening. Onderstaande tabellen tonen in meer detail de invulling van het energieconcept.

Tabellen 40, 41, 42, 43 en 44: Energiebijdragen uit wind, van algenkassen, van daken, uit biomassa-reststromen en van geothermie.

Energie uit grote windmolens					
	locatie met	aantal	opbrengst		
	windsnelh.		/stuk (TJ)	GJ/ha	opbrengst (TJ)
windmolens 5MW	7.5	32	99	1.2	3168
	8	33	120	1.5	3960
totaal					7128

Energie uit algenkassen						
			(TJ)	brandstof	E	W
	ha	GJ/ha				
biodiesel uit algen	1500	640	960			
warmte uit kas	1500	200				300
transparant PV op dak	750	3450	2588			

Energie uit zonnecellen (PV), zonnecollectoren (ZC) en miniwindmolens (miniW) op daken							
	woningen	PV	% PV	molen	PV	miniW	ZC
	aantal:	(%)		per huis	opbrengsten: (TJ)		
Aa en Hunze	2230	50	50	0.5	27	3	62
Borger-Odoorn	5150	50	50	0.5	61	7	143
Emmen	23750	0	100	0.5	565	33	0
Hoogezand-Sappemeer	14315	0	100	0.5	341	20	0
Menterwolde	4450	50	50	0.5	53	6	124
Pekela	5490	50	50	0.5	65	8	152
Stadskanaal	14745	0	100	0.5	351	21	0
Tynaarlo	275	50	50	0.5	3	0	8
Veendam	12365	50	50	0.5	147	17	343
Vlagtwedde	4110	50	50	0.5	49	6	114
totaal:	86880				1663	122	946
rekengegevens:							
dakoppervlak per woning	46	m ²					
(incl. dak niet-woning)							
opbrengsten:	GJ/ha	MJ/m ²					
PV (15%)	5175	517.5					
ZC (35%)	12075	1207.5					
miniwindmolens op daken:				opbrengst/molen			
				kWh	GJ		
Vgem op 10m	4	m/s		600	2.16		

Energie uit biomassa reststromen				
biomassa uit reststromen:	Brandstof	Prim	E	W
hout		410		
RWZI	37			
mest	285			
GFT	487			
Groen		140		
totaal:	809	550		
	ha	GJ/ha	TJ-prim	omz.rend.
hout:	10000	45.6	456	90%

Energie uit geothermie				
Geothermie	PJ	ha	TJ	aantal
standaard doublet in 30 jr	3	450		
stand. Db per jaar			100	
doublet in H-S				8
doublet in Emmer-C				4
				opbrengst geo (TJ)
				800
				400

Stap 4: bepalen restvraag en overschot

stap 4: restvraag/overschot				
VRAAG (TJ)	brandst.(vl.)	Prim	W	E
	1298	2617	3738	7924
AANBOD	brandst.(vl.)	Prim	W	E
Wind groot				7128
Biogas	809			
biom. Hout algenteelt	960	550		
warmte uit kassen			300	
PV				1701
mini Wind				122
ZC			946	
Geo			1200	
Restw			252	
totaal:	1769	550	2698	8951
REST/OVERSCHOT	-471	2067	1040	-1027

Tabel 45: Energieproductie uit de ingezette potenties, restvraag en surplus

Stap 5: omzetting overschot naar vraag (waar mogelijk)

stap 5: invulling restvraag/overschot				
	brandst.(vl.)	Prim	W	E
	-471	347	0	0
E--> W	COP warmtepomp 3			
E--> prim 1:1	(1/3 van prim.van indu --> El.)			
Brandstof --> Prim 1:1				

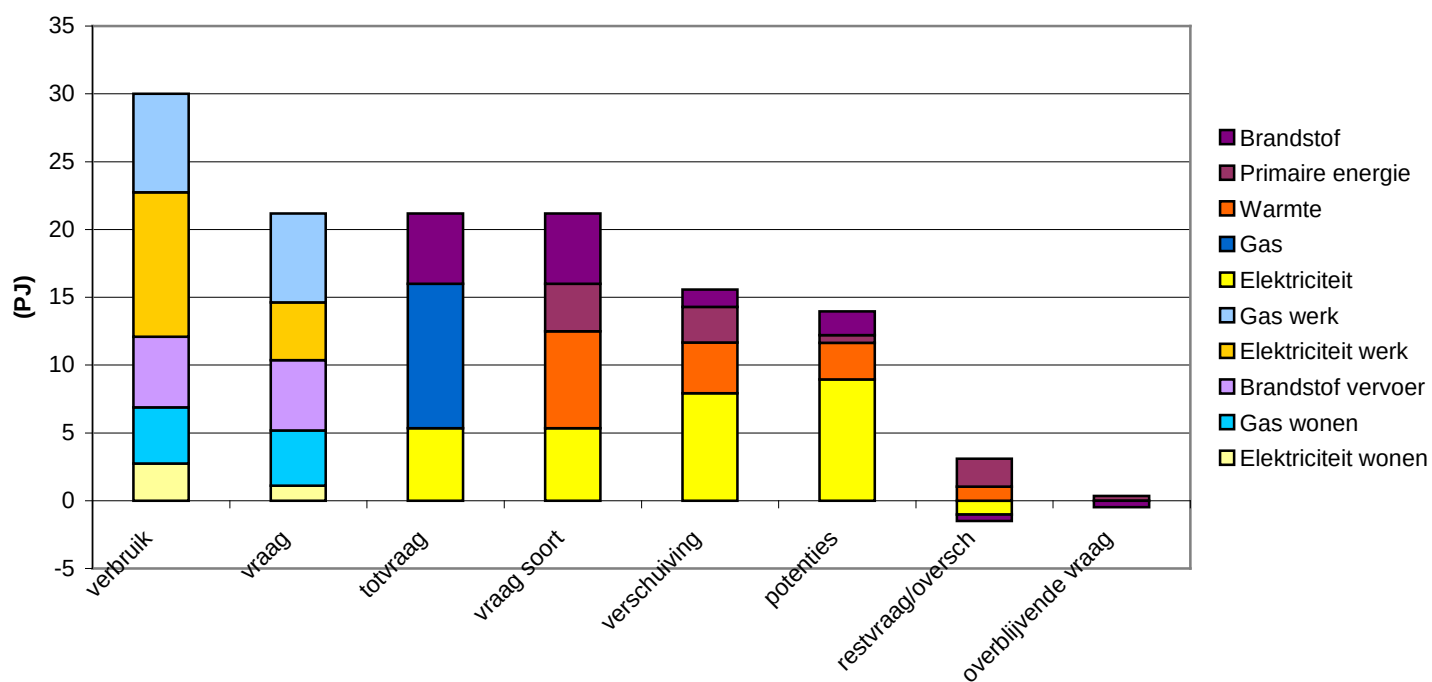
Tabel 46: Overproductie en restvraag

Stap 6: bepalen restvraag door algenteelt

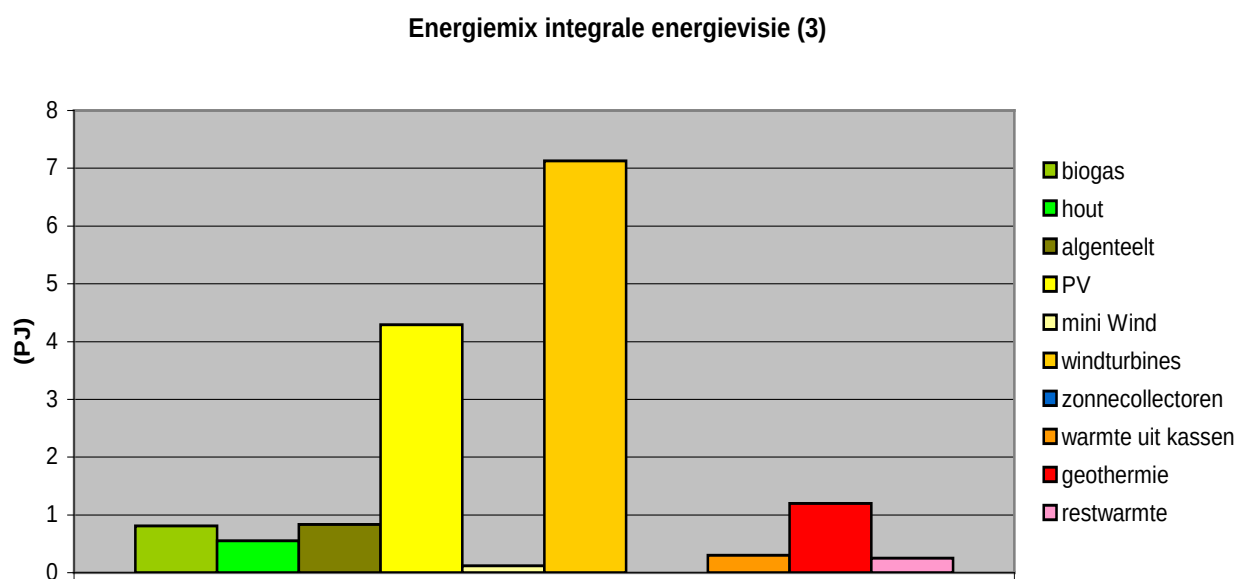
stap 6: restvraag: biomassa teelt			
		brandst.(vl.)	Prim
restvraag:		-471	347
		GJ/ha	
algen	biodiesel	640	
koolzaad	biodiesel	171	
	prim (uit stro)		23
ha			
	algen	-195	of
	koolzaad	-643	
totaal areaal algenkassen:			
		1305	ha

Tabel 47: Bepalen minimaal algenkasareaal

In de stappen 4 t/m 6 is weer toegewerkt naar een duurzame energiemix die in de energievraag kan voorzien. In Figuur 53 zijn de gevolgde stappen in de samengestelde grafiek af te lezen en Figuur 54 toont de uiteindelijke energiemix.



Figuur 53: tussenstappen rekenmethodiek gevolgd bij de integrale energievisie



Figuur 54: Duurzame energiemix van de integrale energievisie

09 Conclusies en aanbevelingen

09.01 Conclusies

In de Veenkoloniën is de CO₂-uitstoot veroorzaakt door energiegebruik, goed terug te dringen of volledig ongedaan te maken door het inzetten van duurzame energiebronnen. Het hier gebruikte rekenmodel geeft een goed inzicht in hoe de energiebalans voor het gebied door duurzame bronnen kan worden ingevuld. Tijdens de workshop is een structuurbeeld geschetst waarin dit, met diverse aannames, op een geïntegreerde wijze is gedaan.

De getoonde integrale energievisie is voortgekomen uit het bundelen van visies met andere thema's, en de bijbehorende energievraag hiervoor zo goed mogelijk en passend in te vullen. De invulling kan echter ook op diverse andere manieren gedaan worden. Het achterliggende rekenmodel biedt hiertoe een de mogelijkheid door diverse aannames te veranderen die voor een toekomstscenario geschikt zijn en door de bijbehorende energievraag met duurzame bronnen in te vullen die bij het betreffende scenario passen.

09.02 Aanbevelingen

Het gebruikte rekenmodel waarmee voor de Veenkoloniën een duurzame energievoorziening te bepalen is, is een ruwe opzet om een energiebalans die aan gewenste voorwaarden voldoet, te bepalen. Hierin kunnen diverse aannames gedaan worden (voor een toekomstscenario), er zijn veel algemene gegevens in verwerkt (zoals energiegegevens) en er is veel data van het gebied in verwerkt. Door dit model te optimaliseren en te veralgemeniseren, kunnen er gemakkelijker duurzame energievizies uitrollen, ook voor allerlei andere regio's. Aan de TU Delft zal een afstudeerder aan dit model verder werken.

Voor de toekomstige duurzame energievoorziening zal energieopslag een belangrijke plaats innemen.

In dit onderzoek zijn diverse opslagpotenties belicht en in sommige gevallen gekwantificeerd, de benodigde opslag is echter erg ingewikkeld te bepalen en hangt van vele factoren af.

De juiste combinatie binnen een duurzame energiemix zal de benodigde opslag moeten beperken, vervolgens kan de opslag lokaal worden opgelost op regionale of nationale schaal. Maar ook op grotere (internationale) schaal kan een supergrid (bijvoorbeeld HVDC) de energievraag en het aanbod beter opvangen en door geografische matching van vraag en aanbod de benodigde opslag beperken, of elders (bijvoorbeeld in een stuwmeer in Scandinavië) laten plaatsvinden.

Verder onderzoek naar benodigde opslag als gevolg van fluctuaties binnen een duurzame energiemix, zal duurzame energievizies nog beter kunnen onderbouwen.

Referentielijst

- ¹ Dobbelsteen A.A.J.F. van den, Roggema R., Stegenga K. en Slabbers S.; *Using the Full Potential - Regional planning based on local potentials and exergy* (2006)
- ² Broersma, S en Fremouw, M.A.; *Warmtekaarten – Nederlandse warmtekaracteristieken in kaart gebracht* (2010)
- ³ Broersma, S; *Energiepotentiëstudie De Groene Compagnie* (Delft, 2009)
- ⁴ <http://exergieplanning.nl>
- ⁵ Dobbelsteen, A.A.J.F. van den, en Broersma, S; *Synergy between regional Planning and Exergy 2009.2*, Delft (2010)
- ⁶ <http://www.veenkolonien.nl> – Agenda voor de Veenkoloniën
- ⁷ <http://www.nieuwekaart.nl> – De Nieuwe Kaart van Nederland
- ⁸ Ecofys; *Haalbaarheidsstudie biomassa als energiedrager in Oost-Groningen* (2010)
- ⁹ <http://statline.cbs.nl> en <http://www.cbsinuwbuurt.nl>
- ¹⁰ <http://www.agentschapnl.nl/woningbouw>
- ¹¹ Seebregts, A.J. en Volkers, C.H. (ECN); *Monitoring Nederlandse elektriciteitscentrales 2000-2004* (2005)
- ¹² Wolters-Noordhoff; *De Bosatlas van Nederland* (Groningen, 2008)
- ¹³ Ecofys; *Versnelde ontwikkeling duurzame energie in Nederland* (2009)
- ¹⁴ <http://www.kadaster.nl/top10nl/>
- ¹⁵ CBS; *Bebouwing en bevolking* (juni 2001)
- ¹⁶ <http://www.VROM.nl>
- ¹⁷ <http://www.RoadEnergySystems.nl>
- ¹⁸ <http://www.windparkkubbeweg.nl> (2011)
- ¹⁹ SenterNovem; *Windkaart van Nederland op 100m hoogte* (2005)
- ²⁰ SenterNovem; *Praktische toepassingen van mini-windturbines* (2010)
- ²¹ <http://www.energiefabriek.com>
- ²² Broersma, S; *Energiepotenties Groningen – basisrapport* (2009)
- ²³ Morweiser, M., Kruse, O., Hankamer, B. en Posten, C.; *Developments and perspectives of photobioreactors for biofuel production* (2010)
- ²⁴ Stichting Platform Geothermie; *Introduction Geothermal Energy- Renewable, Resilient or Sustainable?* (2007)
- ²⁵ <http://www.geothermie.nl>
- ²⁶ <http://www.thermogis.nl>
- ²⁷ IF Technology; *Kaart bodemgeschiktheid voor toepassing van verticale bodemwarmtewisselaars* (2001)
- ²⁸ Broersma, S. en Dobbelsteen, A.A.J.F. van den (eds.); *SREX Main report 2009.2: Energy-conscious interventions in South-east Drenthe* (2009)
- ²⁹ IF Technology; *Technische potentieelstudie diepe ondergrond Noord-Nederland* (Arnhem, 2008)
- ³⁰ Provinciale Staten van Drenthe; *Met Drenthe de Diepte in, structuurvisie ondergrond* (Assen, 2010)
- ³¹ Crotofino, F. et al; *Huntorf CAES, More than 20 years of successful operation* (Hannover, 2001)
- ³² Gasunie; *Zuidwending: underground gas storage / aardgasbuffer* (2011)
- ³³ Hoelen, Q. et al; *Gas storage in salt caverns, "Aardgasbuffer Zuidwending"* (Netherlands, 2006)
- ³⁴ Hermans, J.; *Energie survival gids* (2008)
- ³⁵ Tester, J.W. et al; *Sustainable Energy, Choosing Among Options* (Cambridge (MA), USA, 2005)
- ³⁶ Kempton, W. and Tomic, J.; *Vehicle-to-grid power fundamentals, calculating capacity and net revenue* (2005)
- ³⁷ Bullough, C., Gatzen, C., Jakiel, C., Koller, M. Nowi, A. en Zunft, S.; *AA-CAES for the integration of wind energy* (2004)