



Rijkswaterstaat, Dienst Noord-Holland
Zeetoegang IJmuiden T0-IJmuiden
R-120 Analyserapport Staalbouw –
Noordersluis (25A-001-01)

iv-Infra b.v.

Opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Dienst Noord-Holland
Project: Zeetoegang IJmuiden T0-onderzoek
Projectnummer: INPA100484 (Iv-Infra)
Betreft: Analyserapport Staalbouw – Noordersluis (25A-001-01)

Auteur(s): I. Roos
Gecontroleerd: W.P.J. Langedijk
Disciplineleider Staalbouw

Paraaf:



Goedgekeurd: W.D. van der Wiel
Deelprojectleider T0

Paraaf:



Datum: 2-12-2011
Revisie: 2D
Status: Definitief
Aantal pagina's: v + 90

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Nieuwe risico's	2
3	Aanpak	3
3.1	Analyseren van de beschikbare documenten en verkennend bezoek	3
3.2	Opstellen algemene uitgangspunten	3
3.3	Analyse onderdelen	4
4	Beschrijving object	5
4.1	Locatie en geschiedenis	5
4.2	Sluiskolk	6
4.3	Deuren	6
4.4	Rolwagen	8
4.5	Railbaanconstructie	8
4.6	Deurkassen	8
4.7	Drooglegkuip	9
4.8	Afsluitconstructie deurkassen	10
4.9	Omloopriolen en rioolschuiven	10
4.10	Onderhoudsschuiven	10
4.11	Remming- en geleidewerken	11
4.12	Draaiboek	12
4.13	Te toetsen onderdelen	13
5	Beschikbare documenten en informatie	14
5.1	Tekeningen	14
5.2	Berekeningen	15
5.3	Bestaande inspectiedocumenten	15
5.4	Overige documenten	15
5.5	Verkennend bezoek	16
6	Uitgangspunten	17
6.1	Peilen object	17
6.2	Belastingen	17
6.3	Belastingfactoren	19
6.4	Aantal schuttingen	19
7	Roldeuren (FMECA-Id 60.6)	20
7.1	Beschrijving	20
7.2	Analyse van bestaande documenten	21
7.3	Vergelijking uitgangspunten	23
7.4	Vergelijking roldeuren N1 t/m N3 met roldeur N4	23
7.5	Analyse inspectierapport	24

7.6	Beheer en onderhoud		24
7.7	Conclusie		25
8	Riolschuiven (FMECA-Id 90.3)		26
8.1	Beschrijving		26
8.2	Analyse van bestaande documenten		27
8.3	Berekeningen		27
8.4	Analyse inspectierapport		28
8.5	Beheer en onderhoud		28
8.6	Conclusie		28
9	Caisson en schotbalken (FMECA-Id 52.1)		29
9.1	Beschrijving		29
9.2	Analyse van bestaande documenten		31
9.3	Berekening		32
9.4	Analyse inspectierapport		32
9.5	Beheer en onderhoud		33
9.6	Conclusies		33
10	Rolwagen (FMECA-Id 1.37)		34
10.1	Beschrijving		34
10.2	Analyse van bestaande documenten		34
10.3	Controle berekeningen		35
10.4	Analyse inspectierapport		36
10.5	Beheer en onderhoud		36
10.6	Conclusie		36
11	Onderhoudsschuif (FMECA-Id 52.1)		37
11.1	Beschrijving		37
11.2	Analyse van bestaande documenten		37
11.3	Berekening		39
11.4	Analyse inspectierapport		39
11.5	Beheer en onderhoud		40
11.6	Conclusie		40
12	Remmingwerken (FMECA-Id 56.17) en geleidewerken (FMECA-Id 62.19)		41
12.1	Beschrijving		41
12.2	Analyse van bestaande documenten		42
12.3	Analyse inspectierapport		42
12.4	Beheer en onderhoud		43
12.5	Conclusie		43
13	Conclusie		44
13.1	Globale conclusie		44
13.2	Conclusie per onderdeel		44
13.3	Nieuwe risico's		45
	Bijlage 1 Revisiebeheer		46

Bijlage 2 Inhoudsopgaven berekeningsdocumenten Roldeuren	47
Bijlage 3 Vergelijking hydraulische randvoorwaarden roldeuren	50
Bijlage 4 Berekening rioolschuiven	67
Bijlage 5 Berekening caisson en schotbalken	79
Bijlage 6 Controle berekening onderrolwagen	94
Bijlage 7 Berekening onderhoudsschuif	100

1 Inleiding

Dit rapport betreft de analyse staalbouw voor het object 25A-001-01 Noordersluis in IJmuiden. Deze rapportage is opgesteld voor het project Zeetoegang IJmuiden T0-onderzoek. In deze rapportage zijn analyses uitgevoerd van verschillende staalonderdelen van de sluis. De te analyseren onderdelen zijn door de opdrachtgever voorgeschreven. Deze rapportage maakt onderdeel uit van de integrale RAMS-analyse van Noordersluis (R-170) en dient in samenhang hiermee te worden gelezen.

In hoofdstuk 2 wordt de term “nieuwe risico’s” nader toegelicht. Daarna wordt de aanpak van de staalanalyse in hoofdstuk 3 beschreven. De situatie en sluselementen zijn beschreven in hoofdstuk 4. Een overzicht van de gevonden documenten in het archief van Rijkswaterstaat zijn in hoofdstuk 5 terug te vinden. Vanaf hoofdstuk 6 tot en met 11 worden de staalonderdelen geanalyseerd. In deze hoofdstukken wordt tevens advies gegeven over eventueel benodigd onderhoud na aanleiding van de inspectie en de analyse. In het laatste hoofdstuk worden alle resultaten weergegeven en worden de adviezen met betrekking tot bijzonder onderhoud indien van toepassing herhaald.

2 Nieuwe risico's

Rijkswaterstaat heeft ongeveer vijfhonderd natte kunstwerken in beheer en is verantwoordelijk voor het functioneren hiervan. Op dit moment is er onvoldoende inzicht in zowel de onderhoudstoestand van deze kunstwerken, als ook in de mate waarin zij hun functies vervullen.

Een recent uitgevoerde probleemverkenning geeft echter aanleiding te veronderstellen dat de natte kunstwerken gebreken vertonen en voedt het groeiende besef dat de onderhoudsstaat en het functioneren van de natte kunstwerken onvoldoende zijn. De oorzaak hiervoor dient niet slechts te worden gezocht in afnemende sterkte ten gevolge van veroudering, maar juist ook in toegenomen belastingen op en intensiever gebruik van de kunstwerken. Daarnaast zijn de huidige normen en richtlijnen ten aanzien van de onderdelen van de kunstwerken sinds de stichting (vaak meerdere decennia geleden) verschillende malen aangepast en verbeterd, wordt onderhoud aan de kunstwerken uitbesteed en is beleid de afgelopen decennia aan verandering onderhevig geweest. Deze veranderingen worden aangeduid met de term 'nieuwe risico's'.

Voor de discipline Staalbouw zijn de volgende nieuwe risico's mogelijk:

- Achterstallig onderhoud.

- Nieuwe normen (VOSB 1938/1963 versus NEN 6702/6770/6771/6772 en Leidraad Kunstwerken) met een andere veiligheidsfilosofie. Onder andere zijn de te hanteren partiële veiligheidsfactoren aan sterktezijde en belastingzijde gewijzigd.

- Gewijzigde belastingen op de constructie (zoals verandering in waterpeilen).

- Aanpassingen aan de constructie.

3 Aanpak

Dit document heeft tot doel de (sub)systemen van het object, die behoren tot de discipline Staalbouw, ten behoeve van de RAMS-analyse in kaart te brengen en te beoordelen. Dit wordt gedaan middels de volgende aanpak.

3.1 Analyseren van de beschikbare documenten en verkennend bezoek

Voorgaand aan de analyse van het object dient hiervan een duidelijk beeld verkregen te worden. Dit geschiedt door de analyse van de beschikbaar gestelde documenten door Rijkswaterstaat (tekeningen, berekeningen en oude inspectierapporten) en aansluitend, een verkennend bezoek aan het object. De beschikbaar gestelde documenten worden bestudeerd en op waarde geschat. Het verkennend bezoek geschiedt tijdens de inspectiewerkzaamheden waarbij tevens de overige disciplines worden vertegenwoordigd. Hiermee kan een duidelijk beeld worden verkregen van het object in combinatie met de samenhang en historie van de onderdelen. Hieruit volgen de beschrijving van het object (Hoofdstuk 4) en de inventarisatie van de informatie (hoofdstuk 5).

3.2 Opstellen algemene uitgangspunten

Voorafgaand aan de analyse dienen de algemene uitgangspunten vastgelegd te worden. De algemene uitgangspunten zijn beschreven in hoofdstuk 6 van dit rapport.

3.2.1 *Peilen object*

Hiermee worden de peilen van het object bedoeld (bv. vloer sluis, bovenkant sluisdeur e.d.). Deze volgen uit de ter beschikking gestelde tekeningen. Deze gegevens worden zoveel mogelijk schetsmatig weergegeven.

3.2.2 *Belastingen*

De belastingen die op het te beschouwen onderdeel werken, dienen te worden verkregen om de analyse uit te kunnen voeren. Dit geldt voor zowel de belastingen die bij het ontwerp zijn gebruikt als de huidige belastingen. Voor de huidige belastingen geldt dat de waterstanden en golfbelastingen worden bepaald door discipline Waterbouw. Belastingen voortkomend uit werktuigbouwkundige onderdelen worden bepaald door discipline Werktuigbouw. De overige belastingen komen voort uit de geldende normen.

3.2.3 *Materiaalkwaliteit*

De materiaalkwaliteit wordt bepaald aan de hand van de ter beschikking gestelde documenten. Indien er geen aanwijzingen gevonden kunnen worden, wordt een reële materiaalkwaliteit bepaald door expert-judgement.

3.3 Analyse onderdelen

Voor de analyse van ieder (te beschouwen) onderdeel van het object worden de volgende stappen uitgevoerd. De analyse van ieder onderdeel is te vinden vanaf hoofdstuk 7.

3.3.1 *Uitgangspunten*

Per onderdeel worden specifieke uitgangspunten opgesteld. Denk hierbij aan de uitleg van de werking van het onderdeel of een overzicht van de constructie (met alle benodigde afmetingen). Ook de belastingen die voor het onderdeel van toepassing zijn, worden hier duidelijk aangegeven (afgeleid uit de algemene uitgangspunten).

3.3.2 *Analyse onderdeel*

De belastingen worden vergeleken met de belastingen in eerdere uitgevoerde onderzoeken en berekeningen (uit de documenten van par. 3.1). Het kan echter voorkomen dat er geen eerdere berekeningen te vinden zijn.

Indien de te hanteren belastingen overeenkomen met de belastingen zoals gebruikt in eerder uitgevoerde berekeningen, worden de conclusies uit deze onderzoeken op waarde geschat en zover als mogelijk overgenomen.

Indien de belastingen niet overeenkomen, worden, voor zover mogelijk, door 'verschalen' van eerdere berekeningen nieuwe resultaten bepaald. Uit deze resultaten worden nieuwe conclusies afgeleid.

Indien geen berekeningen beschikbaar zijn, worden op beperkte schaal globale berekeningen (sterkte-, stabiliteits- en vermoeiingsberekeningen van de hoofdonderdelen) gemaakt, waaruit conclusies worden afgeleid. De berekeningen worden uitgevoerd met gebruikmaking van de geldende normen en richtlijnen.

3.3.3 *Analyse van de rapportage van de inspectie uitgevoerd in het kader van RINK*

In het kader van RINK wordt inspectie uitgevoerd. De rapportage van deze inspectie wordt geanalyseerd en een korte toelichting hierop wordt aan het rapport Analyse Staalbouw toegevoegd.

3.3.4 *Analyse beheer en onderhoud*

In deze stap wordt een analyse van het (verwachte) beheer en onderhoud per component of onderdeel gemaakt op basis van de bevindingen uit het inspectierapport en de analyse.

3.3.5 *Eindoordeel*

In het eindoordeel worden de diverse analyses, voorkomend uit de discipline Staalbouw, samengebracht en wordt een samenvattend oordeel gegeven op het betreffend object.

4 Beschrijving object

4.1 Locatie en geschiedenis

De Noordersluis maakt deel uit van het sluisencomplex in de Noordzeekanaal bij IJmuiden, zoals in Figuur 1 is aangegeven.



Figuur 1 – Locatie Noordersluis (bron achtergronden: Google Maps)

De Noordersluis is in 1929 in gebruik genomen en is hiermee de meest recente sluis van het complex. Het is tevens met een lengte van 400 m en een breedte van 50 meter de grootste sluiskolk van het complex. De overige drie sluizen dateren uit de 19^e eeuw. Tijdens de tweede wereldoorlog is de sluis beschadigd geraakt en was hierdoor gedurende enige tijd buiten gebruik. Kort na de oorlog zijn de herstelwerkzaamheden begonnen en is de sluis weer in gebruik genomen.

De sluis is onderdeel van de primaire waterkering. De kerende hoogte van de buitenhoofd bedraagt NAP + 5,85 m.

Een overzichtstekening van de sluis is te vinden in het opleverdossier behorende tot dit analyserapport. Het betreft tekeningnummer NHKA 1927-38010.

4.2 Sluiskolk

De sluiskolk heeft een lengte van 400 m en een breedte van 50 m. De kolkvloer ligt op NAP – 15,5 m en de bovenkant van de kolkwanden ligt op NAP + 5,0 m. Het beschikt over twee sluishoofden: de buitenhoofd aan de Noordzeezijde en de binnenhoofd aan de Noordzeekanaalzijde.



Figuur 2 – Overzicht sluiskolk Noordersluis

4.3 Deuren

Op basis van de afmetingen van de sluis is tijdens het ontwerp van de sluis besloten om roldeuren toe te passen. Oorspronkelijk waren er drie deuren: twee in het buitenhoofd (waarvan de oostelijk als nooddeur gebruikt werd) en één in het binnenhoofd. In de jaren 70 zijn de deuren kort na elkaar aangevaren. Na aanleiding hiervan is besloten een nieuwe reserve roldeur te laten bouwen (Roldeur 4). Deze deur is momenteel opgesteld in het Noordzeekanaal zodat de deur snel

verwisseld kan worden. De oostelijke deurkas van het buitenhoofd is de deurendok waarin onderhoudswerkzaamheden aan de deuren kan plaatsvinden.

Eind jaren 80 van de vorige eeuw zijn de railconstructies aangepast waardoor de deuren ook aangepast moesten worden. Er is echter gekozen nieuwe deuren te ontwerpen waarop tevens een permanente rijdek ten behoeve van het verkeer aangebracht werd (verkeersklasse 30). Deze deuren worden momenteel nog gebruikt en worden aangeduid als deuren N1 t/m N3. Roldeur 4 (aangeduid met D4) is voor de nieuwe situatie wel aangepast.

De stalen deuren zijn ongeveer 20 meter hoog, 53,5 meter lang en 7,3 meter breed. Ze zijn op twee rolwagens geplaatst die op een railconstructie rijden op de bodem van de sluis. In open stand liggen de deuren in deurkassen die zich aan de noordzijde van de sluis bevinden. De deuren zijn halverwege de hoogte voorzien van luchtkisten. Geheel met lucht gevulde luchtkisten zorgen voor een zodanige opdrijvende kracht dat de deur gaat drijven: dit wordt dan ook gedaan bij het wisselen van de deuren. Deels met water gevulde luchtkisten zorgen ervoor dat de deur op de rolwagens blijft staan. De deuren wegen ca. 1450 ton.

De hoofdconstructie van de deuren bestaat uit een aantal regels, uitgevoerd als vakwerkconstructies, en stijlen. Beide zijden van de deuren zijn voorzien van beplating die voor de waterkerende functie zorgen. De bovenzijde van de deuren is voorzien van een rijvloer ten behoeve van het openbaar verkeer.

In onderstaande figuur is één van de deuren in bedrijfstoestand te zien.



Figuur 3 – Roldeur tijdens bewegingscyclus (buitenhoofd)

4.4 Rolwagen

Iedere deur wordt ondersteund door een set van twee rolwagens, elk voorzien van 8 loopwielen. Deze constructie dateert uit de jaren 80 toen de railbaanconstructie is vervangen (zie paragraaf 4.5). Er zijn 4 sets rolwagens (dus in totaal 8), voor ieder deur een set. De roldeur in het buitenhoofd Oost staat op kielblokken en de reservedeur is in de Velserkom afgemeerd. De rolwagens van deze deuren bevinden zich op de bergplaats, waar ze na de wisseling van de deuren gerenoveerd worden. Er is dus altijd minstens één set beschikbaar als reserverolwagen.

4.5 Railbaanconstructie

De railbaanconstructie is in de loop der tijd meermalen vernieuwd. In 1989 heeft echter de grootste aanpassing van de constructie plaatsgevonden. Hierbij is de nieuwe railbaanconstructie tussen de bestaande rails geplaatst. Hierdoor moesten ook de rolwagens vervangen worden.

De huidige constructie bestaat uit twee railbaanelementen per deur: één voor de kolk en één voor de deurkas. Deze kunnen verwijderd en vervangen worden. Twee reserve railbaanelementen liggen aan de wal (zie Figuur 4).



Figuur 4 – Railbaanconstructie (reserve)

4.6 Deurkassen

Zoals in de vorige paragraaf is vermeld, is voor ieder roldeur een deurkas noodzakelijk. Opgemerkt wordt dat de binnenste deurkas van het buitenhoofd overdekt is en als dok gebruikt wordt. De deur wordt namelijk alleen in geval van nood gebruikt, zoals bij uitval van de buitenste deur. Deze situatie is tot op heden nog nooit voorgekomen.



Figuur 5 – Deurkas (buitenhoofd)

4.7 Drooglegkuip

De drooglegkuipen zijn gebruikt voor het droogzetten van de rails tot aan 1989. Met de nieuwe railconstructie zijn deze overbodig geworden. Deze constructies liggen nog wel op het eiland tussen de Zuider- en Middensluis en zijn in Figuur 6 weergegeven. Deze droogzetkuipen zijn de afgelopen jaren niet meer onderhouden. Aanbevolen wordt de droogzetkuipen niet meer te gebruiken totdat deze opnieuw geanalyseerd en gerenoveerd zijn. In de huidige staat kan de veiligheid van de drooglegkuip niet gegarandeerd worden.



Figuur 6 – Drooglegkuipen

Deze constructie wordt niet geanalyseerd in dit rapport.

4.8 Afsluitconstructie deurkassen

Voor het afsluiten van de deurkassen zijn twee constructies aanwezig:

De schotbalken: ontworpen in de jaren 80 om de oostelijk deurkas van het buitenhoofd af te kunnen sluiten.

De caisson: oorspronkelijk ontwerp daterend uit de bouwtijd van de sluis en momenteel inzetbaar om de overige deurkassen af te sluiten bij calamiteit.

4.9 Omloopriolen en rioolschuiven

Het nivelleren van de kolk geschiedt via de omloopriolen die zich aan beide zijden van de kolk bevinden. De rioolschuiven kunnen hierbij verticaal opengetrokken worden. Dit geschiedt door middel van een hydraulisch cilinder. De schuiven dateren uit 1988. Hierbij zijn de oorspronkelijke schuiven vervangen door “ongedeelde glijschuiven” (bron: [2], zie paragraaf 5.4 van dit rapport).



Figuur 7 – Hydraulisch cilinder ten behoeve van de rioolschuif

4.10 Onderhoudsschuiven

De onderhoudsschuiven kunnen aan beide zijden van de rioolschuiven geplaatst worden (via de luiken aan beide zijden van de schuif). Zodoende kunnen de reguliere schuiven droog gezet worden.



Figuur 8 - Onderhoudsschuiven

4.11 Remming- en geleidewerken

Zowel aan de west- als aan de oostzijde zijn geleidewerken aangebracht, zoals in Figuur 9 is weergegeven.



Figuur 9 – Geleidewerk aan westzijde

In de sluiscolk zijn geleidewerken aangebracht in de vorm van drijfrahmen, die met kettingen aan de kolkwand bevestigd zijn. In onderstaand figuur weergegeven.



Figuur 10 – Geleidewerk aan westzijde

4.12 Draaiboek

De volgende informatie volgt uit het document 'Draaiboek Hoog water Sluizencomplex te IJmuiden', geschreven door J.P.M. Ursem van Waterdistrict Noord-Holland, versie 1.2 (definitief), d.d. 16 december 2010. Hieronder volgt hiervan een overzichtelijke samenvatting die betrekking hebben tot de Noordersluis.

Het schutproces vindt alleen plaats wanneer de waterstand aan de zeezijde tussen NAP -2,50 m (minimum schutpeil) en NAP + 3,40 m (maximum schutpeil) is. Het waterpeil in het Noordzeekanaal ligt vrij constant op NAP -0,40 m (+/- 10 cm). Bij verschillende waterstand aan de Noordzezijde dienen een aantal handelingen verricht te worden. Ze worden in Tabel 1 samengevat.

Tabel 1 – Overzicht maatgevende waterstanden

Waterstand Noordzezijde	Actie
< NAP - 2,50 m	Het schutproces wordt stilgezet.
NAP + 1,55 m	Na afloop van de hoogwaterperiode worden de luchtkisten op lekkage gecontroleerd. Eventuele lekwater wordt door een aannemer uitgepompt.
> NAP + 2,10 m	De deurbewegingen in het buitenhoofd worden nauwlettend in de gaten gehouden door visuele inspectie.
> NAP + 3,40 m	Het schutproces wordt stilgezet. De oostelijke deurkas van het buitenhoofd wordt geïnuundeerd. De waterhoogte in de kolk wordt tot NAP + 2,00 m gebracht.
> NAP + 4,00 m	De luiken van de noodschuiven van de rioolschuiven in het buitenhoofd verwijderen. De deur van pompkelder in het schuivengebouw West wordt afgesloten.
> NAP + 4,50 m	De betondeuren worden gesloten en coupureschotten worden

	geplaatst.
> NAP + 5,00 m	De oostelijke deurendok wordt tot NAP + 2,00 m gevuld.

Bij het waterpeil een niveau van NAP + 3,40 m heeft bereikt, wordt het waterpeil in de kolk tot een niveau van NAP + 2,00 m verhoogd. Er is hier sprake van een getrapte kering.

4.13 Te toetsen onderdelen

In Tabel 2 zijn alle te toetsen onderdelen samengevat conform de vraagspecificatie T0 Onderzoek Schutsluizen IJmuiden, paragraaf 3.2. Indien niet van toepassing op de Noordersluis, wordt desbetreffend onderdeel ook niet vermeld. Naast een korte toelichting, wordt tevens het hoofdstuk genoemd waarin het onderdeel wordt geanalyseerd.

Tabel 2 – Overzicht te toetsen onderdelen

FMECA-Id	Onderdeel	H.	Toelichting
60.6	Roldeur	7	De deuren zijn allemaal uitwisselbaar.
90.3	Riolschuif	8	-
52.1	Caisson en schotbalken	9	Onderhoudsvoorzieningen ten behoeve van afsluiting deurkas
1.37	Onderrolwagen	10	Wielen behoren tot discipline WTB
52.1	Onderhoudsschuiven	11	Onderhoudsvoorziening t.b.v. riolschuiven
56.17	Remming- en Geleidewerken	12	Kwalitatieve beschouwing

5 Beschikbare documenten en informatie

5.1 Tekeningen

De volgende tekeningen zijn de relevante tekeningen van de stalen onderdelen die teruggevonden zijn in het archief van Rijkswaterstaat. Deze tekeningen zijn tevens opgenomen in het meegeleverde opleverdossier.

Tabel 3 – Relevante tekeningen

Tekeningnr.	Naam
27-38010	Overzichtstekening Noordersluis
93-32522	Deur 1 – Plantekening roldeur
93-32527	Deur 1 – Rijdek staal
93-32537	Deur 1 – Hor. Verband +4375
93-32538	Deur 1 – Plaatindeling
93-32539	Deur 1 – Hor. Verband op +925
93-32541	Deur 1 – Hor. Verband op -12075
93-32542	Deur 1 – Hor. Verband -12075 tussen 3-5-7 23-21-19
93-32543	Deur 1 – Verticalen – verbanden as 1 – 25 en as 7 t/m 19
93-32544	Deur 1 – Verticalen – verbanden as 3 – 23 en as 5 – 21
93-32546	Deur 1 – Eindher onder drijfkist Niszijde as 1
93-32548	Deur 1 – Eindhar onder drijfkist kaszijde as 25
93-32555	Deur 1 – Wand zeezijde as 1 t/m 13
93-32556	Deur 1 – Wand zeezijde as 13 t/m 25
93-32557	Deur 1 – Wand kanaalzijde as 1 t/m 13
93-32558	Deur 1 – Wand kanaalzijde as 13 t/m 25
74.1423-54B	Deur 4 – Overzicht
86-32033	Rioolschuiven Frame
86-32037	Rioolschuiven Hoofdframe
86-32073	Rioolschuiven + Doorsneden
86-32082	Overzicht rioolschuif en bewegingswerk
25-38018	Caissonbeplatingen
25-38019	Caissonverstijvingen
25-38020	Caissonregels
25-38021	Caissonregels

26-32139	IJzeren afsluitcaisson voor de deurkassen
26-38015	Positie en belastingsdiagram
70-32042	Afsluitcaisson voor deurkassen
NHKA-2002-32046	Overzicht en aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32047	Overzicht en aanpassing schotbalk B
NHKA-2002-32048	Overzicht en aanpassing schotbalk C
NHKA-2002-32049	Onderdelen aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32050	Samenstelling passtuk
NHKA-2002-32051	Passtuk met geleidesteunen
NHKA-2002-32052	Details passtuks met geleidesteunen
NHKA-2002-32053	Afdichting onderrand en zijkanten passtuk
NHKA-2002-32054	Horizontale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32055	Verticale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32056	Ondergedeelte passtuk
NHKA-2002-32057	Onderdelen geleidesteunen
NHKA-2002-32058	Onderdelen afdichting
NHKA-2002-32059	Hijsvoorziening voor afsluiting deurkasmond – hijsstuk

In bovenstaande lijst zijn geen tekeningen van Deur N2 en N3 weergegeven. Deur N1 is namelijk identiek aan deze deuren. Alleen Deur N4 wijkt af van de overige deuren.

5.2 Berekeningen

De volgende berekeningen zijn teruggevonden in het archief van Rijkswaterstaat:

Berekeningen aanpassing 4^e roldeur (BSS-0001-03 en 04 Berekening Roldeur 4.pdf);

Berekeningen van roldeuren N1 t/m N3 (niet in opleverdossier);

Randvoorwaarden Belastingen, waarin de belastingen voor roldeuren N1 t/m N3 zijn beschreven (Randvoorwaarden belastingen Roldeuren Noordersluis IJmuiden.pdf).

Belasting op rolwagens en rails.

Berekening Onderrolwagen.

5.3 Bestaande inspectiedocumenten

Er zijn geen relevante bestaande inspectiedocumenten voor deze analyse aangetroffen in het archief van Rijkswaterstaat.

5.4 Overige documenten

De volgende overige documenten zijn ter beschikking gesteld.

[1] Draaiboek Hoog water Sluizencomplex te IJmuiden
Stormvloedmaatregelen IJmuiden 2010-2011 V5, waterdistrict Noord-Holland, J.P.M. Ursem, 16 december 2010, Versie 1.2 Definitief.

[2] "Sluizen en gemalen in het Noordzeekanaal: anderhalve eeuw ontwerpen, bouwen en vernieuwen", G.J. Arends, Utrecht Matrijs, 2001.

[3] "Onderzoek naar het functioneren van de oostelijke roldeur van de Noordersluis te IJmuiden – fase 2", TNO Bouw en Ondergrond, 1 december 2010.

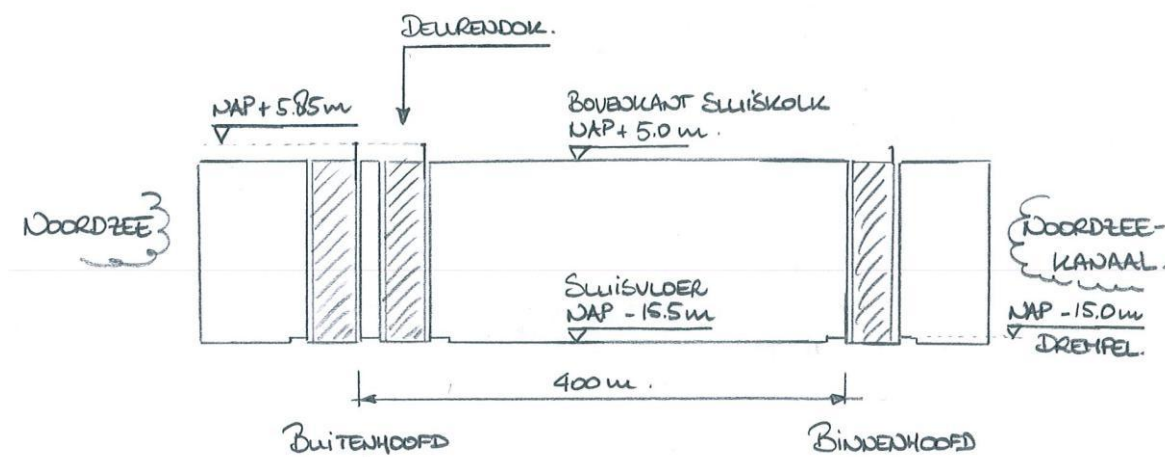
5.5 Verkennend bezoek

Op 10 mei 2011 heeft een verkennend bezoek van de Noordersluis plaatsgevonden. Hierbij is gekeken naar de stalen onderdelen van de Noordersluis van de sluis. Het bezoek vond plaats vanaf het maaiveld. Er is tevens toegang verleend tot de deurendok. Opgemerkt wordt dat het zicht op de bodem van het deurendok zeer beperkt is in verband met de afwezigheid van voldoende licht.

6 Uitgangspunten

6.1 Peilen object

De Noordersluis heeft een drempeldiepte van NAP – 15,0 m, een lengte van 400 m en een breedte van 50 m. In onderstaand figuur zijn de hoofdmaten van de sluis weergegeven.



Figuur 11 – Peilen Noordersluis

6.2 Belastingen

6.2.1 Waterbelastingen

De waterbelastingen worden gebaseerd op de maatgevende waterstandvervallen, opgesteld in het analyserapport Waterbouw (R-150).

De waterstanden zijn gebaseerd op een eerdere versie van het analyserapport Waterbouw. De waterstanden zijn in een later stadium aangepast, maar wijken lichtelijk af van de gehanteerde waterstanden in dit rapport: max. 6 cm, zowel gunstig als ongunstig. In de analyse wordt van de sluisdeuren (Bijlage 3, hoofdstuk 4) wordt aangetoond dat het verschil verwaarloosbaar is.

Belastinggeval 1 (buitendeur)

Waterstand zee		NAP + 5,75 m
Waterstand kolk		NAP + 3,40 m

	Verval	2,35 m
Golven vanuit zee:	Deining	Hs = 0,50 m, Ts = 12,5 s
	Windgolven	Hs = 0,80 m, Ts = 2,5 s
Waterdichtheid zeezijde:		1022 kg/m ³
Waterdichtheid kolk:		1000 kg/m ³

Belastinggeval 1 (binnendeur)

Waterstand kolk		NAP + 3,65 m
Waterstand kanaal		NAP – 0,70 m

	Verval	4,35 m

Geen golven (alleen waterbeweging van 0,25 m t.g.v. overslag, al inbegrepen in waterstand kolk)

Waterdichtheid kolk :		1022 kg/m ³
Waterdichtheid kanaal:		1000 kg/m ³

Belastinggeval 2 (buitendeur)

Waterstand zee		NAP + 3,70 m
Waterstand kolk		NAP – 0,80 m

	Verval	4,50 m
Golven vanuit zee:	Windgolven	Hs = 0,80 m, Ts = 2,5 s
Waterdichtheid zeezijde:		1022 kg/m ³
Waterdichtheid kolk:		1000 kg/m ³

6.2.2 *Wrijving*

Bij het opentrekken van de rioolschuiven ontstaat wrijving tussen de schuiven en de betonnen inkassing. Voor ieder geval wordt apart bepaald hoe groot deze wrijving is.

6.2.3 *Scheepsstroming*

Vanuit de discipline Waterbouw is aangegeven dat scheepsstromingen geen maatgevende belastingen op de sluisdeuren opleveren.

6.2.4 *Aanhangend water / ijs / vuil*

Voor aanhangend water, ijs en vuil wordt gerekend met een representatieve belasting van 5,0 kN/m', geplaatst op één horizontale ligger. Deze waarde is in overleg met Rijkswaterstaat bepaald.

6.2.5 *Mosselaangroei*

De sluis bevindt zich in een zoutwater gebied. Hierbij is mosselaangroei op de onderdelen onder water een natuurlijk verschijnsel. Dit kan zorgen voor een toename van het gewicht van deze onderdelen.

6.3 **Belastingfactoren**

De belastingfactoren zoals aangegeven in onderstaand tabel worden aangehouden voor de berekeningen.

Tabel 4 - Belastingfactoren

Belastinggeval	Belastingfactor
Eigen gewicht	1,35
Eigen gewicht (i.c.m. var. bel.)	1,20
Positief en negatief verval	1,25
Windgolven	1,25
Aanhangend water / ijs / vuil	1,35
Aangroei mariene organismen	1,35
Wrijving	1,50

6.4 **Aantal schuttingen**

Er wordt rekening gehouden met gemiddeld 7300 deurbewegingen per jaar. Dit is gebaseerd op [3].

7 Roldeuren (FMECA-Id 60.6)

7.1 Beschrijving

Er zijn in totaal 4 deuren: de oudste deur (Deur N4) dateert uit eind jaren '70 en is bedoeld als reservedeur voor de Noordersluis. Roldeur N4 is een geklonken constructie. Rond 1988 zijn de drie bestaande deuren van het complex vervangen door nieuwe (gelaste) roldeuren (Deuren N1 t/m N3). De railconstructie is tegelijkertijd ook vervangen door een smallere constructie, waarop roldeuren N1 t/m N3 gelijk op zijn ontworpen. Roldeur N4 is aangepast aan de nieuwe situatie. Roldeur N1 wijkt lichtelijk af van de overige deuren: deze is geschikt gemaakt als onderhoudsdeur en is gebruikt voor het maken van de opleggingen van de nieuwe railconstructie.

Alle deuren zijn in hoofdlijnen identiek (hoofdmaten) en dus uitwisselbaar. Er wordt bij hoogwater getrapt gekeerd, volgens het draaiboek beschreven in paragraaf 4.12. Op een hoogte van NAP + 3,40 m zitten op alle deuren luiken (zie onderstaand figuur). Hierbij geldt dat ze altijd gesloten zijn indien de deur zich aan de buitenkant van het buitenhoofd bevindt en open zijn op de twee overige posities. Hiermee wordt bereikt dat het peil in de kolk nooit hoger is dan NAP +3,40m.



Figuur 12 – Buitendeur tijdens bewegingsproces

Alle deuren zijn voorzien van een (houten) rijdek op NAP + 5,00 m en kan gebruikt worden door het openbare verkeer. Het verkeer op de sluisdeuren wordt echter beperkt tot assenlasten van 5 ton en een breedte van breedte van 2,2 meter, zoals de verkeersborden aangeven aan beide zijden van de sluis (zie Figuur 13). Vanwege de scherpe bochten om de deuren aan de kaszijde te betreden is het voor vrachtverkeer bijna onmogelijk het rijdek van de sluisdeuren te gebruiken.

De sluisdeuren kunnen water keren tot een hoogte van NAP + 5,85 m. Het laatste gedeelte (boven het niveau van het rijdek) geschiedt door middel van een waterkerende leuning. Deze bevindt zich aan de oostzijde (zie Figuur 12).



Figuur 13 – Verkeersborden bij Noordersluis

Het waterkerende gedeelte (bij positief verval) van de deuren bevindt zich aan de oostzijde, waar zich ook de eerder genoemde kleppen bevinden. Het water in de deur stijgt dus even veel als het waterniveau aan de westzijde van de deur. Tussen een niveau van NAP – 6,20 m en NAP – 2,50 m bevinden zich over de hele breedte en lengte luchtkisten. Deze luchtkisten zorgen voor een opdrijvende vermogen van de deuren, zodat de deuren niet met volle gewicht op de onderrolwagens steunen. De luchtkisten kunnen gevuld worden met water indien daar aanleiding voor is (zie ook paragraaf 4.12). De luchtkisten van roldeur N4 wijken af van die van roldeuren N1 t/m N3. Voor meer informatie, zie tekeningen.

De hoofdconstructie van de roldeuren bestaat uit horizontale en verticale vakwerkconstructies en plaatliggers. Deze zijn duidelijk op de tekeningen van de roldeuren te zien.

7.2 Analyse van bestaande documenten

7.2.1 Berekeningen

De volgende berekeningen zijn door Rijkswaterstaat ter beschikking gesteld (tussen haken de bestandsnamen volgens opleverdossier Staalbouw):

- Berekeningen aanpassing 4^{de} roldeur (BSS-0001-03 en 04 Berekening Roldeur 4.pdf);
- Berekeningen van roldeuren N1 t/m N3 (niet in opleverdossier);
- Randvoorwaarden Belastingen, waarin de belastingen voor roldeuren N1 t/m N3 zijn beschreven (Randvoorwaarden belastingen Roldeuren Noordersluis IJmuiden.pdf).

De inhoudsopgave van bovenstaande documenten is in Bijlage 2 terug te vinden. Hierin is duidelijk te zien dat de berekeningsdocumenten van roldeuren N1 t/m N3 niet compleet zijn en daardoor ook onbruikbaar zijn. De randvoorwaarden van deze berekeningen zijn echter opgenomen in het laatst genoemde document. Dit document is duidelijk opgesteld en belastinggevallen zijn overzichtelijk beschreven.

In de berekening van de aanpassing van de 4^{de} roldeur wordt als uitgangspunt bepaald dat de originele berekeningen van de deur correct zijn. De hoofddragconstructie wordt hierin dus niet opnieuw uitgerekend, maar enkel de plaatselijk aanpassingen ten behoeve van de nieuwe onderrolwagens en de luiken.

7.2.2 Tekeningen

Onderstaande tekeningen worden gebruikt voor de analyse van de deuren.

Tabel 5 – Tekeningen t.b.v. analyse roldeuren

Tekeningnr.	Naam
93-32522	Deur 1 – Plantekening roldeur
93-32527	Deur 1 – Rijdek staal
93-32537	Deur 1 – Hor. Verband +4375
93-32538	Deur 1 – Plaatindeling
93-32539	Deur 1 – Hor. Verband op +925
93-32541	Deur 1 – Hor. Verband op -12075
93-32542	Deur 1 – Hor. Verband -12075 tussen 3-5-7 23-21-19
93-32543	Deur 1 – Verticalen – verbanden as 1 – 25 en as 7 t/m 19
93-32544	Deur 1 – Verticalen – verbanden as 3 – 23 en as 5 – 21
93-32546	Deur 1 – Eindher onder drijfkist Niszijde as 1
93-32548	Deur 1 – Eindhar onder drijfkist kaszijde as 25
93-32555	Deur 1 – Wand zeezijde as 1 t/m 13
93-32556	Deur 1 – Wand zeezijde as 13 t/m 25
93-32557	Deur 1 – Wand kanaalzijde as 1 t/m 13
93-32558	Deur 1 – Wand kanaalzijde as 13 t/m 25
74.1423-54B	Deur 4 – Overzicht

7.2.3 Overige documenten

Er zijn van de sluisdeuren geen andere documenten (inspectierapporten e.d.) in het archief van Rijkswaterstaat aangetroffen.

7.2.4 Aanpak analyse

Op basis van bovenstaande documenten kunnen de uitgangspunten van de berekeningen worden vergeleken met de hydraulische randvoorwaarden opgesteld in het kader van T0-IJmuiden. Indien de uitgangspunten overeenkomen kan worden aangenomen dat de roldeur voldoet aan de huidige eisen. Hierbij wordt dus vanuit gegaan dat de originele berekeningen kloppen. Indien de huidige uitgangspunten zwaarder zijn dan de originele zullen nieuwe berekeningen uitgevoerd moeten worden.

7.3 Vergelijking uitgangspunten

In dit hoofdstuk worden achtereenvolgens de uitgangspunten van de berekeningen van de 4^e roldeur, roldeuren N1 t/m N3 en de hydraulische randvoorwaarden weergegeven. Hieruit zal moeten blijken welke situatie maatgevend zijn. De volledige vergelijking is terug te vinden in Bijlage 3. Hier worden enkel de resultaten gepresenteerd.

In onderstaand tabel worden de maatgevende belastingen weergegeven voor iedere situatie. Hierbij is de maximale verdeelde belasting op een verticale strook van 1 meter op de deur aangehouden. Bovendien is alleen de algehele situatie vergeleken. Lokaal kunnen andere belastingen maatgevend zijn.

Situatie	Maatgevende belasting q_d (1)
Berekening Roldeur N4	93,8 kN/m'
Berekening Roldeuren N1 t/m N3	72,0 kN/m'
T0-IJmond	75,9 kN/m'

(1) Maximale waarde van verdeelde belasting op een verticale strook van 1 meter op de deur.

Hieruit blijkt dat roldeur N4 met de zwaarste hydraulische belasting is ontworpen. Opmerkelijk is dat voor deuren N1 t/m N3 de hydraulische belasting veel lager is geworden. De grootste invloed hierin is het feit dat bij roldeur N4 geen rekening is gehouden met getrapt keren bij hoogwater.

Tussen de berekening van roldeuren N1 t/m N3 en de hydraulische randvoorwaarden in het kader van dit onderzoek zit een relatief klein verschil (een toename van 5,4%), hoewel de waterstanden maar weinig van elkaar afwijken. Dit komt omdat het hoogwater in principe geen maatgevende belasting meer is (alleen lokaal), maar de uiterste peilen bij schutten maatgevend zijn. Bovendien heeft bij T0-IJmuiden de wijze van de berekening van de windgolfbelasting een veel groter invloed, zowel op waterniveau als op de bodem van de kolk.

In overleg met Rijkswaterstaat is geconcludeerd dat hiermee is aangetoond dat alle roldeuren voldoen aan de gehanteerde normen. Een verhoging van de belasting van 5,4% wordt geacht binnen de marge van veiligheid te zitten. Er wordt echter nog wel een globale vergelijking van de hoofddragconstructie van de roldeuren gemaakt om aan te tonen dat de roldeuren constructief niet veel van elkaar afwijken. Dit wordt in de volgende paragraaf behandeld.

7.4 Vergelijking roldeuren N1 t/m N3 met roldeur N4

Roldeur N4 is ouder dan de drie overige roldeuren. Om aan te tonen dat de globale krachtswerking van alle deuren nagenoeg identiek is wordt een globale vergelijking van de hoofddragconstructies gemaakt. Er wordt specifiek gelet op de volgende punten:

Plaatdiktes

H.o.h.-afstand van regels en stijlen

De vergelijking wordt uitgevoerd op basis van de tekeningen van roldeuren N4 en N1, zie hiervoor paragraaf 7.2.2.

Tabel 6 – Globale vergelijking roldeuren

	Roldeur N1	Roldeur N4
Platen	Tekeningnr. 93-32538	Tekeningnr. 73.1423-54B
Plaat zeezijde	14 mm onder luchtkist 12 mm boven luchtkist	14 mm onder luchtkist 12 mm boven luchtkist
Plaat luchtkisten	14 mm	16 mm
Hoofdafmetingen	Tekeningnr. 93-32522	Tekeningnr. 73.1423-54B
Niveau hor. vakwerken (NAP)	-11541/-6275/-2575/+925/+4375	-12200/-6200/-2500/+595/+4410
H.o.h.-afstand vert. vakwerken	4400 mm	4400 mm

Uit bovenstaande tabel kan geconcludeerd worden dat de spanningen in beide constructies ongeveer gelijk zijn: de beplating is in belangrijke mate verantwoordelijk voor de opname van de waterdruk. Bovendien is de positie van de vakwerken nagenoeg gelijk. De globale krachtswerking is dus ook nagenoeg gelijk.

Roldeur N4 is een geklonken constructie. Hierin is naar verwachting meer staal gebruikt dan in de overige deuren. Deze hoeveelheid staal zal na verwachting geen grote consequenties hebben op de spanningen door de globale krachtswerking.

Verwacht wordt dat roldeuren N1 t/m N3 nagenoeg dezelfde belasting op kunnen nemen als roldeur N4, aangezien de weerstandsmomenten van de deuren niet veel van elkaar afwijken. Dit bevestigt dat verwacht wordt dat de UC's van roldeuren N1 t/m N3 onder 1,0 liggen.

7.5 Analyse inspectierapport

Er zijn bij de inspectie van de roldeur geen constatering gedaan die invloed hebben op de staalanalyse.

7.6 Beheer en onderhoud

Op basis van deze analyse zijn er geen aanvullende adviezen met betrekking tot beheer en onderhoud voor dit onderdeel.

7.7 Conclusie

Op basis van de uitgangspunten die gehanteerd zijn voor de berekening van de roldeuren kan worden vastgesteld dat de roldeuren voldoen aan de gehanteerde eisen.

Tabel 7 – Toetsingsresultaat roldeuren

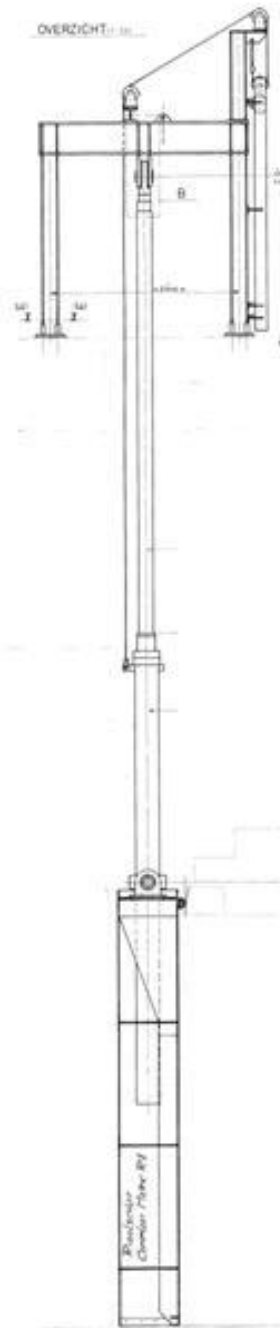
Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Roldeur	< 1,00	-	Overbelasten	Ja ⁽¹⁾

Toelichting:

(1) Gebaseerd op de vergelijking van de hydraulische randvoorwaarden. De hydraulische randvoorwaarden opgesteld in het kader van T0-IJmuiden zijn ca. 5,4% zwaarder dan die gebruikt voor het ontwerp van roldeuren N1 t/m N3. Verwacht wordt echter dat deze marge zodanig klein is dat de veiligheid gewaarborgd blijft. Een vergelijking van roldeuren N1 t/m N3 met roldeur N4 toont bovendien aan dat verwacht wordt dat roldeuren N1 t/m N3 nagenoeg even zwaar zijn uitgevoerd als roldeur N4.

8 Riolschuiven (FMECA-Id 90.3)

8.1 Beschrijving



De Noordersluis beschikt over 10 riolschuiven, één per omloopriool. Er zijn ook 2 reserveschuiven aanwezig op de deurenbergplaats. De huidige schuiven dateren uit 1988 en zijn gebouwd als 'ongedeelde glijschuiven'. De omloopriolen zijn ca. 5,80 meter hoog en 3,05 m breed. Ter plaatse van de riolschuiven zijn de omloopriolen minder breed. De schuiven zijn 6,025 m hoog en ca. 3,0 m breed. Hiermee kunnen de omloopriolen dus volledig afgesloten worden.

Het systeem met de schuif en de constructie ten behoeve van het aandrijfsysteem zijn hiernaast afgebeeld. De schuif wordt door middel van een hydraulisch systeem opengetrokken en dichtgedrukt. Dit systeem is bovengronds gekoppeld aan een stalen portaal.

De schuif bestaat uit verticale en horizontale liggers met aan één zijde een waterkerende plaat. Verbindingen zijn hoofdzakelijk uitgevoerd als laswerken.

Figuur 14 – Zijaanzicht riolschuif en constructie t.b.v. aandrijving

8.2 Analyse van bestaande documenten

Voor de rioolschuiven zijn in het archief van Rijkswaterstaat geen berekeningsdocumenten of bestaande inspectierapporten aangetroffen. Er zijn wel tekeningen aangetroffen waarvan een overzicht in onderstaand tabel is terug te vinden. Deze tekeningen staan tevens in het meegeleverde opleverdossier.

Tabel 8 – Overzicht beschikbare tekeningen rioolschuiven

Tekeningnr.	Naam
24-32024	Overzichtstekening binnensluishoofd 1
24-38030	Overzichtstekening binnensluishoofd 2
25-38039	Buitensluishoofd Doorsneden en detail
25-38040	Buitensluishoofd Doorsneden pompkoker en schuifspinningen
86-32033	Rioolschuiven Frame
86-32037	Rioolschuiven Hoofdframe
86-32073	Rioolschuiven + Doorsneden
86-32082	Overzicht rioolschuif en bewegingswerk

Uit bovenstaande tekeningen is voldoende informatie beschikbaar om de constructie opnieuw uit te rekenen.

8.3 Berekeningen

Er zijn alleen tekeningen beschikbaar voor de rioolschuiven. Op basis hiervan worden nieuwe berekeningen uitgevoerd. De volledige berekening van de rioolschuiven bevindt zich in Bijlage 4. Hieronder worden de belangrijkste uitgangspunten en resultaten toegelicht.

8.3.1 *Uitgangspunten*

Dezelfde uitgangspunten als voor de roldeuren worden aangehouden, inclusief de golfbelastingen. Daarmee kan gesteld worden dat Belastinggeval 2 maatgevend is: deze zorgt voor een representatieve uniform verdeelde belasting van 60,7 kN/m². Hierbij wordt een belastingfactor van $\gamma = 1,25$ gebruikt. Daarboven is het eigen gewicht in rekening gebracht, in combinatie met wrijving.

Uit de tekeningen is duidelijk geworden dat een staalkwaliteit S235 is gebruikt.

8.3.2 *Berekeningsresultaten*

De maatgevende Unity Check heeft betrekking tot de onderste ligger. Hierbij is de UC in de UGT gelijk aan 0,20. Met betrekking tot het eigen gewicht en de wrijving loopt de UC in de maatgevende verticale ligger niet hoger dan 0,08. Hierbij is geen rekening gehouden met mosselaangroei. Er is daarom een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd: de UC van de verticale ligger kan tot 0,19 oplopen indien het gewicht van de mosselaangroei gelijk is aan het gewicht van de rioolschuiven.

De spanningen voor de vermoeiing zijn dermate laag dat geen er geen schade wordt verwacht.

8.4 Analyse inspectierapport

Er zijn bij de inspectie van de rioolschuif geen constatering gedaan die invloed hebben op de staalanalyse.

8.5 Beheer en onderhoud

Na aanleiding van de resultaten van de analyse en de inspectie hoeven er geen extra maatregelen genomen te worden m.b.t. beheer en onderhoud.

8.6 Conclusie

De rioolschuif is geanalyseerd en hieruit volgt onderstaand resultaat.

Tabel 9 – Toetsingsresultaat rioolschuif

Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Schuif	0,20	-	Overbelasten	Ja

Qua vermoeiing wordt een oneindig levensduur verwacht.

9 Caisson en schotbalken (FMECA-Id 52.1)

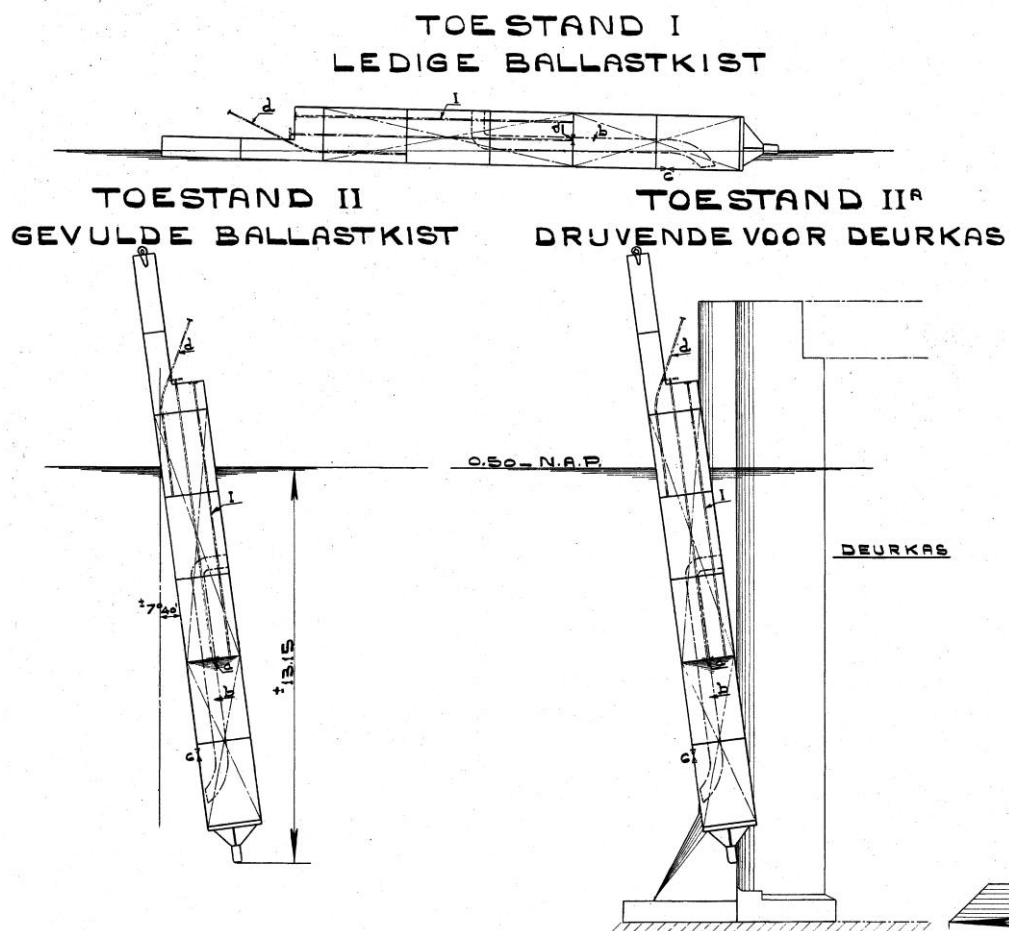
9.1 Beschrijving

9.1.1 Inleiding

De caisson is in de jaren 20 van vorige eeuw ontworpen voor de afsluiting van de deurkassen. De schotbalken dateren uit de jaren 80 van de vorige eeuw ter vervanging van de caisson. De caisson wordt echter nog wel als reserve-afsluiting gebruikt, waarbij het onderste deel (passtuk) voor beide constructies kan worden ingezet.

9.1.2 Caisson

De caisson is een drijvend element dat afgezonken kan worden en ter plaatse van de deurkas geplaatst kan worden. Om de caisson af te zinken wordt de ballastkist gevuld met water, zoals hieronder is afgebeeld.



Figuur 15 – Afzinkproces caisson (bron: tekeningnr. 26-38015)

Aan beide zijden van de caisson is beplating aanwezig. Daartussen bevindt zich de ballastkist. De caisson reikt de gehele hoogte van kolk en via de aanslagen aan de zijanten en onderzijde wordt de waterdichtheid gegarandeerd.

9.1.3 *Schotbalken*

De schotbalken zijn elementen die boven elkaar gestapeld worden bij de ingang van de oostelijke deurkas van het buitenhoofd. Er bevindt zich dan geen water in de deurkas. In onderstaand figuur is de situatie met de schotbalken weergegeven.



Figuur 16 – Schotbalken voor binnenste deurkas van buitenhoofd

De constructie wordt door middel van geleidesteunen aan de deurkas klemgezet.

9.1.4 *Onderhoudsschuiven*

De onderhoudsschuif voor de riolen zijn bedoeld om de rioolschuiven droog te kunnen zetten. De onderhoudsschuiven moeten aan beide zijde van de rioolschuiven geplaatst worden, waartussen het water verwijderd kan worden.



Figuur 17 – Onderhoudsschuif

De onderhoudsschuiven bestaan uit verticale en horizontale liggers waartussen een plaat aanwezig is. Er zijn vier onderhoudsschuiven nodig om een riolschuif droog te kunnen zetten (2 per zijde).

9.2 Analyse van bestaande documenten

Er zijn van de caisson en schotbalken enkel tekeningen aangetroffen in het archief van Rijkswaterstaat. Een overzicht van de tekeningen is terug te vinden in de twee onderstaande tabellen. De tekeningen bevinden zich in het meegeleverde opleverdossier. Van de onderhoudsschuiven zijn geen documenten aangetroffen.

Tabel 10 – Overzicht beschikbare tekeningen caisson

Tekeningnr.	Naam
25-38018	Caissonbeplatingen
25-38019	Caissonverstijvingen
25-38020	Caissonregels
25-38021	Caissonregels
26-32139	IJzeren afsluitcaisson voor de deurkassen
26-38015	Positie en belastingsdiagram
70-32042	Afsluitcaisson voor deurkassen

Tabel 11 – Overzicht beschikbare tekeningen schotbalken

Tekeningnr.	Naam
NHKA-2002-32046	Overzicht en aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32047	Overzicht en aanpassing schotbalk B
NHKA-2002-32048	Overzicht en aanpassing schotbalk C
NHKA-2002-32049	Onderdelen aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32050	Samenstelling passtuk
NHKA-2002-32051	Passtuk met geleidesteunen
NHKA-2002-32052	Details passtuks met geleidesteunen
NHKA-2002-32053	Afdichting onderrand en zijkanten passtuk
NHKA-2002-32054	Horizontale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32055	Verticale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32056	Ondergedeelte passtuk
NHKA-2002-32057	Onderdelen geleidesteunen
NHKA-2002-32058	Onderdelen afdichting
NHKA-2002-32059	Hijsvoorziening voor afsluiting deurkasmond – hijsstuk

9.3 Berekening

Er zijn alleen tekeningen beschikbaar voor de caisson en schotbalken. Op basis hiervan worden nieuwe berekeningen uitgevoerd. De volledige berekeningen van de caisson en schotbalken bevinden zich in Bijlage 5. Hieronder worden de belangrijkste uitgangspunten en resultaten toegelicht.

9.3.1 *Uitgangspunten*

Deze onderdelen zorgen ervoor dat de deuren volledig droog kunnen staan. Dit geschiedt in principe gedurende alle weersomstandigheden. De maatgevende situatie is daarom de situatie waarbij de waterstand in de kolk op NAP + 3,40 m staat in combinatie met een waterbeweging van 0,25 m, conform de hydraulische randvoorwaarden opgesteld in het analyserapport Waterbouw (R-150). Hierbij een belastingfactor van $\gamma = 1,25$ gebruikt in de UGT.

9.3.2 *Berekeningsresultaten*

Uit de berekeningen volgt dat de caisson net niet voldoet ($UC = 1,06$) in de UGT maar wel in de BGT ($UC = 0,85$). Dit heeft betrekking tot de sterkte van de maatgevende horizontale ligger en bij de aanname dat de staalkwaliteit S235 betreft.

De UC van de schotbalken ligt lager: $UC = 0,86$ in de UGT.

9.4 Analyse inspectierapport

In het inspectierapport (R-160) komen geen gebreken naar voren.

9.5 Beheer en onderhoud

Na aanleiding van de resultaten van de analyse en de inspectie hoeven er geen extra maatregelen genomen te worden m.b.t. beheer en onderhoud.

9.6 Conclusies

De caisson en schotbalken zijn geanalyseerd en hieruit volgen de resultaten zoals aangegeven in Tabel 12.

Tabel 12 – Toetsingsresultaat caisson en schotbalken

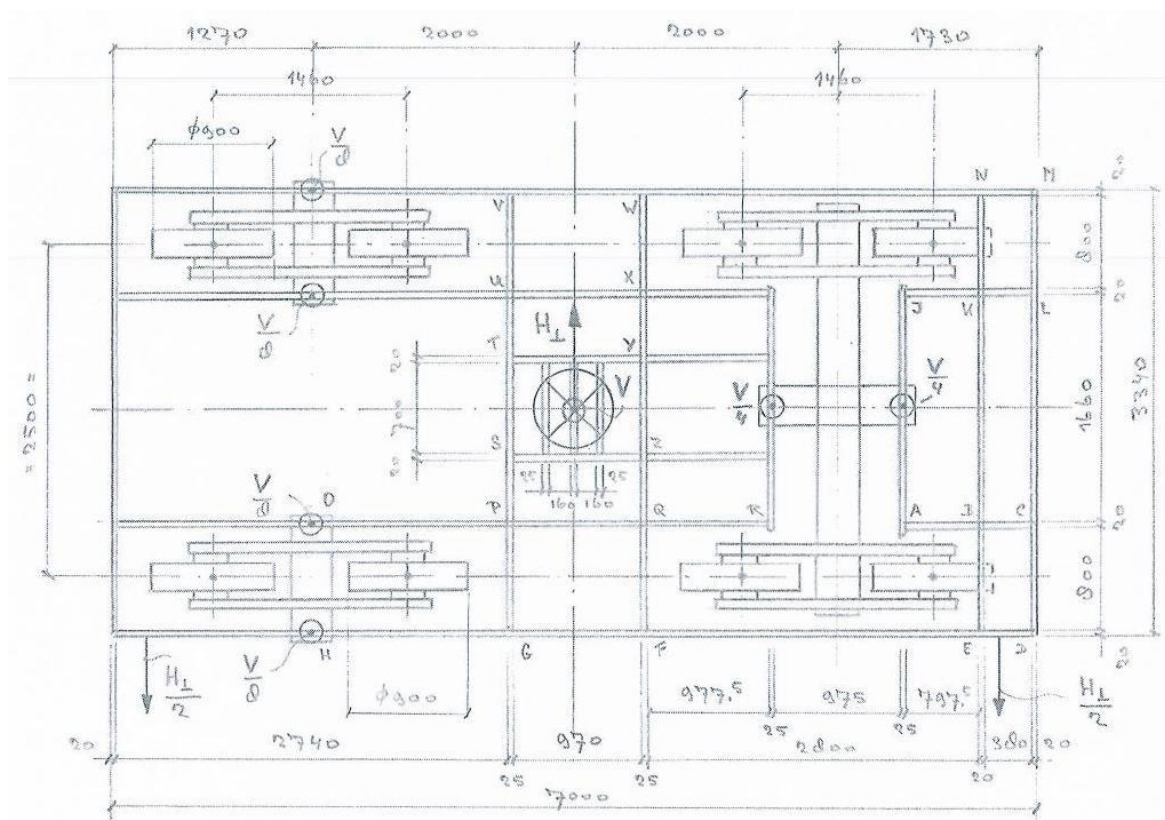
Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Caisson	1,06	0,85	Overbelasten	Ja, in BGT
Schotbalk	0,92	-	Overbelasten	Ja

10 Rolwagen (FMECA-Id 1.37)

10.1 Beschrijving

De onderrolwagens dateren uit de jaren 80, ten tijde van de vervanging van de roldeuren N1 t/m N3. Hierbij is tevens de railconstructie aangepast dat smaller is geworden. De constructie van roldeur N4 is hier lokaal ook op aangepast. De onderrolwagens bevinden zich constant onder water, op de bodem van de sluishoofd.

Ieder roldeur beschikt over twee onderrolwagens, elk met acht wielen, zoals in onderstaande tekening is te zien.



Figuur 18 – Bovenaanzicht onderrolwagen

10.2 Analyse van bestaande documenten

10.2.1 Tekeningen

Van de bestaande onderrolwagens zijn geen relevante tekeningen teruggevonden in het archief van Rijkswaterstaat.

10.2.2 *Berekeningen*

De berekeningen van de onderrolwagens zijn in het archief terug gevonden. Een overzicht hiervan is in onderstaand tabel te zien. Opgemerkt wordt dat in de berekening een eenvoudige overzichtstekening van de onderrolwagen is terug te vinden.

Tabel 13 – Overzicht beschikbare berekeningen onderrolwagen

Berekeningnaam	Inhoud
Belasting op rolwagens en rails	Beschrijving van de belastingen waarmee gerekend wordt in de berekening van de onderrolwagens.
Berekening Onderrolwagen	Berekening van de onderrolwagens: Werktuigbouwkundige onderdelen Stalen onderdelen

Bovenstaande documenten zijn terug te vinden in het meegeleverde opleverdossier van de Noordersluis.

10.2.3 *Overige documenten*

Er zijn van de sluisdeuren geen andere documenten (inspectierapporten e.d.) in het archief van Rijkswaterstaat aangetroffen.

10.3 **Controle berekeningen**

De bestaande berekeningen worden gecontroleerd en aangepast aan de hand van de nieuwe normen en belastingen. De volledige controle van de berekening is in Bijlage 6 terug te vinden. Alleen de staalonderdelen worden hierin behandeld. De werktuigbouwkundige onderdelen zijn in het analyserapport Werktuigbouw (R-130) terug te vinden.

Opvallend in de bestaande berekeningen is dat voor de belastingen de gemiddelde waterstanden en het hierbij horende gewicht van de roldeur zijn aangehouden voor de berekening van de rolwagen. Hoewel de spanningen laag zijn, lijkt dit niet juist te zijn. Een lagere waterstand zorgt namelijk voor een hogere eigen gewicht.

Onduidelijk is waaraan de spanningen zijn getoetst: aangezien er geen belastingfactoren worden gebruikt, wordt aangenomen dat er een belasting op de toelaatbare spanning is gezet. Hiervoor werd volgens VOSB 1963 een factor van 1,50 aangehouden. Indien wordt uitgegaan van een staalkwaliteit S235, is de toelaatbare spanning 157 N/mm². Alle berekende spanningen vallen hieronder.

Aan de hand van het nieuwe gewicht bij een waterstand van NAP -3,00 m (dat overeenkomt met een frequentie van 1/10.000 jaar), de beschreven overige belastingen en de gehanteerde belastingfactoren is een verhogingsfactor bepaald waarmee de spanningen verhoogd zijn. De Unity Checks zijn vervolgens bepaald door de vloeispanning toe te laten: $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$.

Hieruit volgt dat de maatgevende UC gelijk is aan 0,67.

10.4 Analyse inspectierapport

Alleen de reserve rolwagens op de bergplaats zijn geïnspecteerd. In het inspectierapport (R-160) komen geen gebreken naar voren. Van de rolwagens die momenteel in gebruik zijn is de staat niet bekend.

10.5 Beheer en onderhoud

Na aanleiding van de resultaten van de analyse en de inspectie hoeven er geen extra maatregelen genomen te worden m.b.t. beheer en onderhoud. Opgemerkt wordt dat er altijd minstens één set reserve rolwagens aanwezig is. Wanneer de roldeuren worden verwisseld worden ook de rolwagens verwisseld. De rolwagens die uit het water worden gehaald worden ook gerenoveerd voordat ze bij de volgende wisseling van de deuren worden herplaats.

10.6 Conclusie

De berekeningen van de onderrolwagen zijn gecontroleerd. Ondanks dat er oorspronkelijk gunstige belastingen zijn aangehouden, voldoet de huidige constructie nog.

Tabel 14 – Toetsingsresultaat onderrolwagen

Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Rolwagen (Staal)	0,67	-	Overbelasten	Ja

Bovenstaande resultaat betreft alleen het staalgedeelte van de rolwagen. De wielen vallen onder het discipline Werktuigbouw en zijn daarom in het analyserapport Werktuigbouw (R-130) geanalyseerd.

11 Onderhoudsschuif (FMECA-Id 52.1)

11.1 Beschrijving

De onderhoudsschuiven worden gebruikt om de riolen af te zetten tijdens werkzaamheden aan de riolschuif. Een schuif bestaat uit twee delen die boven elkaar geplaatst kunnen worden en vervolgens aan elkaar verbonden kunnen worden. De schuiven zijn opgeborgen in de schuivengebouwen aan de zuidzijde van de sluiscolk.



Figuur 19 – Onderhoudsschuiven

De twee delen verschillen enigszins van elkaar. Het onderste deel telt drie horizontale liggers, het bovenste twee liggers. De bovenste schuif is in bovenstaande figuur te zien.

Het is onduidelijk wanneer de schuiven zijn ontworpen en gemaakt.

11.2 Analyse van bestaande documenten

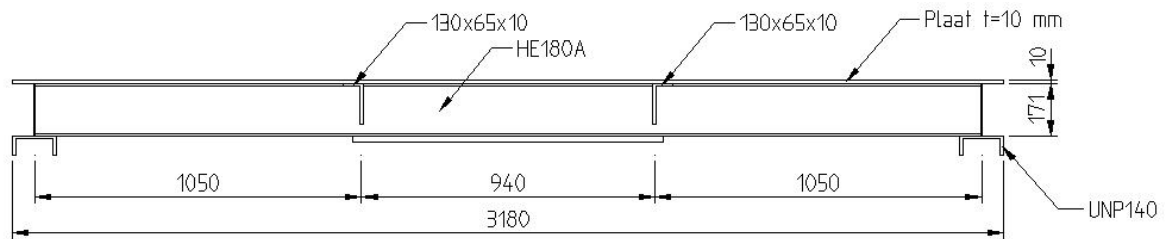
Er is geen enkel document teruggevonden van de onderhoudsschuiven in het archief van Rijkswaterstaat. Om een analyse te kunnen maken is daarom besloten de schuiven op te meten.

De volgende metingen zijn uitgevoerd:

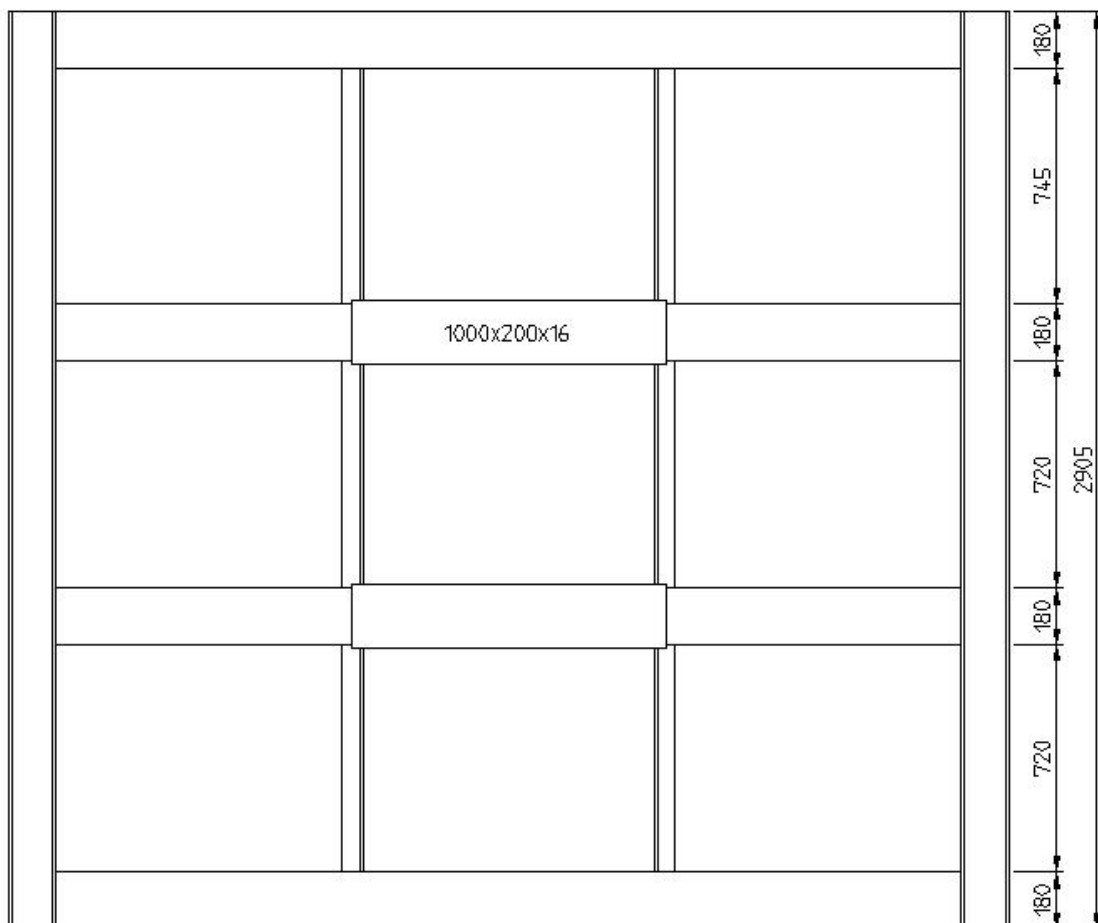
- Diktemetingen van de plaat op verschillende plaatsen van de boven- en onderschuif.
- Hoogte-, breedte-, flens- en lijfdikte metingen van profielen.
- Hoofdafmetingen van de constructie.

De staalkwaliteit van de schuif is onduidelijk. Aangenomen wordt dat staalkwaliteit S235 is gebruikt.

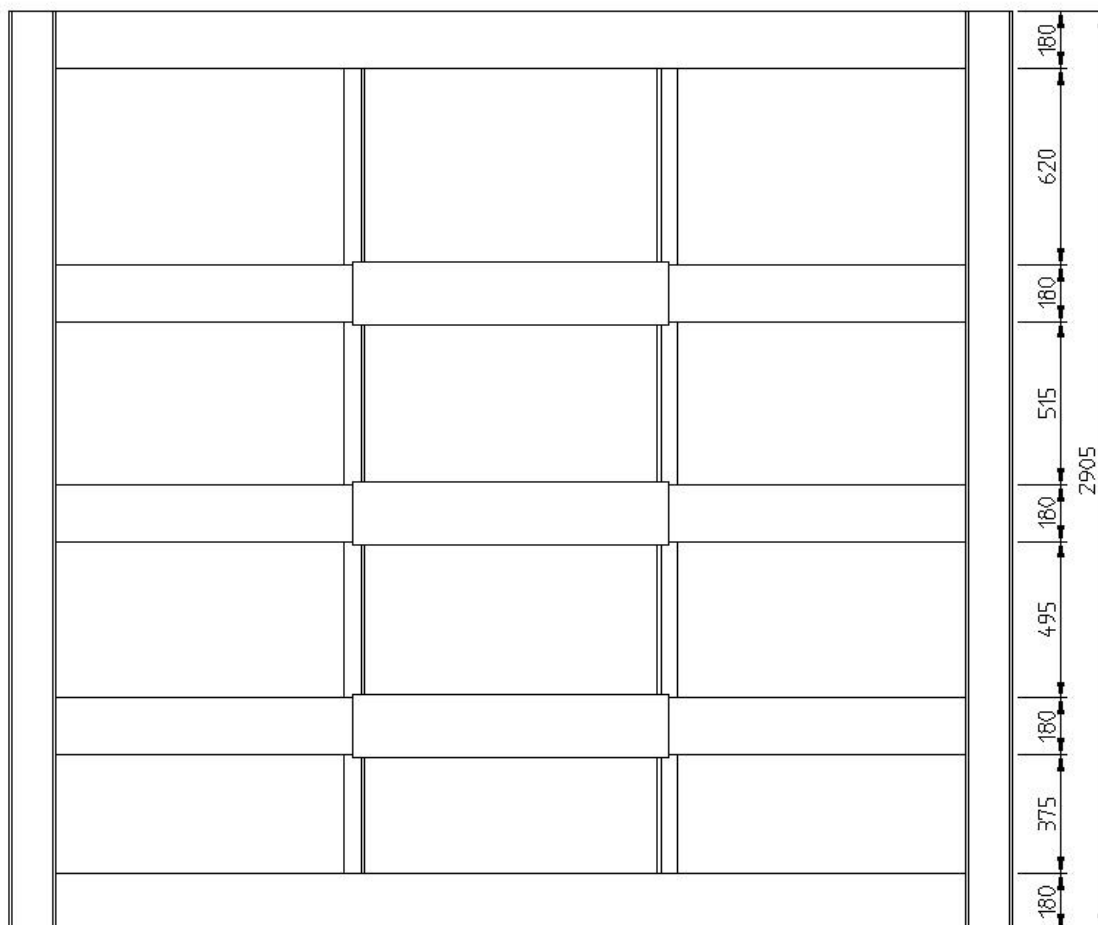
Uit de verrichte metingen volgen de maten zoals aangegeven in de volgende figuren.



Figuur 20 - Bovenaanzicht



Figuur 21 – Achteraanzicht (open zijde) van bovenste schuifdeel



Figuur 22 - Achteraanzicht (open zijde) van onderste schuifdeel

11.3 Berekening

De volledige berekening bevindt zich in Bijlage 7. De berekeningen zijn gebaseerd op de belastingen van de roldeuren en riolschuiven. Hieruit volgt dat Belastinggeval 2 maatgevend is (zie vergelijking uitgangspunten Roldeuren).

De horizontale liggers zijn beschouwd. De maatgevende belasting is $q_d = 43,8 \text{ kN/m'}$. Hierbij geldt een belastingfactor van $\gamma = 1,25$. Zowel controle op dwarskracht en op moment zijn gecontroleerd waaruit de volgende Unity Checks volgen:

Dwarskracht: UC = 0,48

Moment: UC = 0,26

11.4 Analyse inspectierapport

In het inspectierapport (R-160) komen, naast beschadigde conservering en roestvorming, geen gebreken naar voren.

11.5 Beheer en onderhoud

Na aanleiding van de resultaten van de analyse en de inspectie hoeven er geen extra maatregelen genomen te worden m.b.t. beheer en onderhoud.

11.6 Conclusie

Er zijn nieuwe berekeningen voor de onderhoudsschuiven uitgevoerd. Door gebrek aan informatie zijn de schuiven opnieuw ingemeten. Tevens is een aanname gedaan voor de staalkwaliteit. Op basis hiervan kan gesteld worden dat de onderhoudsschuiven nog voldoen aan de gehanteerde normen.

Tabel 15 – Toetsingsresultaat onderhoudsschuiven

Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Onderhoudsschuiven	0,48	-	Overbelasten	Ja

12 Remmingwerken (FMECA-Id 56.17) en geleidewerken (FMECA-Id 62.19)

12.1 Beschrijving

De afmeervoorzieningen bevinden zich direct buiten de hoofden van de sluis. Hierbij zijn twee typen toegepast: drie houten geleidewerken en één stalen, zoals in onderstaande figuren is aangegeven.



Figuur 23 – Houten remmingwerk



Figuur 24 – Stalen remmingwerk (noord-west van sluis)

In de sluiscolk zijn geleidewerken aangebracht in de vorm van drijfrahmen, die met kettingen aan de kolkwand bevestigd zijn, zoals in onderstaand figuur is aangegeven.



Figuur 25 – Geleidewerk aan westzijde (drijfrahmen)

Conform de afspraken met Rijkswaterstaat worden de remmingwerken en geleidewerken kwalitatief beoordeeld op basis van de inspectieresultaten.

12.2 Analyse van bestaande documenten

Er zijn geen documenten aangetroffen in het archief van Rijkswaterstaat met betrekking tot de afmeervoorzieningen en geleidewerken.

12.3 Analyse inspectierapport

Uit het inspectierapport volgt dat bij het houten remmingwerk materiaalafname (tot 5 cm) ter plaatse van de waterlijn is waargenomen. Hierbij wordt opgemerkt dat Rijkswaterstaat hiervan op de hoogte is: het houten remmingwerk wordt pas vervangen nadat het aangevaren wordt. Voor de vervanging van het houten remmingwerk ligt reeds een bestek bij District Noord-Holland.

Bij de verbindingsbruggen geldt dat alle roosters zwaar gecorrodeerd zijn.

De drijfrahmen in de colk zijn in het inspectierapport geanalyseerd in paragraaf 4.40.9. Er wordt gesproken over de volgende schadebeelden:

1. Onbalans (deels onder water liggen van houten drijfrahmen).
2. Houtrot.
3. Kettingcorrosie
4. Deels weggehakte wanden i.v.m. ruimte geven aan kettingen.

Schades 1 en 2 worden opgelost bij vast onderhoud (hierin is opgenomen dat een deel van de drijfrahmen jaarlijks wordt vervangen / gereviseerd).

Schade 3 is een aandachtspunt voor de volgende inspecties.

12.4 Beheer en onderhoud

Geadviseerd wordt het houten remmingwerk te vervangen (zoals reeds in de planning staat van Rijkswaterstaat District Noord-Holland). Bovendien wordt aanbevolen de rooster van alle verbidingsbruggen te vervangen.

12.5 Conclusie

Op basis van de inspectie kan geconcludeerd worden dat de huidige remmingwerken niet voldoen aan de gehanteerde eisen. De drijframen in de sluis kolk dienen opgeknapt te worden in het jaarlijkse vaste onderhoud.

Tabel 16 – Toetsingsresultaat remmingwerk

Onderdeel	UC [UGT]	UC [BGT]	Bezwijkmechanisme	Voldoet?
Remmingwerk	-	-	Overbelasten	Nee, kwalitatief ⁽¹⁾
Drijfrahmen	-	-	Overbelasten	Ja, kwalitatief ⁽²⁾

Toelichting:

(1) Dit oordeel heeft voornamelijk betrekking tot het houten remmingwerk. De stalen remmingwerken voldoen nog wel.

(2) Bij genoemd vast onderhoud en toekomstige inspecties.

Geadviseerd wordt het remmingwerk te vervangen of zodanig te renoveren dat ze aan de huidige eisen voldoen.

13 Conclusie

13.1 Globale conclusie

Verwacht wordt dat alle onderdelen die noodzakelijk zijn voor het keren en schutten voldoen aan de huidige normen. De caisson daarentegen, dat als reserve voor de schotbalken ingezet kan worden, voldoet niet meer aan de huidige eisen. De remmingwerken zijn verouderd en op basis van de inspectie wordt verwacht dat ze niet meer voldoen aan de huidige eisen. Hiervoor is reeds een bestek beschikbaar bij

13.2 Conclusie per onderdeel

In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van alle unity check's van de beschouwde onderdelen van de Noordersluis.

Tabel 17 Overzicht resultaten

FMECA-Id	Onderdeel	UC (UGT)	UC (BGT)	Voldoet?
60.6	Roldeur	< 1,00 ⁽¹⁾	-	Ja
90.3	Riolschuiven	0,08	-	Ja
52.1	Caisson	1,06	0,85	Ja, in BGT
52.1	Schotbalken	0,92	-	Ja
1.37	Rolwagen (<i>Staal</i>) ⁽²⁾	0,67	-	Ja
52.1	Onderhoudsschuiven	0,48	-	Ja
56.17	Geleidewerken	-	-	Nee ⁽³⁾
62.19	Drijfrahmen	-	-	Ja ⁽⁴⁾

Toelichting:

(1) De toetsing van de roldeur is gebaseerd op een vergelijking van de uitgangspunten van de oorspronkelijke deuren met de hydraulische randvoorwaarden opgesteld in het kader van het T0-onderzoek.

(2) Het staal gedeelte van de rolwagen is geanalyseerd. Het werktuigbouwkundig deel is in het analyserapport R-130 terug te vinden.

(3) Deze conclusie is gebaseerd op de inspectiegegevens en een kwalitatieve beschouwing hiervan.

(4) Deze conclusie is gebaseerd op de inspectiegegevens en een kwalitatieve beschouwing hiervan. Resultaat is gebaseerd op het feit dat er jaarlijks vast onderhoud wordt gepleegd.

De geleidewerken (zowel hout als staal) zijn aan vervanging toe. Uitgaande van het type scheepvaartverkeer dat gebruik maakt van deze sluis zijn de huidige geleidewerken te licht uitgevoerd. De geleidewerken (drijfrahmen) in de kolk worden onderhouden middels vast onderhoud.

13.3 Nieuwe risico's

In hoofdstuk 2 zijn enkele nieuwe risico's benoemd. Nieuwe normen en gewijzigde belastingen hebben alleen invloed gehad op de toetsresultaten van de caisson. In geval van eventueel achterstallig onderhoud wordt een advies gegeven in het inspectierapport R-160.

Bijlage 1 Revisiebeheer

Tabel 18 - Revisiebeheer

Revisie	Wijzigingen
0.2	Tussenstand t.b.v. Rijkswaterstaat, d.d. 12-07-2011
1C	Definitief concept
2D	Definitief

Bijlage 2 Inhoudsopgaven berekeningsdocumenten Roldeuren

In deze bijlage is de inhoudsopgave van de berekeningen van de roldeuren terug te vinden.

Berekening	Pagina
-------------------------	---------------

Berekeningen aanpassing 4 ^{de} roldeur (BSS-0001-03 en 04 Berekening Roldeur 4.pdf)	40
--	----

Berekeningen van roldeuren N1 t/m N3 (niet in opleverdossier)	41
---	----

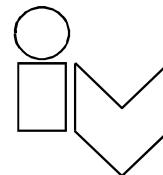
Berekening aanpassing roldeur N4

Inhoudsopgave	Locatie
0 Inhoudsopgave	BSS_0001_23 Deel 2
1 Inleiding / doel van de berekening	BSS_0001_23 Deel 2
2 Algemeen	BSS_0001_23 Deel 2
3 Samenvatting en conclusies	BSS_0001_23 Deel 2 (leeg)
4 Wijziging / aanpassing Deur 4	BSS_0001_23 Deel 1 (zie onderstaand) BSS_0001_23 Deel 2 (status onduidelijk)
4.1 Modellerig	BSS_0001_23 Deel 1
4.2 Tekeningen model	BSS_0001_23 Deel 1
4.3 Belastingen	BSS_0001_23 Deel 1
4.4 Uitvoer van de invoer	BSS_0001_23 Deel 1
4.5 Verplaatsingen	BSS_0001_23 Deel 1
4.6 Verdeling dwarsdragers horizontale vlakken	BSS_0001_23 Deel 1
4.7 Spanningen (plaatelamenten)	BSS_0001_23 Deel 1
4.8 Controle verbandstaven	BSS_0001_23 Deel 1
4.11 Wijziging/aanpassing i.v.m. nieuwe kielblokken	BSS_0001_23 Deel 1
4.12 Nieuwe opleggingen t.p.v. onderrolwagens best. Deur 4	BSS_0001_23 Deel 1
4.13 Wijziging / aanpassing rijdek + bovenged. Wand kanaalzijde best. Deur 4	BSS_0001_23 Deel 1
4.14 Extra stabiliteitsruimten	BSS_0001_23 Deel 1
4.15 Deur 4 tijdens schutbedrijf	BSS_0001_23 Deel 1 BSS_0001_22 Deel 2 (wijz. A) BSS_0001_23 Deel 2 (Aanvulling)
5 Opdrijven en afzinken	BSS_0001_23 Deel 2

Berekening roldeuren N1 t/m N3

Inhoudsopgave	Locatie
1.8 Reacties (model)	BSS_0001_21
1.9 Verplaatsingen (model)	BSS_0001_21
1.10 Spanningsplotjes	BSS_0001_21
3.1 Berekening plaat + verstijvingen	BSS_0001_20 Deel 1
3.2 Overzicht spanningen en stabiliteitscontrole	BSS_0001_20 Deel 1
3.3 Horizontaal verband	BSS_0001_20 Deel 1 (t/m blz. 41) BSS_0001_20 Deel 2 (vanaf blz. 42)
3.3.1 Maximale afstand koppelplaten en hoekstalen	BSS_0001_20 Deel 2
3.4 Verticaal verband	BSS_0001_20 Deel 2
3.5 Berekening rijdek	BSS_0001_22 Deel 1 BSS_0001_20 Deel 2
3.6 Waterkerende leuning	BSS_0001_20 Deel 2
3.7 Oplegging t.p.v. onderrolwagens	BSS_0001_20 Deel 2 (wijz. B)
3.8 Oplegging t.p.v. dokkielen	BSS_0001_20 Deel 2
3.11 Hijspunten	BSS_0001_22 Deel 1
3.12 Vijzelconstructie	BSS_0001_22 Deel 1 BSS_0001_20 Deel 2
3.13 Berekening verstijvingen op plaatwanden	BSS_0001_22 Deel 1
3.15.1 Detailberekening schetsplaten	BSS_0001_22 Deel 1 en Deel 2
3.15.2 Controle onderportalen bij as 1-3 en 23-25	BSS_0001_22 Deel 2
3.15.3 Verticalen in dwarsdoorsneden	BSS_0001_22 Deel 2
3.15.4 Controle vert. aanslag op as 1 en 25	BSS_0001_22 Deel 2
3.15.5 Controle lassen van bulbstaal in drijfkist met dwarschotten	BSS_0001_22 Deel 2
3.15.6 Bolders en trekogen	BSS_0001_22 Deel 2
3.15.8 Schrapers bij as 1 en 25 berekening + details	BSS_0001_22 Deel 2
3.16 Aanvullende detailberekeningen n.a.v. opmerkingen van RWS	BSS_0001_22 Deel 2
Bijlagen schutbedrijf	BSS_0001_17 Deel 1 BSS_0001_17 Deel 2 (incl. inhoudsopgave)

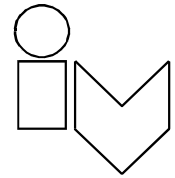
Bijlage 3 Vergelijking hydraulische randvoorwaarden roldeuren



VERGELIJKING HYDRAULISCHE RANDVOORWAARDEN ROLDEUREN

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	50
2	Uitgangspunten berekening roldeur N4	51
2.1	Inleiding	51
2.2	Belastinggevallen	51
2.2.1	Belastinggeval I	51
2.2.2	Belastinggeval IV	51
2.2.3	Belastingfactor	51
2.3	Belastingschema's	52
2.3.1	Belastinggeval I	52
2.3.2	Belastinggeval IV	53
3	Uitgangspunten berekening roldeuren N1 t/m N3	54
3.1	Inleiding	54
3.2	Belastinggevallen	54
3.2.1	Belastinggeval I – Extreme schutproces	54
3.2.2	Belastinggeval II (buitendeur).....	54
3.2.3	Belastinggeval III (buitendeur).....	54
3.2.4	Belastinggeval IV (binnendeur)	55
3.3	Belastingschema's	55
3.3.1	Belastinggeval I	55
3.3.2	Belastinggeval II	56
3.3.3	Belastinggeval IV	57
4	Hydraulische randvoorwaarden T0-IJmuiden	58
4.1	Inleiding	58
4.2	Belastinggevallen	58
4.2.1	Belastinggeval 1 (buitendeur).....	58
4.2.2	Belastinggeval 1 (binnendeur).....	58
4.2.3	Belastinggeval 2 (buitendeur).....	58
4.3	Belastingschema's	59
4.3.1	Belastinggeval 1 (Buitendeur)	59
4.3.2	Belastinggeval 1 (Binnendeur)	62
4.3.3	Belastinggeval 2	63
4.4	Verschil met laatste waterstanden	65
5	Vergelijking	66



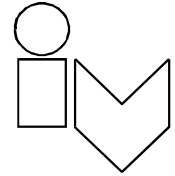
1 Inleiding

In deze bijlage worden de hydraulische uitgangspunten van de berekeningen van de deuren vergeleken. Op basis hiervan moet bepaald worden of de deuren voldoen aan de gestelde randvoorwaarden en of er nieuwe berekeningen uitgevoerd moeten worden.

De volgende documenten worden als basis van de vergelijking gebruikt:

- Berekeningen van de 4^e roldeur;
- Randvoorwaarden Belastingen, waarin de belastingen voor roldeuren N1 t/m N3 zijn beschreven;
- Analyserapport Waterbouw (R-150), waarin de hydraulische randvoorwaarden met betrekking tot T0-IJmuiden worden beschreven.

Bovenstaande documenten worden achtereenvolgens in hoofdstuk 2 t/m 4 besproken. In hoofdstuk 5 worden de uitgangspunten vergeleken.



2 Uitgangspunten berekening roldeur N4

2.1 Inleiding

Onderstaande informatie komt uit het berekeningsdocument van de 4^e roldeur. Het berekeningsdocument is in het centraal archief van Rijkswaterstaat terug te vinden in de volgende mappen:

- BSS_0001_03: Deel 1 Hoofdstuk 0 t/m 4;
- BSS_0001_03: Deel 2 Hoofdstuk 5 t/m 7;
- BSS_0001_04: Deel 1 Hoofdstuk 8 t/m 10;
- BSS_0001_04: Deel 2 Hoofdstuk 11 en 12.

Hoofdstuk 4 betreft de op de roldeur werkende belastinggevallen. De beschouwde belastingen worden hieronder samengevat.

2.2 Belastinggevallen

Er zijn 5 belastinggevallen beschreven, maar de twee maatgevende zijn voor de berekeningen beschouwd: belastinggeval I en IV. Voor alle belastingen geldt een dichtheid van het zeewater van 1025 kg/m³.

2.2.1 Belastinggeval I

Waterstand zeezijde hoge springvloed	NAP +3,70 m
Waterstand kanaalzijde extreem laag	NAP -0,80 m

Verval	4,50 m

Geen golven, wel bovenbelasting (op rijdek).

2.2.2 Belastinggeval IV

De buitendeur overstroomt en de kolk loopt vol tot NAP + 5,40 m. De waterstand in het kanaal is NAP - 0,70m.

Waterstand kolk	NAP +5,40 m
Waterstand kanaalzijde extreem laag	NAP -0,70 m

Verval	6,10 m

Geen golven en bovenbelasting.

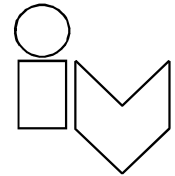
2.2.3 Belastingfactor

De 4^{de} roldeur is volgens VOSB 1963 ontworpen. Hierbij zijn geen belastingfactoren toegepast maar de toelaatbare spanningen verlaagd. Uit de berekening volgt dat er gebruik is gemaakt van Staalkwaliteit "Fe52", dat overeenkomt met de huidige S355. Voor de toelaatbare spanningen is het volgende aangehouden:

- Trekspanning: $\sigma_t = +2400 \text{ kg/cm}^2 = + 240 \text{ N/mm}^2$
- Drukspanning: $\sigma_d = -2100 \text{ kg/cm}^2 = - 210 \text{ N/mm}^2$

Voor de **trekspanning** komt dit tegenwoordig overeen met een belastingfactor $\gamma = 355 / 240 = 1,50$.

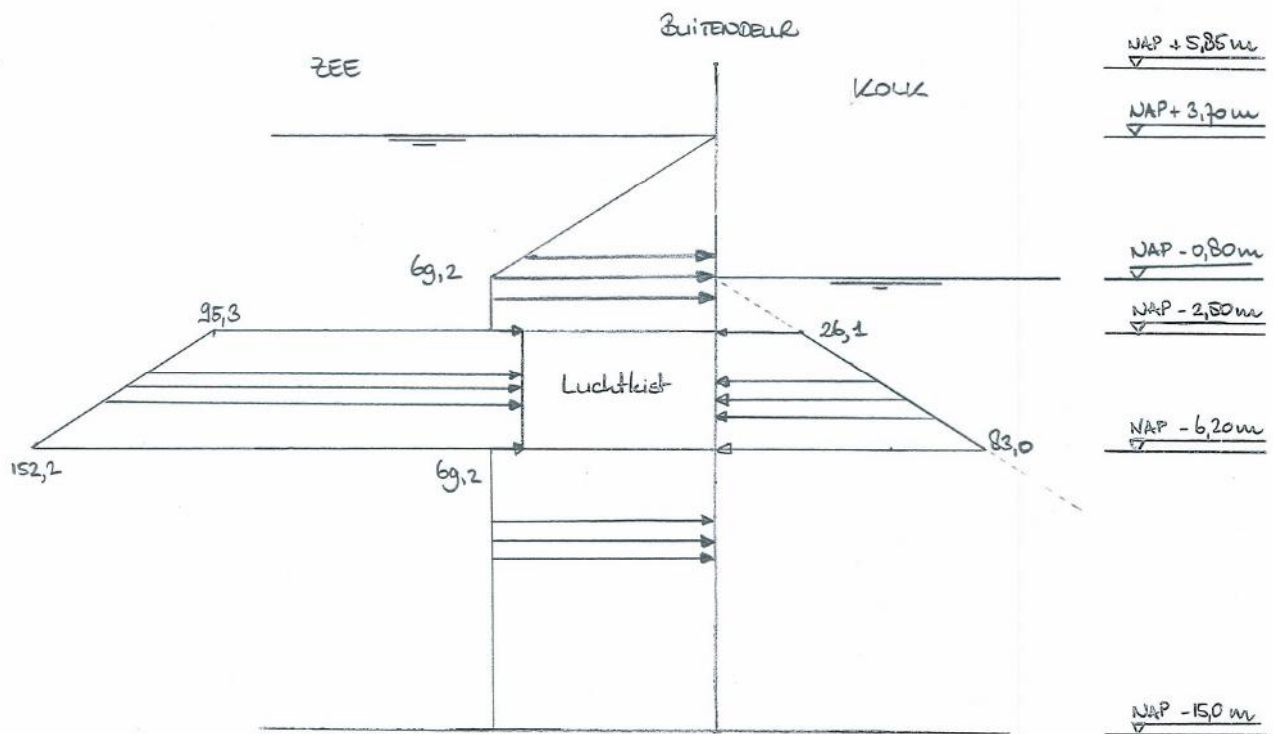
Voor de **drukspanning** komt dit tegenwoordig overeen met een belastingfactor $\gamma = 355 / 210 = 1,70$.



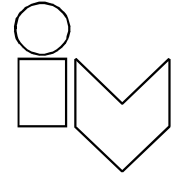
2.3 Belastingschema's

Onderstaande belastingschema's komen overeen met de belastinggevallen uit paragraaf 2.2. Om een goede vergelijking te kunnen trekken met de overige uitgangspunten zijn op deze belastingen de belastingfactoren toegevoegd. Voor alle gevallen is $\gamma = 1,50$ aangehouden, conform paragraaf 2.2.3.

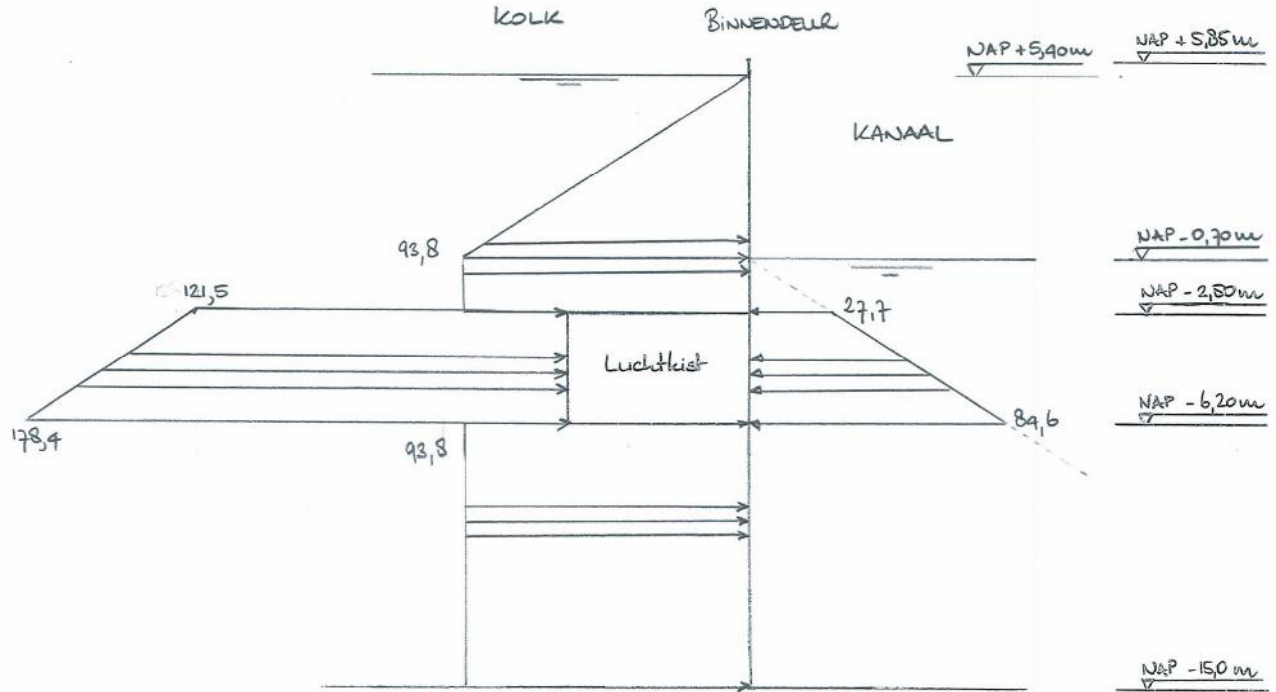
2.3.1 Belastinggeval I



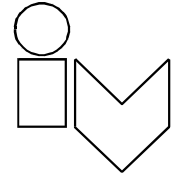
Figuur 1 – Belastinggeval I van Roldeur N4 (incl. belastingfactor $\gamma = 1,50$)



2.3.2 Belastinggeval IV



Figuur 2 - Belastinggeval IV van Roldeur N4 (incl. belastingfactor $\gamma = 1,50$)



3 Uitgangspunten berekening roldeuren N1 t/m N3

3.1 Inleiding

Onderstaande informatie komt uit het document Notitie Randvoorwaarden Belastingen opgesteld door Rijkswaterstaat (Dir. Bruggen) op 11 december 1987. Hoewel dit niet aangetoond kan worden, wordt verondersteld dat dit document als basis voor het ontwerp van roldeuren N1 t/m N3 is gebruikt. Het feit dat Rijkswaterstaat dit heeft opgesteld en dat het document in dezelfde periode (1988) is geschreven als de berekening van de roldeur wijzen hier sterk op.

3.2 Belastinggevallen

3.2.1 Belastinggeval I – Extreme schutproces

Max. schutpeil + haling	NAP +3,60 m
Min. kanaalpeil	NAP -0,80 m

Verval	4,40 m

Waterdichtheid zeezijde:	1025 kg/m ³
Waterdichtheid kolk:	1005 kg/m ³

Golf: $H = 1,0$ m - $T = 3,5$ s. Op bladzijde 5 van het document wordt vermeld $H = 0,1$ m en wordt er verwezen naar Figuur 8 waarin het drukverloop ten gevolge van de golf is. In dit figuur wordt met $H = 1,0$ m gerekend. Een golfhoogte van 1,0 m lijkt realistischer te zijn. Dit getal wordt dan ook aangehouden en er wordt vanuit gegaan dat de informatie op bladzijde 5 een typefout is.

Belastingfactor: $\gamma = 1,50$.

3.2.2 Belastinggeval II (buitendeur)

Gemiddelde buitenwaardenstand voorhaven	NAP + 6,15 m
Golf (20 kN/m ² bovenop)	+ 2,00 m
Waterstand in kolk (NAP +3,40m – slingering)	NAP + 3,00 m

Verval	5,15 m

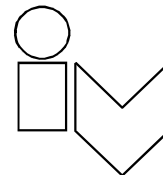
Waterdichtheid zeezijde en kolk:	1025 kg/m ³
Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.	

3.2.3 Belastinggeval III (buitendeur)

Gemiddelde buitenwaardenstand voorhaven	NAP + 6,15 m
Golf zee (20 kN/m ² bovenop)	+ 2,00 m
Waterstand in kolk	NAP + 4,08 m
Golf kolk (10 kN/m ² bovenop)	+ 1,00 m

Verval	3,07 m

Waterdichtheid zeezijde en kolk:	1025 kg/m ³
----------------------------------	------------------------



Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.

Dit belastinggeval is niet maatgevend ten opzichte van Belastinggeval II en wordt dus niet verder beschouwd.

3.2.4 Belastinggeval IV (binnendeur)

Waterstand in kolk	NAP + 4,08 m
Golf kolk (10 kN/m ² bovenop)	+ 1,00 m
Waterstand kanaalzijde	NAP – 0,47 m

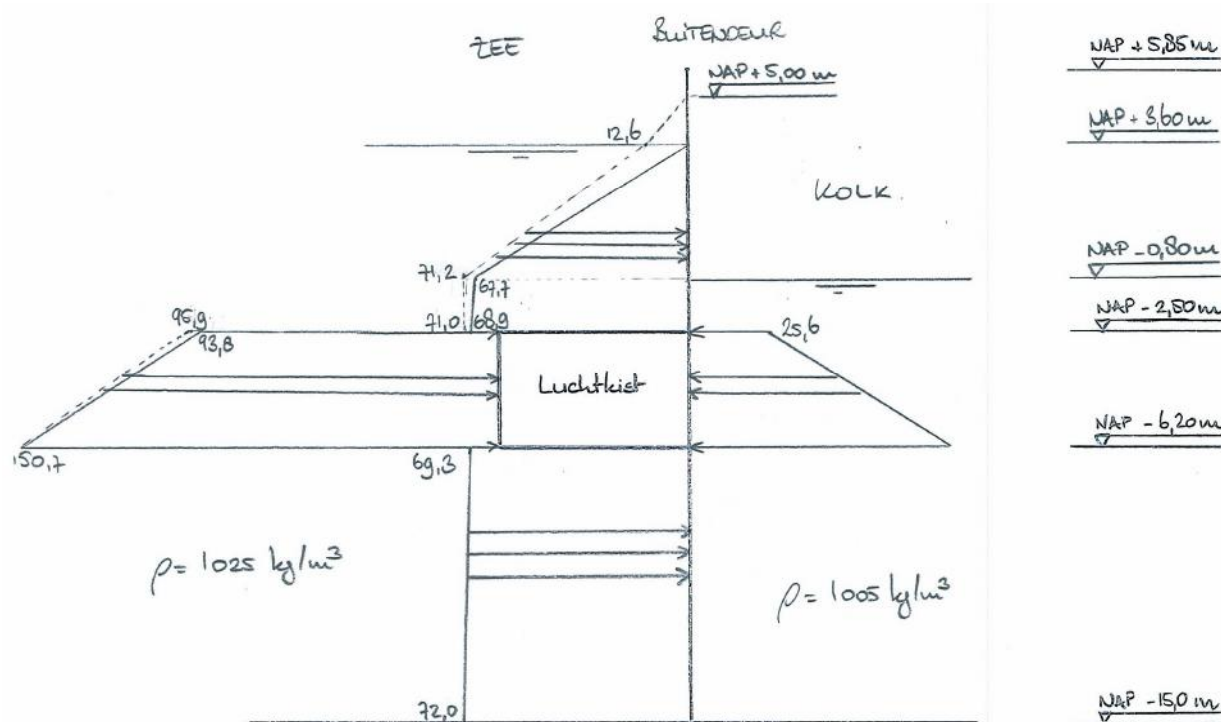
Verval	5,55 m

Waterdichtheid zeezijde en kolk: 1025 kg/m³
 Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.

3.3 Belastingschema's

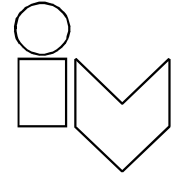
Onderstaande belastingschema's komen overeen met de belastinggevallen uit paragraaf 3.2. Om een goede vergelijking te kunnen trekken met de overige uitgangspunten zijn op deze belastingen de belastingfactoren toegevoegd. Voor Belastinggeval I is $\gamma = 1,50$ aangehouden en voor de overige belastinggevallen $\gamma = 1,25$.

3.3.1 Belastinggeval I

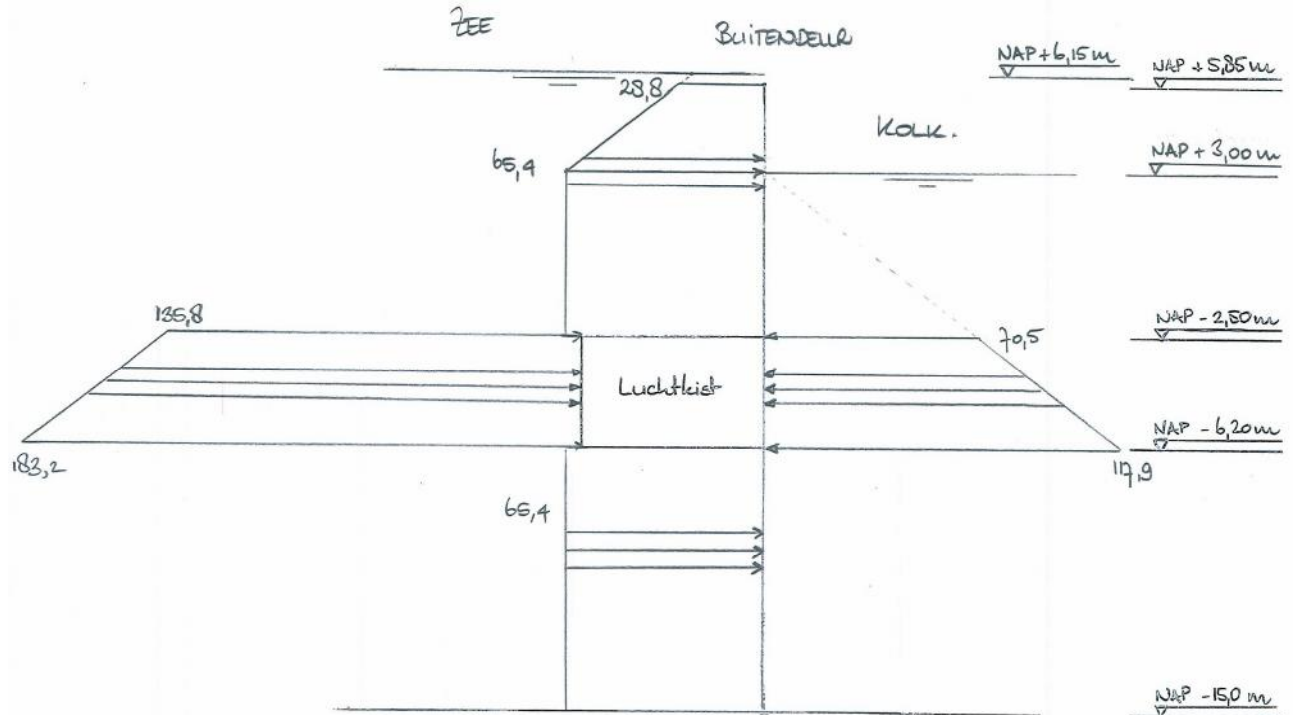


Figuur 3 - Belastinggeval I van Roldeuren N1 t/m N3 (incl. belastingfactor $\gamma = 1,50$)

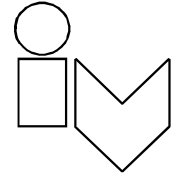
Het effect van de golfbelasting is in bovenstaand figuur weergegeven in gestippeld lijn. Onder het niveau van NAP -6,20 m is de belasting zodanig klein ($< 0,40$ kN/m²) dat het verwaarloosd is. Bovendien is het verloop enigszins vereenvoudigd ten opzichte van het oorspronkelijk verloop.



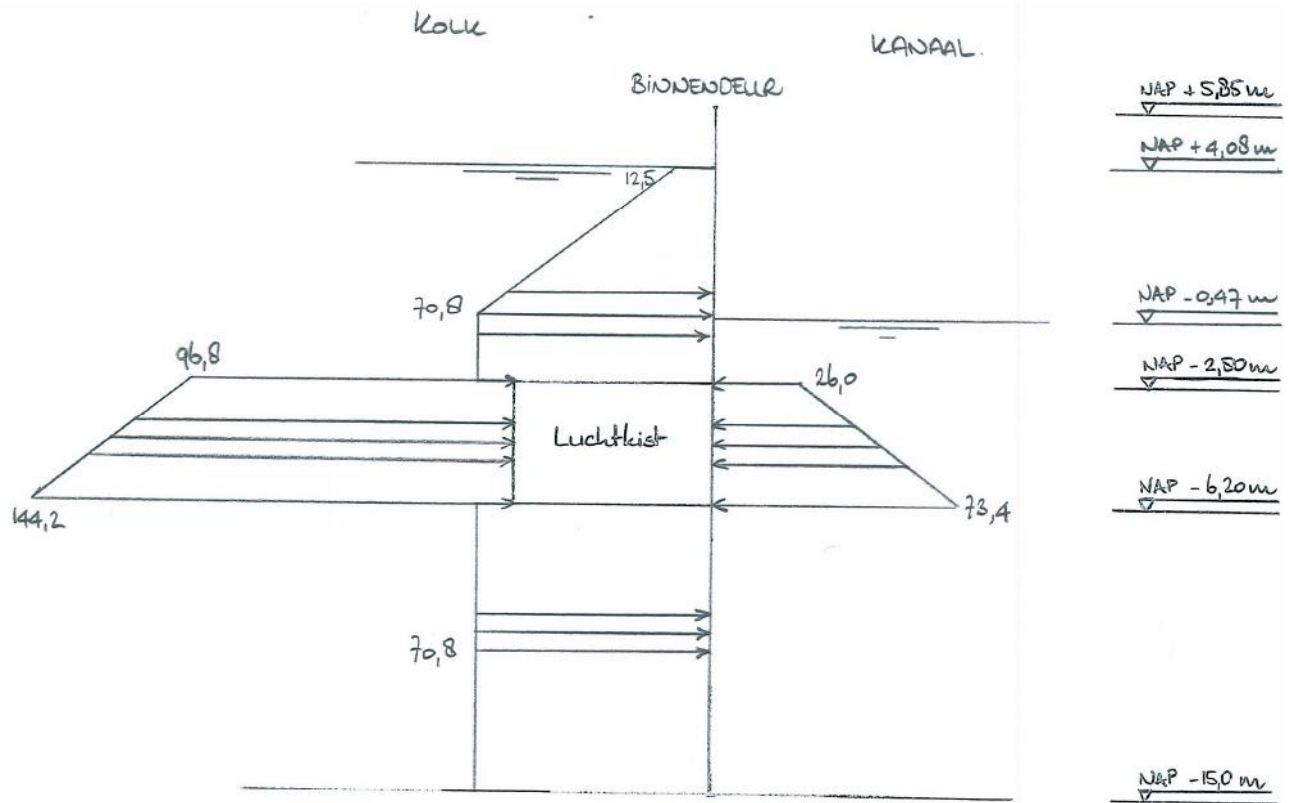
3.3.2 Belastinggeval II



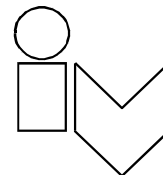
Figuur 4 - Belastinggeval II van Roldeuren N1 t/m N3 (incl. belastingfactor $\gamma = 1,25$)



3.3.3 Belastinggeval IV



Figuur 5 - Belastinggeval IV van Roldeuren N1 t/m N3 (incl. belastingfactor $\gamma = 1,25$)



4 Hydraulische randvoorwaarden T0-IJmuiden

4.1 Inleiding

De volgende informatie is gebaseerd op het analyserapport Waterbouw (R-150). Hieruit volgen de volgende maatgevende belastinggevallen. De waterstanden gebruikt in dit rapport wijken iets af van de waterstanden in de laatste versie van het waterbouwrapport. Daarom wordt in de laatste paragraaf van dit hoofdstuk aangetoond dat het verschil verwaarloosbaar is.

4.2 Belastinggevallen

4.2.1 Belastinggeval 1 (buitendeur)

Waterstand zee		NAP + 5,75 m
Waterstand kolk		NAP + 3,40 m

	Verval	2,35 m
Golven vanuit zee:	Deining	Hs = 0,50 m, Ts = 12,5 s
	Windgolven	Hs = 0,80 m, Ts = 2,5 s
Waterdichtheid zeezijde:		1022 kg/m ³
Waterdichtheid kolk:		1000 kg/m ³

Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.

4.2.2 Belastinggeval 1 (binnendeur)

Waterstand kolk		NAP + 3,65 m
Waterstand kanaal		NAP – 0,70 m

	Verval	4,35 m

Geen golven (alleen waterbeweging t.g.v. overslag, al inbegrepen in waterstand kolk)

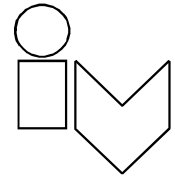
Waterdichtheid kolk :		1022 kg/m ³
Waterdichtheid kanaal:		1000 kg/m ³

Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.

4.2.3 Belastinggeval 2 (buitendeur)

Waterstand zee		NAP + 3,70 m
Waterstand kolk		NAP – 0,80 m

	Verval	4,50 m
Golven vanuit zee:	Windgolven	Hs = 0,80 m, Ts = 2,5 s
Waterdichtheid zeezijde:		1022 kg/m ³

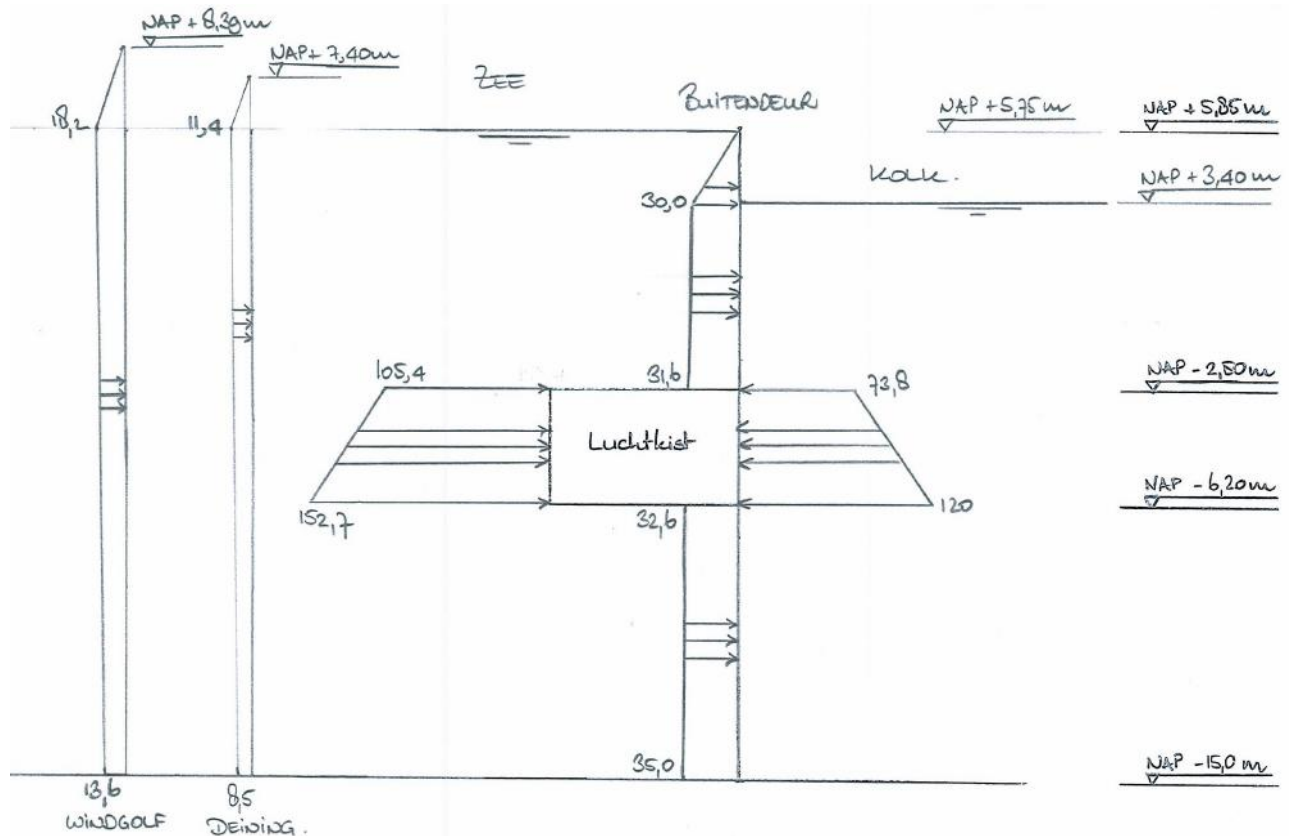


Waterdichtheid kolk: 1000 kg/m³

Belastingfactor: $\gamma = 1,25$.

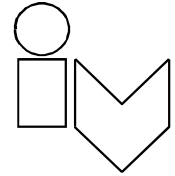
4.3 Belastingschema's

4.3.1 Belastinggeval 1 (Buitendeur)



Figuur 6 - Belastinggeval 1 voor de toetsing van buitenroldeur (incl. belastingfactor $\gamma = 1,25$)

In deze situatie zijn de golfbelastingen apart beschouwd. In overleg met discipline Waterbouw is overeengekomen dat deze belastingen bij elkaar opgeteld worden. Voor de golfbelastingen is tevens gebruikt gemaakt van de Goda rekensheet, zie de twee volgende pagina's.



Berekening belastingmodel van Goda

project: RINK2011
 objectnaam: Noordersluis Deining
 invoer:

H_s	0,50 m	significante golfhoogte
T_p	12,50 s	golfperiode (piek)
β	0 °	hoek van de golfrichting met de normaal op het vlak van de wand

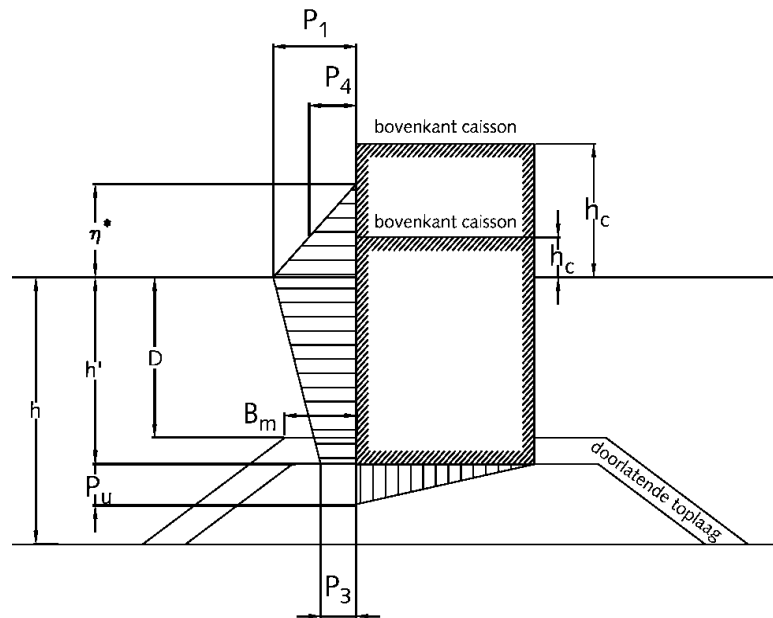
L_d	162,39 m	golflengte nabij de constructie
L_{op}	243,95 m	diepwater golflengte

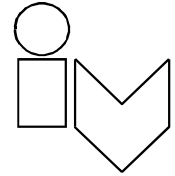
λ_1	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_2	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_3	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
h_b	20,75 m	waterdiepte op afstand $5H_d$ van de wand
h	20,75 m	waterdiepte voor de drempel
D	20,75 m	waterdiepte boven de toplaag van de drempel
h'	20,75 m	waterdiepte boven het funderingsvlak van de wand
h_c	0,10 m	hoogteverschil tussen stilwaterlijn en bovenkant van de wand
B_m	0,00 m	breedte van de berm voor de wand
ρ_w	1.022 kg/m ³	dichtheid van water
g	9,81 m/s ²	valversnelling

uitvoer:

P_1	9,11 kN/m ²
P_3	6,79 kN/m ²
P_4	8,55 kN/m ²
P_u	6,79 kN/m ²

k_0	0,03 -
k	0,04 -
H_d	1,10 m
H_d/D	0,05 -
η^*	1,65 m
α_1	0,83 -
α_2	0,00 -
α_3	0,75 -
α_4	0,94 -
α_*	0,00 -
α_i	0,00 -
α_m	0,05 -
α_n	0,00 -
δ_1	-6,55 -
δ_{11}	-0,33 -
δ_2	-2,52 -
δ_{22}	-0,51 -
h_c^*	0,10 m





Berekening belastingmodel van Goda

project: RINK2011
 objectnaam: Noordersluis Windgolf
 invoer:

H_s	0,80 m	significante golfhoogte
T_p	2,50 s	golfteriode (piek)
β	0 °	hoek van de golfrichting met de normaal op het vlak van de wand

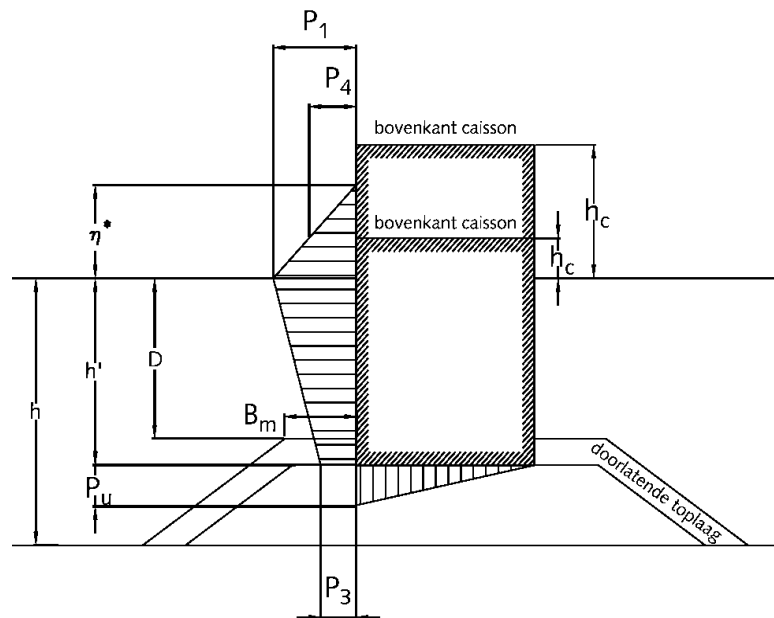
L_d	9,76 m	golflengte nabij de constructie
L_{op}	9,76 m	diepwater golflengte

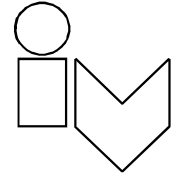
λ_1	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_2	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_3	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
h_b	20,75 m	waterdiepte op afstand $5H_d$ van de wand
h	20,75 m	waterdiepte voor de drempel
D	20,75 m	waterdiepte boven de toplaag van de drempel
h'	20,75 m	waterdiepte boven het funderingsvlak van de wand
h_c	0,10 m	hoogteverschil tussen stilwaterlijn en bovenkant van de wand
B_m	0,00 m	breedte van de berm voor de wand
ρ_w	1.022 kg/m ³	dichtheid van water
g	9,81 m/s ²	valversnelling

uitvoer:

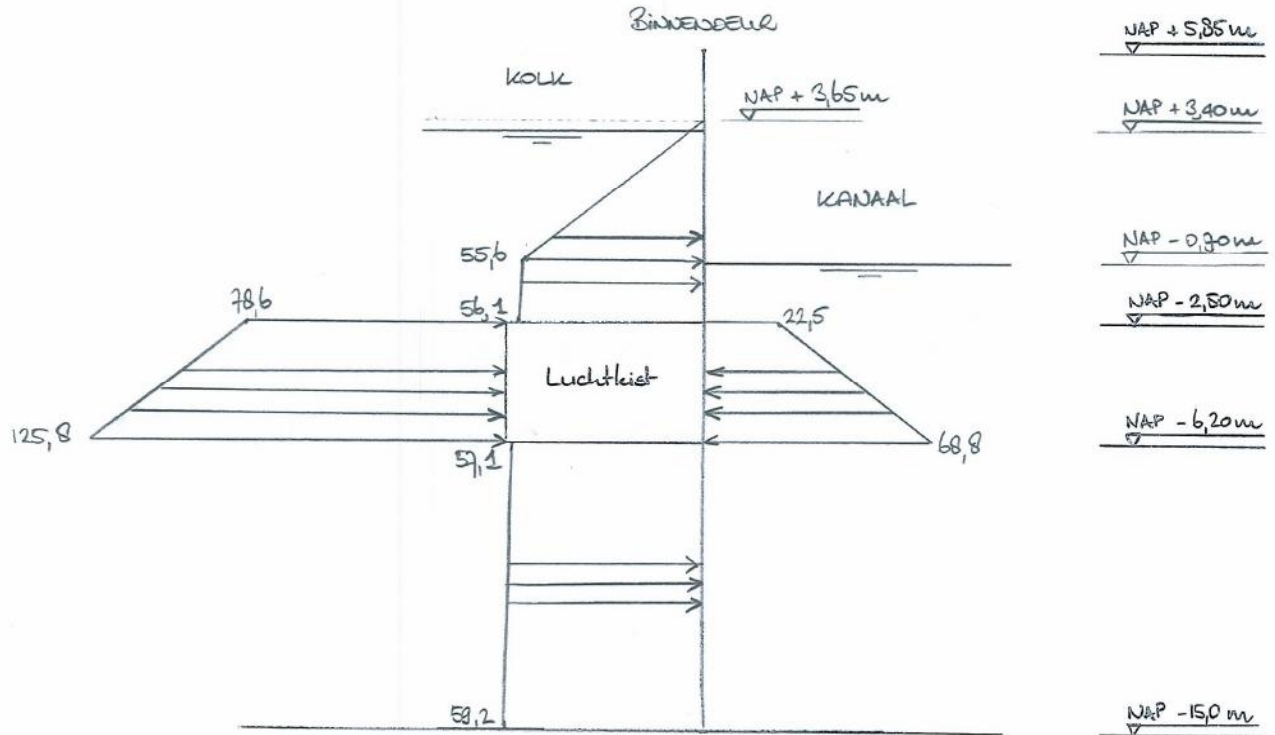
P_1	14,57 kN/m ²
P_3	10,87 kN/m ²
P_4	14,02 kN/m ²
P_u	10,87 kN/m ²

k_0	0,64 -
k	0,04 -
H_d	1,76 m
H_d/D	0,08 -
η^*	2,64 m
α_1	0,83 -
α_2	0,00 -
α_3	0,75 -
α_4	0,96 -
α_+	0,00 -
α_i	0,00 -
α_m	0,08 -
α_n	0,00 -
δ_1	-6,55 -
δ_{11}	-0,33 -
δ_2	-2,52 -
δ_{22}	-0,51 -
h_c^*	0,10 m

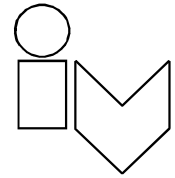




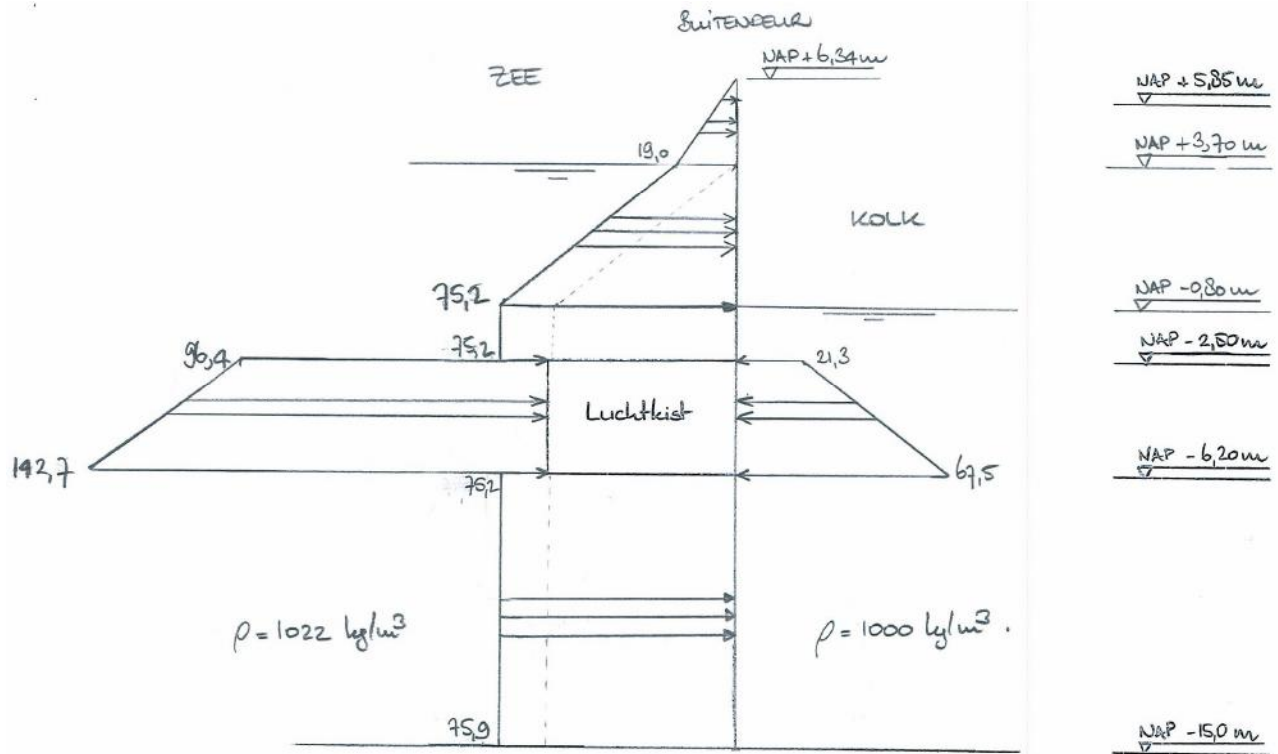
4.3.2 Belastinggeval 1 (Binnendeur)



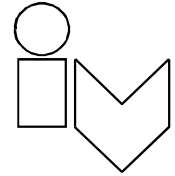
Figuur 7 - Belastinggeval 1 voor de toetsing van binnenroldeur (incl. belastingfactor $\gamma = 1,25$)



4.3.3 Belastinggeval 2



Figuur 8 - Belastinggeval 2 voor de toetsing van buitenroldeur (incl. belastingfactor $\gamma = 1,25$)



Berekening belastingmodel van Goda

project: T0-IJmuiden
 objectnaam: Noordersluis Windgolf
 invoer:

H_s	0,80 m	significante golfhoogte
T_p	2,50 s	golfteriode (piek)
β	0 °	hoek van de golfrichting met de normaal op het vlak van de wand

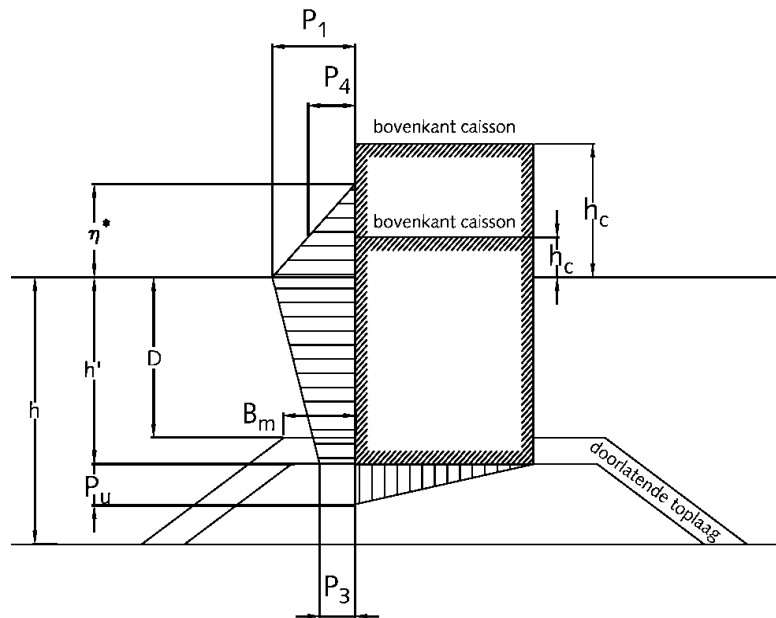
L_d	9,76 m	golflengte nabij de constructie
L_{op}	9,76 m	diepwater golflengte

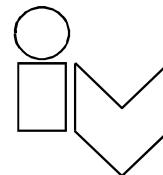
λ_1	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_2	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
λ_3	1,00 -	modificatiefactoren verticale wand
h_b	18,70 m	waterdiepte op afstand $5H_d$ van de wand
h	18,70 m	waterdiepte voor de drempel
D	18,70 m	waterdiepte boven de toplaag van de drempel
h'	18,70 m	waterdiepte boven het funderingsvlak van de wand
h_c	1,30 m	hoogteverschil tussen stilwaterlijn en bovenkant van de wand
B_m	0,00 m	breedte van de berm voor de wand
ρ_w	1.022 kg/m ³	dichtheid van water
g	9,81 m/s ²	valversnelling

uitvoer:

P_1	15,17 kN/m ²
P_3	11,91 kN/m ²
P_4	7,70 kN/m ²
P_u	11,91 kN/m ²

k_0	0,64 -
k	0,04 -
H_d	1,76 m
H_d/D	0,09 -
η^*	2,64 m
α_1	0,86 -
α_2	0,00 -
α_3	0,79 -
α_4	0,51 -
α_*	0,00 -
α_i	0,00 -
α_m	0,09 -
α_n	0,00 -
δ_1	-6,55 -
δ_{11}	-0,33 -
δ_2	-2,52 -
δ_{22}	-0,51 -
h_c^*	1,30 m





4.4 Verschil met laatste waterstanden

Belastinggeval 2 blijkt maatgevend te zijn. In onderstaand tabel worden de 'oude' en 'nieuwe' watergegevens van belastinggeval 2 weergegeven met elkaar vergeleken.

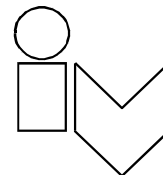
Tabel 1 – Vergelijking oude en nieuwe gegevens van Belastinggeval 2

	Oude versie	Laatste versie	Vershil
Waterstand zee	NAP + 3,70 m	NAP + 3,70 m	Geen
Waterstand kolk	NAP – 0,80 m	NAP – 0,94 m	- 0,14 m
Verval	4,50 m	4,64 m	+ 0,14 m
Windgolf H_s	0,80 m	0,80 m	Geen
Windgolf T_s	2,50 s	2,50 s	Geen
Totale belasting (1)	1175 kN	1200 kN	+ 25 kN (+ 2%)

Toelichting:

(1) Totale rekenwaarde van de belasting op de staalconstructie.

De totale belasting neemt met 2% toe (incl. een belastingfactor van $\gamma = 1,25$). Dit wordt als verwaarloosbaar geacht.



5 Vergelijking

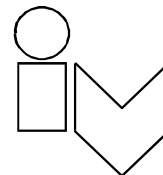
Van ieder voorgaande hoofdstuk (2 t/m 4) wordt het maatgevend belastinggeval aangegeven:

Hoofdstuk 2 (Roldeur N4):	Belastinggeval IV	$q_d = 93,8 \text{ kN/m}'$
Hoofdstuk 3 (Roldeuren N1 t/m N3)	Belastinggeval I	$q_d = 72,0 \text{ kN/m}'$
Hoofdstuk 4 (T0-IJmuiden)	Belastinggeval 2	$q_d = 75,9 \text{ kN/m}'$

Hieruit blijkt dat roldeur N4 met de zwaarste hydraulische belasting is ontworpen. Opmerkelijk is dat voor deuren N1 t/m N3 de hydraulische belasting veel lager is geworden. De grootste invloed hierin is het feit dat bij roldeur N4 geen rekening is gehouden met getrapt keren bij hoogwater.

Tussen hoofdstuk 3 en 4 zit een relatief klein verschil (een toename van 5,4%), hoewel de waterstanden maar weinig van elkaar afwijken. Dit komt omdat het hoogwater in principe geen maatgevende belasting meer is (alleen lokaal), maar de uiterste peilen bij schutten maatgevend zijn. Bovendien heeft bij T0-IJmuiden de wijze van de berekening van de windgolfbelasting een veel groter invloed, zowel op waterniveau als op de bodem van de kolk.

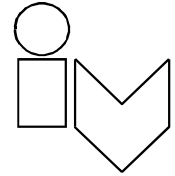
Bijlage 4 Berekening rioolschuiven



NOORDERSLUIS **BEREKENING RIOOLSCHUIVEN**

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	69
2	Uitgangspunten	69
2.1	Normen en leidraden	69
2.2	Tekeningen	69
2.3	Materiaal	69
2.4	Aantal schuttingen	69
2.5	Wrijving	70
3	Geometrie	70
4	Belastingen	72
4.1	Hydraulische belastinggeval	72
4.2	Verticale belastinggevallen	72
4.2.1	Eigen gewicht	72
4.2.2	Wrijving	73
4.3	Belastingcombinaties	73
5	Berekeningen	74
5.1	Inleiding	74
5.2	Horizontale liggers	74
5.2.1	Belasting	74
5.2.2	Toetsing	74
5.3	Verticale liggers	76
5.3.1	Belasting	76
5.3.2	Toetsing	76
5.3.3	Invloed van mosselaangroei	76
6	Vermoeding	77
6.1	Inleiding	77
6.2	Uitgangspunten	77
6.2.1	Detailklasse	77
6.2.2	Gemiddelde waterstanden	77
6.2.3	Hydraulische belastingen	77
6.3	Berekening	78



1 Inleiding

Dit is de berekening van de rioolschuiven van de Noordersluis behorende tot het rapport Analyse Staalbouw. Deze dient dan ook in verband met het hoofd rapport gelezen te worden.

2 Uitgangspunten

2.1 Normen en leidraden

De volgende normen en leidraden worden bij deze berekening gehanteerd:

- NEN 6702:2007 Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 - Belastingen en vervorming
- NEN 6770:1997 TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen en basisrekenregels voor Overwegend statisch belaste constructies
- NEN 6771:2000 Staalconstructies – TGB 1990 – Stabiliteit
- TAW Leidraad Kunstwerken

2.2 Tekeningen

De tekeningen zoals aangegeven in Tabel 1 zijn voor de berekening van de schuiven gebruikt.

Tabel 1 – Overzicht beschikbare tekeningen rioolschuiven

Tekeningnr.	Naam
24-32024	Overzichtstekening binnensluishoofd 1
24-38030	Overzichtstekening binnensluishoofd 2
25-38039	Buitensluishoofd Doorsneden en detail
25-38040	Buitensluishoofd Doorsneden pompkoker en schuifspanningen
86-32033	Rioolschuiven Frame
86-32037	Rioolschuiven Hoofdframe
86-32073	Rioolschuiven + Doorsneden
86-32082	Overzicht rioolschuif en bewegingswerk

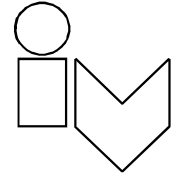
2.3 Materiaal

Op tekeningnummer 86-32073 wordt aangegeven dat de schuif met staalkwaliteit Fe360C is ontworpen. Dit komt overeen met S235. Deze staalkwaliteit heeft de volgende eigenschappen:

- Elasticiteitsmodulus $E_d = 2,1 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$
- Vloeispanning $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$
- Trekspanning $F_d = 360 \text{ N/mm}^2$

2.4 Aantal schuttingen

Ten behoeve van de vermoeiingsberekening is het gemiddeld aantal bewegingen vastgesteld op gemiddeld 7300 per jaar.



2.5 Wrijving

Voor de wrijving tussen de schuif en kolk (bij het openen en sluiten van de schuiven) een wrijvingspercentage van 20% aangehouden. Ter controle is in overleg met discipline Werktuigbouw de maximale trekkracht in de hydraulische installatie bepaald. Hieruit kan de maximale wrijvingskracht bepaald worden.

$$F_{rep} = 6,4 \text{ N/mm}^2 * 1797 \text{ mm}^2 * 10^{-3} = 114,6 \text{ kN}$$

Bij optreden van deze belasting, is de belasting als volgt opgebouwd:

- Eigen gewicht schuif / juk: $F_{rep} = 12,1 \text{ kN}$
- Wrijving : $F_{rep} = 114,6 - 12,1 = 102,5 \text{ kN}$

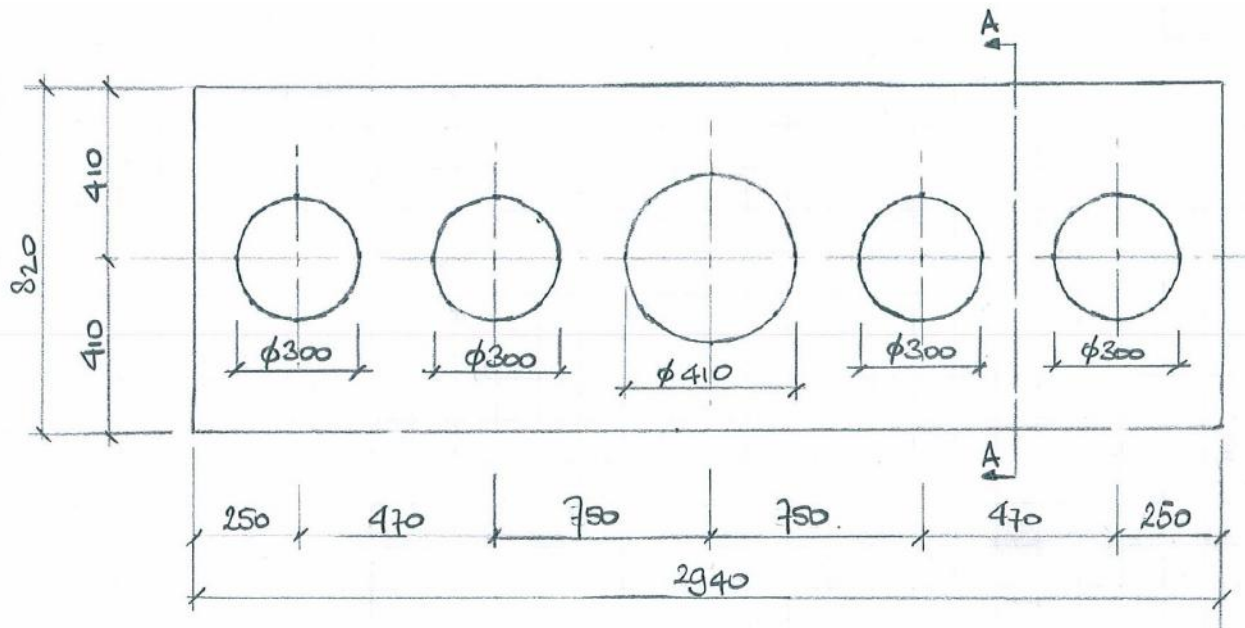
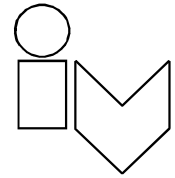
De wrijving ontstaat door de waterbelasting. De totale waterbelasting is $F_{water,d} = 754 \text{ kN}$. De rekenwaarde van de wrijving: $F_{w,d} = 1,5 * 102,5 = 154 \text{ kN}$. Dit is dus ca. 20,4% van de horizontale belasting en lijkt een redelijke aanname te zijn.

3 Geometrie

De geometrie van de rioolschuiven is duidelijk te zien op tekeningnummer 86-32073 "Rioolschuiven en doorsneden". Hierbij missen nog wel enkele doorsneden van de horizontale liggers (Dsn F-F; G-G; J-J). Er wordt verwezen naar een andere tekening, maar het is niet aangetroffen in het archief.

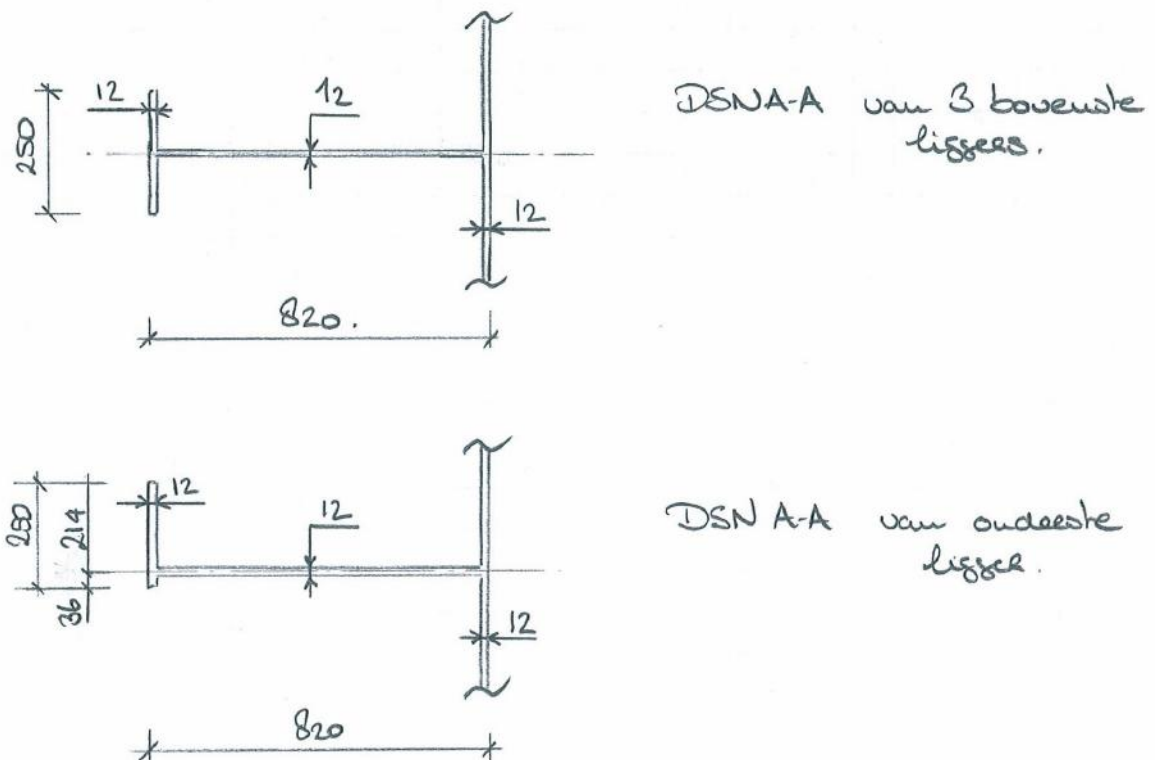
De rioolschuiven zijn 6,025 m hoog en 3,14 m breed en bestaan uit vier horizontale liggers en twee verticale liggers waartussen verticale verstijvers zijn geplaatst. Het water wordt aan één zijde gekeerd door middel van een plaat met dikte $t = 12 \text{ mm}$. De aanslagen bevinden zich aan de twee buitenste verticale liggers.

Voor de ontbrekende doorsneden van de horizontale liggers wordt dezelfde doorsnede als de bovenste ligger aangehouden. De horizontale liggers hebben de afmetingen zoals in onderstaand figuur is aangegeven.

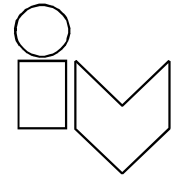


Figuur 1 – Bovenaanzicht horizontale liggers van rioolschuiven (zonder verticale liggers en verstijvers)

Doorsnede A-A is afhankelijk van de locatie van ligger. De onderste ligger wijkt namelijk af van de drie bovenste liggers. De doorsnedes zijn in Figuur 2 weergegeven.



Figuur 2 – Doorsnedes van horizontale liggers van de rioolschuiven



4 Belastingen

De belastingen kunnen worden verdeeld in twee categorieën:

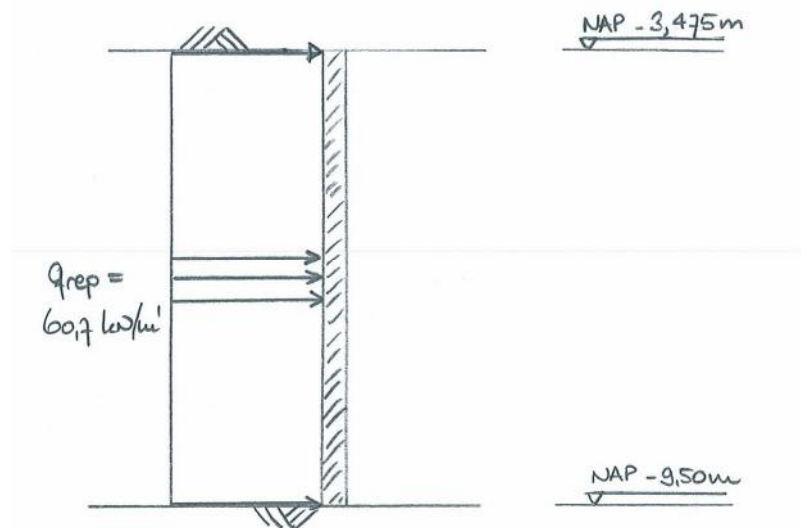
- Horizontale belasting: hydraulische belastingen;
- Verticale belasting: eigen gewicht, aanhangend gewicht en wrijving.

4.1 Hydraulische belastinggeval

Op basis van de belastingen bepaald voor de roldeuren (zie Bijlage 2 van het rapport) kan gesteld worden dat Belastinggeval 2 (Buitendeur) maatgevend is voor de rioolschuiven. In overeenstemming met discipline waterbouw is vastgesteld dat de golfdruk zich in de riolen voortplant. Door de vorm en lengte van de riolen is wel demping te verwachten, maar dit wordt in het kader van deze analyse verwaarloosd.

Het verloop van de belasting is in Figuur 3 weergegeven. De belasting is vereenvoudigd tot een gelijkmatig verdeelde belasting over de hoogte en breedte van de rioolschuif.

$$q_{rep} = \frac{75,9}{1,25} = 60,7 \text{ kN / m' (per meter over de breedte van de schuif).}$$



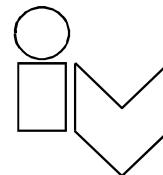
Figuur 3 – Belastinggeval 2 op rioolschuif (exclusief belastingfactor)

4.2 Verticale belastinggevallen

4.2.1 Eigen gewicht

Het eigen gewicht van de rioolschuif wordt geschat op basis van tekeningnr. 86-32073, omdat er geen documenten zijn gevonden waarin deze informatie is vermeld. In onderstaand tabel is de gewichtsberekening uitgevoerd.

Voor staal wordt gerekend met 79 kN/m³. Hierdoor wordt rekening gehouden met verbindingen e.d.



Tabel 2 – Gewichtsberekening rioolschuif

Onderdeel	Volume	Aantal	Gewicht
Horizontale liggers			
Lijf - 2,94 m x 0,82 m x 0,012 m (en openingen)	0,023952 m ³	4	7,6 kN
Flens – 2,94 m x 0,25 m x 0,012 m	0,00882 m ³	4	2,8 kN
Hor. Verstijver – 2,94 m x 0,1 m x 0,012 m	0,003528 m ³	1	0,3 kN
Verticale liggers			
Hoofdliggers Lijf – 6,025 m x 0,82 m x 0,012 m	0,059286 m ³	2	9,4 kN
Hoofdliggers Flens – 6,025 m x 0,2 m x 0,012 m	0,01446 m ³	2	2,3 kN
Ver. Verstijvers – 6,025 m – 0,25 m x 0,012 m	0,018075 m ³	4	5,8 kN
Plaat			
Plaat – 6,025 m x 3,14 m x 0,012 m	0,227022	1	18,0 kN
		+	-----
Totaal			46,2 kN
Overig (geleidingen e.d.)		10%	4,6 kN
Totaal gewicht			50,8 kN

Voor het eigen gewicht wordt rekening gehouden met 50,8 kN.

4.2.2 Wrijving

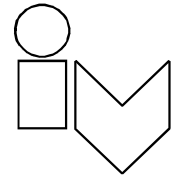
Door de belasting op de schuif en contact tussen de schuif en de aanslagen in de riool ontstaat wrijving bij het opentrekken van de schuif. Deze wrijving is vastgesteld op 20% van de horizontale belasting.

4.3 Belastingcombinaties

De maatgevende situatie geschiedt op het moment de schuif net open gaat in combinatie met de maatgevende horizontale belasting (paragraaf 4.1). Hieruit volgt de volgende belastingcombinatie:

Tabel 3 – Gehanteerde belastingcombinatie voor rioolschuif

Belastinggeval	Belastingfactor γ
Eigen gewicht	1,20
Aanhangend gewicht	1,20
Wrijving	1,50
Hydraulische belasting	1,25



5 Berekeningen

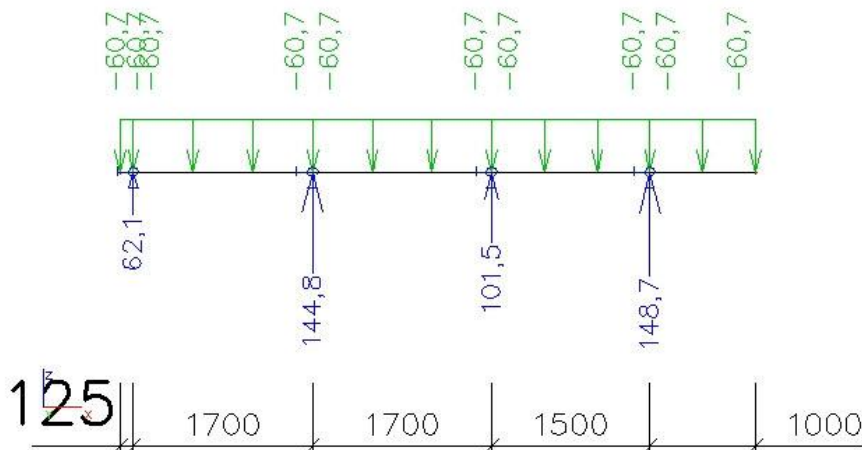
5.1 Inleiding

Op basis van de geometrie kan worden onderscheid worden gemaakt tussen de afdracht van de horizontale belasting en de afdracht van de verticale belasting. De horizontale belasting wordt afgedragen naar de verticale liggers (die over de gehele lengte zijn gesteund) via de horizontale liggers. De verticale belasting wordt afgedragen via de twee middelste verticale liggers. Deze liggers zijn namelijk verbonden aan het bewegingswerk.

5.2 Horizontale liggers

5.2.1 Belasting

Voor de horizontale liggers worden alleen de hydraulische belastingen beschouwd. De maatgevende ligger wordt bepaald door een één meter brede plaat te beschouwen met daarop de belasting zoals beschreven in paragraaf 4.1.

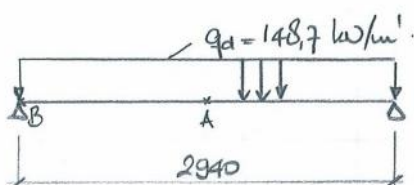


Figuur 4 – Hydraulische belasting (excl. belastingfactor $\gamma = 1,25$) en reactiekrachten (incl. belastingfactor)

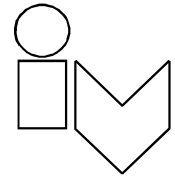
De maatgevende belasting uit Figuur 4 is degene op de onderste ligger: $q_d = 148,7 \text{ kN/m}$.

5.2.2 Toetsing

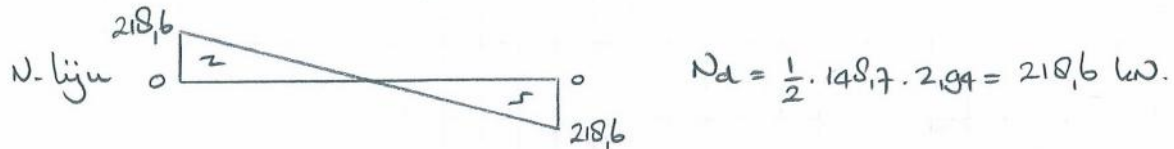
De horizontale ligger kan beschouwd worden als een ligger op twee steunpunten, zoals hieronder is afgebeeld. Doorsnede A en B worden getoetst.



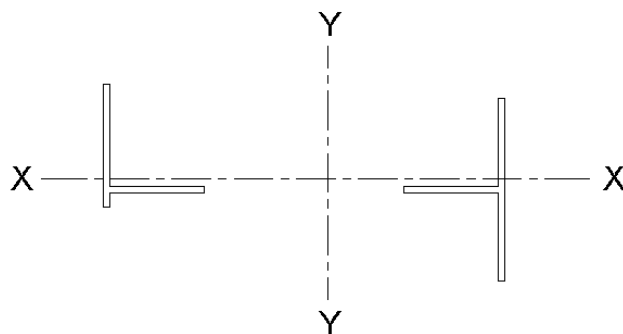
Figuur 5 – Schematisering horizontale ligger



Hieruit volgen de volgende krachten:



Doorsnede A wordt belast op buiging en heeft de volgende eigenschappen:



Area:	12096.00000000
Perimeter:	2064.00000000
Bounding box:	X: -458.89682540 -- 361.10317460 Y: -208.07341270 -- 191.92658730
Centroid:	X: 0.00000000 Y: 0.00000000
Moments of inertia:	X: 8.50288308E+07 Y: 1.62485081E+09
Product of inertia:	XY: -1.20923452E+08
Radii of gyration:	X: 83.84211294 Y: 366.51002327
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 7.55904679E+07 along [0.99696776 -0.07781570] J: 1.63428917E+09 along [0.07781570 0.99696776]

Figuur 6 – Doorsnede-eigenschappen doorsnede A

Doorsnede A: $I_y = 1,625 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $x_{max} = 459 \text{ mm}$.
 $\Rightarrow W_x = \frac{1,625 \cdot 10^9}{459} = 3540 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$.

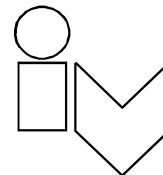
$$\sigma_d = \frac{160,7 \cdot 10^6}{3540 \cdot 10^3} = 46 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = \frac{46}{235} = 0,20$$

Doorsnede B: $A_{lijp} = 12 \cdot 820 = 9840 \text{ mm}^2$.

$$\sigma_d = \frac{218,6 \cdot 10^3}{9840} = 22 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = \frac{22}{\frac{235}{\sqrt{3}}} = 0,16$$



5.3 Verticale liggers

5.3.1 Belasting

De belasting bestaat uit het eigen gewicht, aanhangend gewicht en wrijving.

Tabel 4 – Totale verticale belasting op rioolschuif

Belastinggeval	Rep. Waarde	Belastingfactor	Rekenwaarde
Eigen gewicht	50,8 kN	1,20	61,0 kN
Wrijving	$0,2 \times (60,7 \times 3,14) = 38,1$ kN	1,50	57,2 kN
Totaal			118,2 kN

Bovenstaande belasting wordt verdeeld over twee verticale liggers: $N_d = 59,1$ kN per ligger.

5.3.2 Toetsing

De middelste verticale liggers hebben de volgende doorsnede:

$$A = 250 \cdot 12 = 3000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{t,d} = \frac{59,1 \cdot 10^3}{3000} = 19,7 \text{ N/mm}^2$$

$$UC = \frac{19,7}{235} = 0,08$$

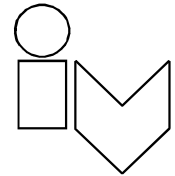
5.3.3 Invloed van mosselaangroei

De mosselaangroei heeft een evenredig gevolg op de UC. In onderstaand tabel wordt het gevolg op UC bepaald, inclusief een belastingfactor van 1,20.

Tabel 5 – Invloed van mosselaangroei op UC

Gewicht mosselaangroei [ton]	Percentage van eigen gewicht schuif	UC
0	0%	0,08
1	20%	0,10
2	40%	0,12
3	60%	0,14
4	80%	0,17
5	100%	0,19

De Unity Checks blijven zeer laag. Mosselaangroei leidt sterkte-technisch niet tot falen van de constructie, uitgaande van een maximale aangroei ter grootte van het eigen gewicht van de constructie.



6 Vermoeiing

6.1 Inleiding

Dit is een globale vermoeiingsberekening van de rioolschuiven dat als doel heeft de gevoeligheid van de schuiven op vermoeiing te bepalen.

Er wordt gerekend met 7300 schuifbewegingen per jaar over een referentieperiode van 100 jaar.

6.2 Uitgangspunten

6.2.1 Detailklasse

Voor de berekening wordt ondanks het corrosieve milieu de NEN2063 aangehouden. Er wordt conservatief detail met detailklasse K30 aangehouden.

6.2.2 Gemiddelde waterstanden

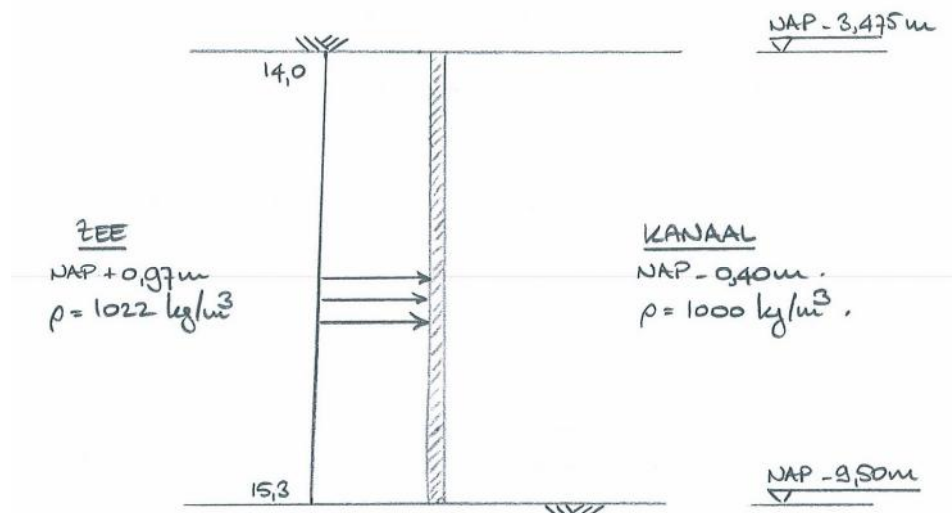
Er wordt voor de vermoeiingsberekening met gemiddelde waterstanden rekening gehouden. In verband met het getij verandert het waterpeil op zee constant. Deze variatie wordt als volgt vereenvoudigd: gemiddeld laagwaterstand in 50% van de gevallen en gemiddeld hoogwaterstand voor de overige 50%.

De volgende waterstanden worden gehanteerd:

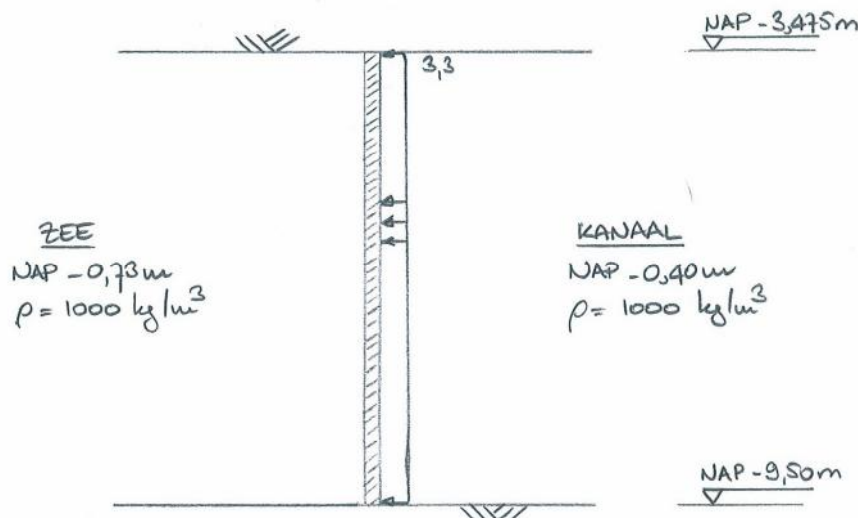
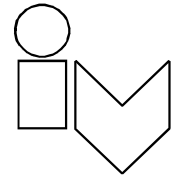
- Gemiddelde laagwaterstand zee NAP – 0,73 m
- Gemiddelde hoogwaterstand zee NAP + 0,97 m
- Gemiddelde waterstand kanaal NAP – 0,40 m

6.2.3 Hydraulische belastingen

Op basis van voorgaande paragraaf worden de volgende belastingen beschouwd.



Figuur 7 – Belasting op rioolschuif bij gemiddeld hoogwater



Figuur 8 – Belasting op rioolschuif bij gemiddeld laagwater

In Figuur 8 is dezelfde waterdichtheid aangehouden van 1000 kg/m^3 . Dit is een conservatieve aanname.

Op basis van bovenstaande belastingen en de berekende belastingen op de horizontale liggers in hoofdstuk 5 kunnen de maatgevende spanningen worden bepaald door verschaling. De situatie zoals aangegeven in Figuur 7 wordt vereenvoudigd tot een uniform verdeelde belasting van $15,3 \text{ kN/m}^2$.

$$\text{Spanning bij hoogwater: } \sigma_{\text{hoogwater;rep}} = \frac{15,3}{60,7} \times 46 = 11,6 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Spanning bij laagwater: } \sigma_{\text{laagwater;rep}} = \frac{3,3}{60,7} \times 46 = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

6.3 Berekening

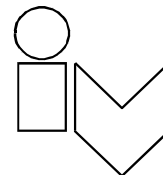
$$\Delta\sigma_k = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$\Delta\sigma_i = 11,6 \text{ N/mm}^2$$

→ Hierbij wordt geen schade verwacht.

Op basis van de berekende spanningen worden geen vermoeiingsschaden verwacht aan de rioolschuiven.

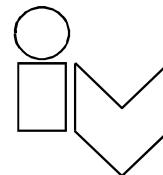
Bijlage 5 Berekening caisson en schotbalken



NOORDERSLUIS **BEREKENING CAISSON EN SCHOTBALKEN**

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	81
2	Uitgangspunten	81
2.1	Normen en leidraden	81
2.2	Tekeningen	81
2.3	Materiaal	82
2.3.1	Caisson	82
2.3.2	Schotbalken	82
3	Hydraulische randvoorwaarden	83
4	Caisson	84
4.1	Geometrie	84
4.2	Bepaling maatgevende ligger	84
4.3	Toetsing Ligger 7	86
4.3.1	Geometrie	86
4.3.2	Schematisering ligger	86
4.3.3	Krachten en toetsing	87
5	Schotbalken	88
5.1	Geometrie	88
5.2	Passtuk	89
5.2.1	Bepaling maatgevende belasting	89
5.2.2	Toetsing Ligger 2	91
5.3	Schotbalken	91
5.3.1	Bepaling maatgevende belasting	91
5.3.2	Toetsing middelste ligger	92



1 Inleiding

Dit is de berekening van de caisson en schotbalken van de Noordersluis behorende tot het rapport Analyse Staalbouw. Deze dient dan ook in verband met het hoofdrapport gelezen te worden.

Gekozen is beide onderdelen samen te analyseren omdat ze beide hetzelfde doel hebben en dus ook dezelfde randvoorwaarden.

2 Uitgangspunten

2.1 Normen en leidraden

De volgende normen en leidraden worden bij deze berekening gehanteerd:

- NEN 6702:2007 Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 - Belastingen en vervorming
- NEN 6770:1997 TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen en basisrekenregels voor Overwegend statisch belaste constructies
- NEN 6771:2000 Staalconstructies – TGB 1990 – Stabiliteit
- TAW Leidraad Kunstwerken

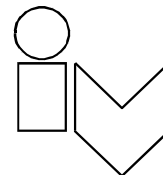
2.2 Tekeningen

De tekeningen zoals aangegeven in Tabel 1 en Tabel 2 zijn respectievelijk voor de berekening van de caisson en schotbalken gebruikt.

Tabel 1 – Overzicht beschikbare tekeningen caisson

Tekeningnr.	Naam
25-38018	Caissonbeplatingen
25-38019	Caissonverstijvingen
25-38020	Caissonregels
25-38021	Caissonregels
26-32139	IJzeren afsluitcaisson voor de deuren
26-38015	Positie en belastingsdiagram
70-32042	Afsluitcaisson voor deuren

Project : R-120 – Analyserapport Staalbouw Noordersluis (25A-001-01)



Onderdeel : Bijlage 5 – Berekening caisson en schotbalken

Tabel 2 – Overzicht beschikbare tekeningen schotbalken

Tekeningnr.	Naam
NHKA-2002-32046	Overzicht en aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32047	Overzicht en aanpassing schotbalk B
NHKA-2002-32048	Overzicht en aanpassing schotbalk C
NHKA-2002-32049	Onderdelen aanpassing schotbalk A
NHKA-2002-32050	Samenstelling passtuk
NHKA-2002-32051	Passtuk met geleidesteunen
NHKA-2002-32052	Details passtuks met geleidesteunen
NHKA-2002-32053	Afdichting onderrand en zijanten passtuk
NHKA-2002-32054	Horizontale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32055	Verticale doorsneden passtukken
NHKA-2002-32056	Ondergedeelte passtuk
NHKA-2002-32057	Onderdelen geleidesteunen
NHKA-2002-32058	Onderdelen afdichting
NHKA-2002-32059	Hijsvoorziening voor afsluiting deurkasmond – hijsstuk

2.3 Materiaal

2.3.1 Caisson

Er wordt op de tekeningen geen staalkwaliteit vermeld. Gezien het jaar van het ontwerp van de caisson, wordt aangenomen dat de staalkwaliteit S235 is.

Het passtuk voor de schotbalken wordt gebruikt voor het onderste deel van de caisson. Hiervoor geldt dus de staalkwaliteit.

2.3.2 Schotbalken

Op de meeste tekeningen van de schotbalken worden de volgende staalkwaliteiten vermeld:

- Plaat S355
- Profiel S355
- Buis S275

Opgesteld:

Datum:

Bladnummer:

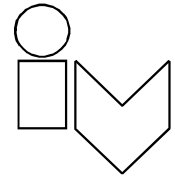
Rev.:

I. Roos

16-09-2011

82 / 108

2D

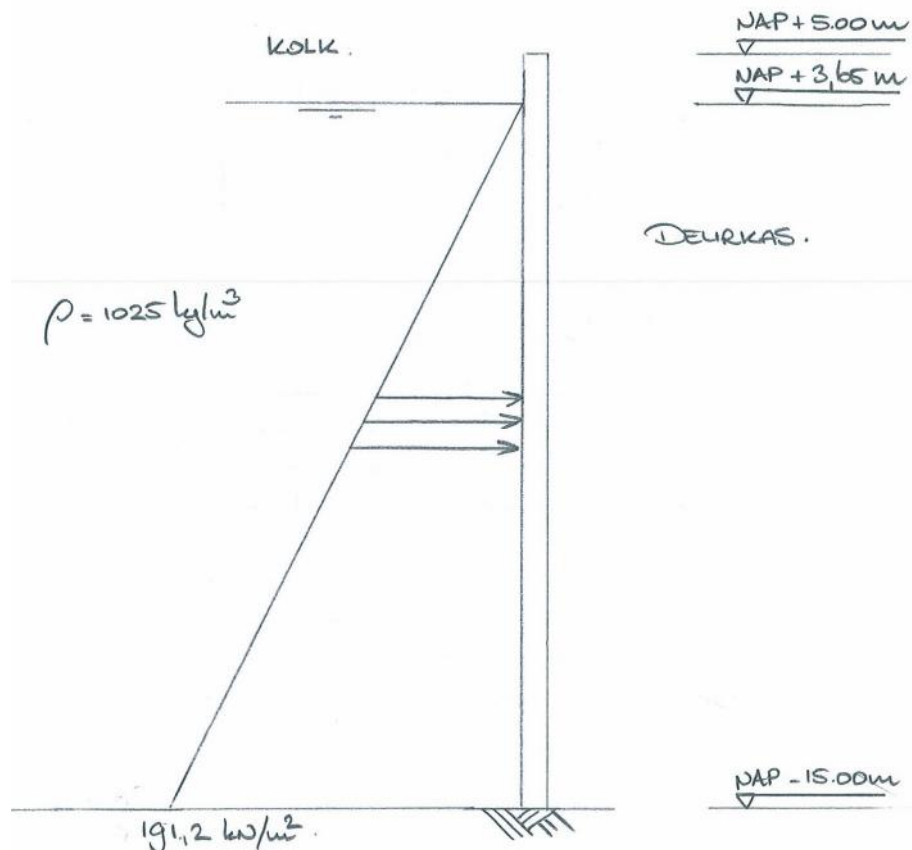


3 Hydraulische randvoorwaarden

De caisson en schotten worden gebruikt onder de normale gebruiksomstandigheden van de schutsluis. Op tekeningnummer 26-38015 wordt voor de caisson een belastingsdiagram weergegeven. De status hiervan is onduidelijk en komt bovendien niet overeen met de huidige uitgangspunten. Dit belastingsdiagram wordt daarom niet gebruikt in de analyse.

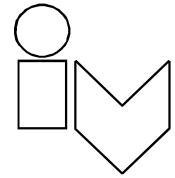
Uitgangspunt van de berekeningen is dat in de deurkas geen water aanwezig is en in de kolk de maximale waterstand is bereikt. Deze stand wordt bereikt op het moment dat er getrapt gekeerd wordt (het schutproces is stilgezet). Het water komt hierbij tot een hoogte van NAP + 3,40 m zonder waterbeweging. Met een waterbeweging van 0,25 m komt het waterpeil in de kolk op NAP + 3,65 m.

Het belastingsdiagram is hieronder weergegeven.



Figuur 1 – Belastinggeval voor afsluiting deurkas

Voor bovenstaand belastinggeval geldt een belastingfactor van $\gamma = 1,25$.



4 Caisson

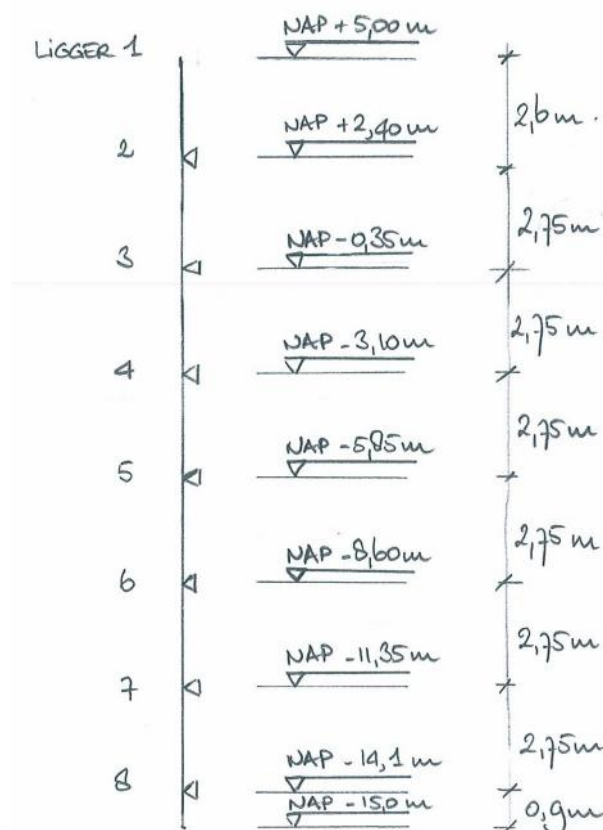
4.1 Geometrie

De caisson bestaat uit acht boven elkaar liggende liggers die de krachten naar de aanslagen overbrengen. De liggers kunnen beschouwd worden als liggers op twee steunpunten.

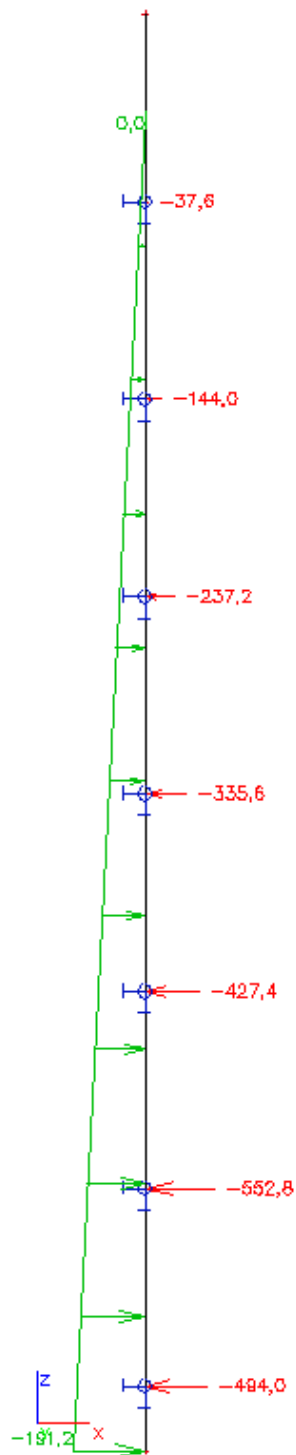
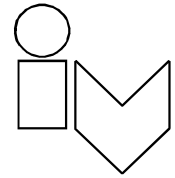
De liggergeometrie wijken telkens iets van elkaar af: de belastkist bevindt zich tussen ligger 4 en 8 (zie tekeningnr. 26-32139. Ligger 4 en 8 zijn dus waterdicht. De overige liggers zijn minder zwaar uitgevoerd.

4.2 Bepaling maatgevende ligger

Voor de bepaling van de maatgevende belasting op de ligger wordt een één meter brede strook beschouwd. Hierop wordt de belasting zoals beschreven in hoofdstuk 3 geplaatst. Ligger 1 wordt niet als steunpunt beschouwd, om deze ligger een veel lagere stijfheid heeft dan de overige ligger. De ligger is hieronder weergegeven.

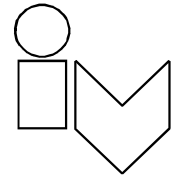


Figuur 2 – Plaats steunpunten caisson



Figuur 3 – Belasting (excl. belastingfactor) en reactiekrachten (incl. belastingfactor)

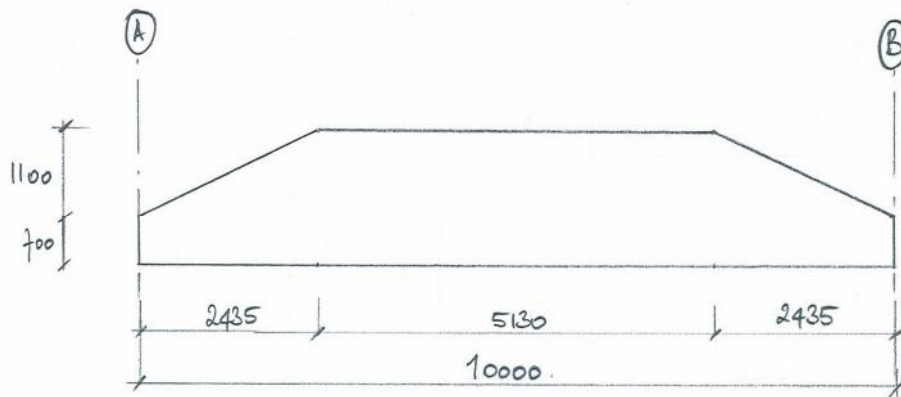
Uit bovenstaand figuur kan geconcludeerd worden dat Ligger 7 maatgevend is: $q_d = 552,8 \text{ kN/m}'$.



4.3 Toetsing Ligger 7

4.3.1 Geometrie

Ligger 7 heeft de volgende geometrische eigenschappen.

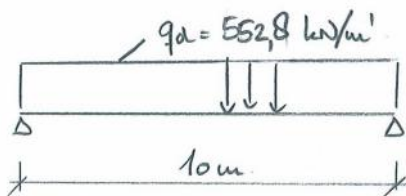


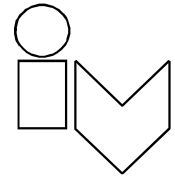
Figuur 4 – Geometrie Ligger 7

In bovenstaand figuur zijn de mangaten niet weergegeven. Deze gaten hebben een maximale diameter van 600 mm. De aanslagen van de caisson bevinden zich ter plaatse van A en B.

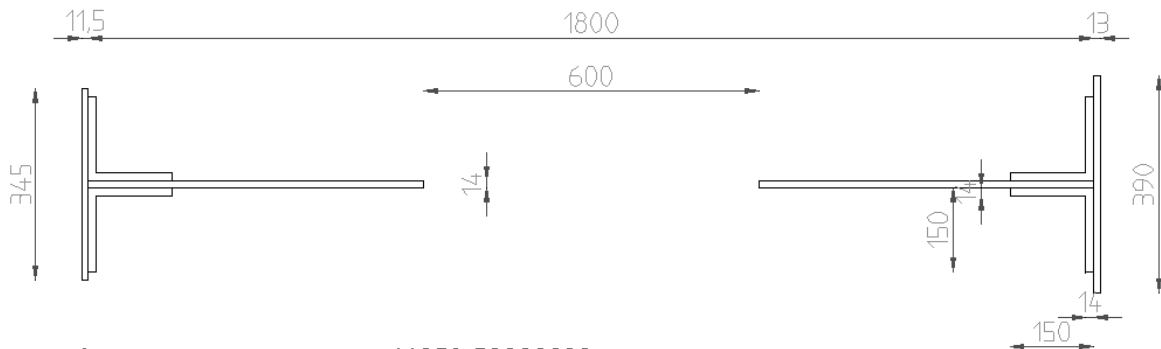
4.3.2 Schematisering ligger

Uitgaande van de vorige paragrafen, wordt de ligger als volgt geschematiseerd.





De ligger heeft de volgende eigenschappen:



Area:	41853.50000000
Perimeter:	6375.00000000
Bounding box:	X: -935.45001314 -- 889.04998686 Y: -195.00000000 -- 195.00000000
Centroid:	X: 0.00000000 Y: 0.00000000
Moments of inertia:	X: 1.77738021E+08 Y: 2.57557068E+10
Product of inertia:	XY: 0.00011110
Radii of gyration:	X: 65.16648249 Y: 784.46007570
Principal moments and X-Y directions about centroid:	I: 1.77738021E+08 along [1.00000000 0.00000000] J: 2.57557068E+10 along [0.00000000 1.00000000]

4.3.3 Krachten en toetsing

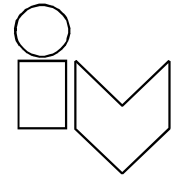
$$\tau_d = \frac{1}{8} \cdot 552,8 \cdot 10^2 = 6910 \text{ kNm}$$

$$I_y = 2,58 \cdot 10^{10} \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{2,58 \cdot 10^{10}}{935} = 27594 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_d = \frac{6910 \cdot 10^6}{27594 \cdot 10^3} = 250 \text{ N/mm}^2 \quad u_c = \frac{250}{235} = 1,06$$

$$\sigma_{rep} = \frac{250}{1,25} = 200 \text{ N/mm}^2 \quad u_c = \frac{200}{235} = 0,85$$

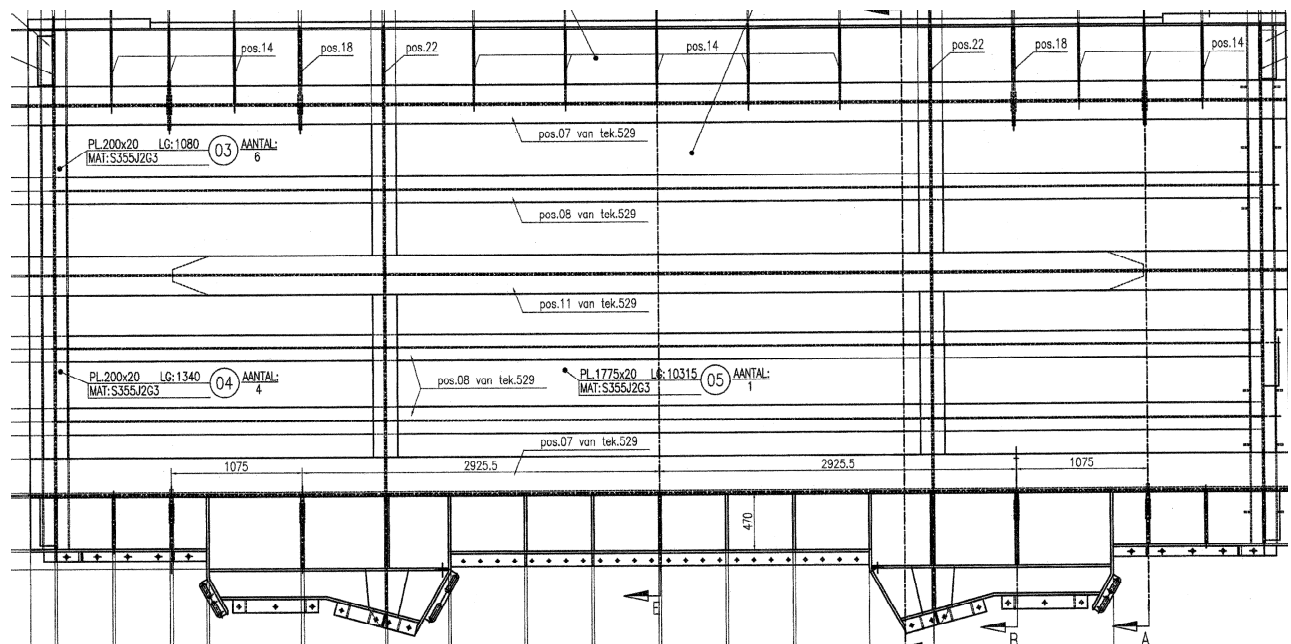


5 Schotbalken

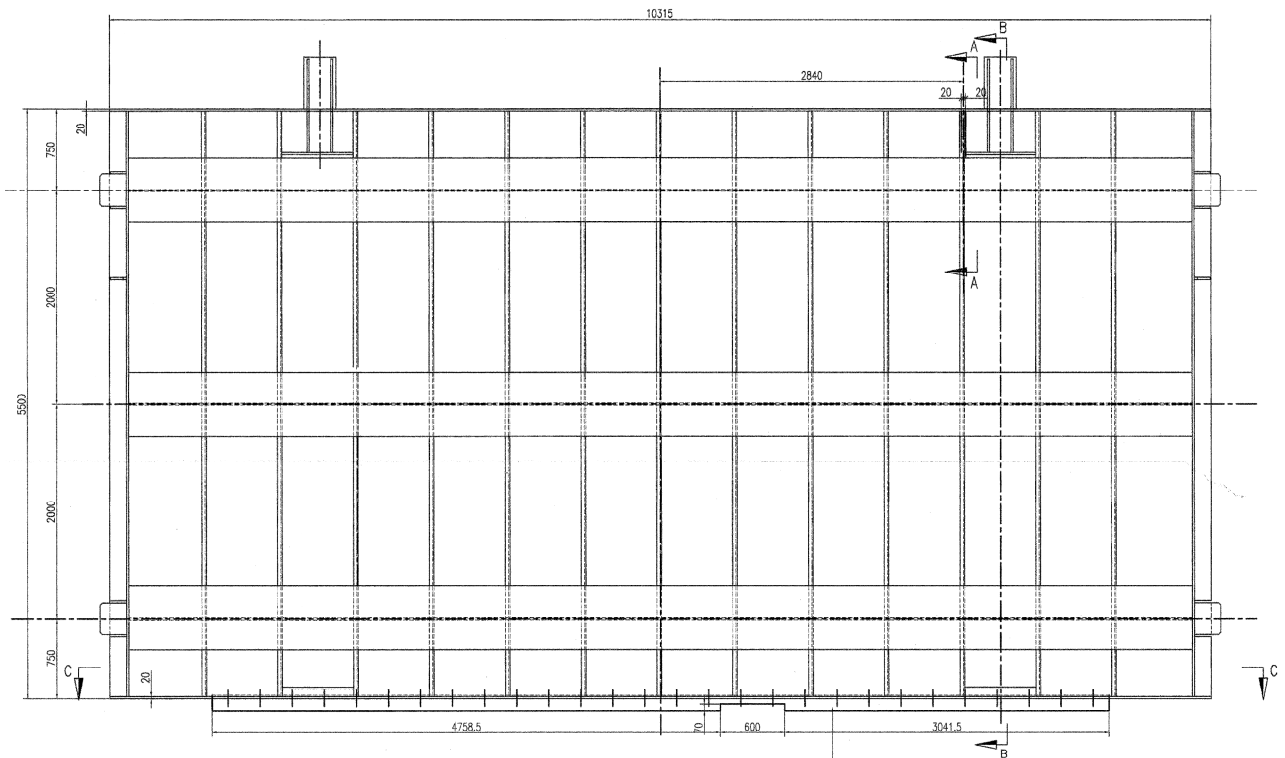
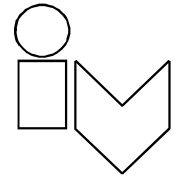
5.1 Geometrie

De schotbalken zijn zodanig ontworpen dat ze boven elkaar geplaatst kunnen worden. Er bestaan twee typen elementen:

- De passtuk
- Overige delen



Figuur 5 – Passtuk schotbalken (vooraanzicht)

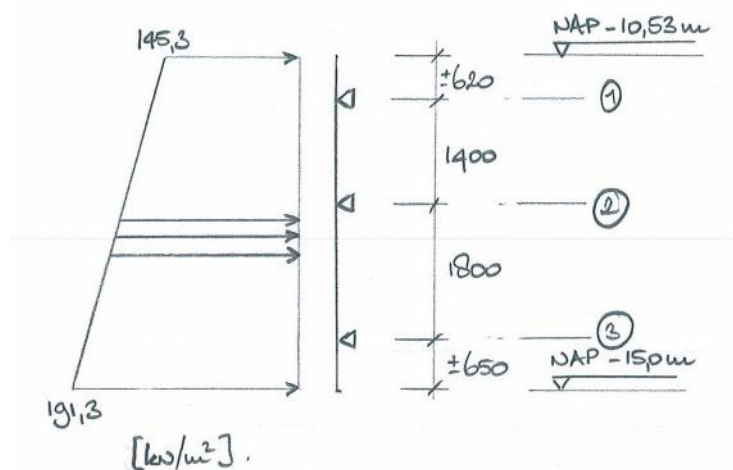


Figuur 6 - Schotbalken

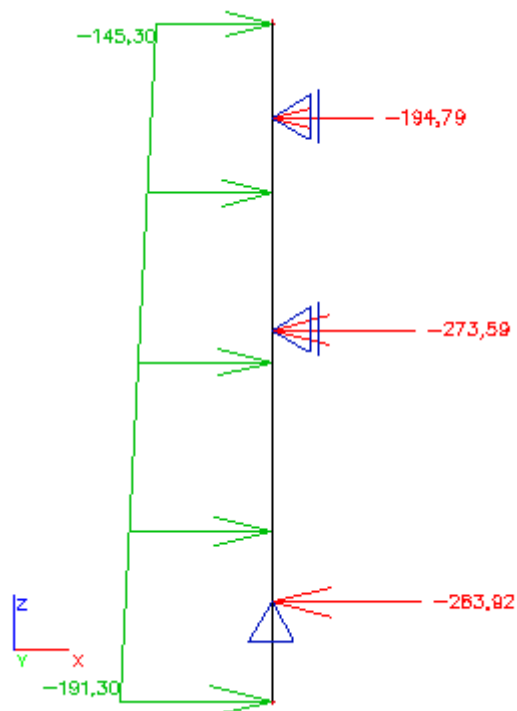
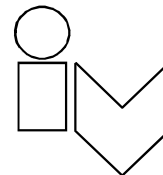
5.2 Passtuk

5.2.1 Bepaling maatgevende belasting

Het volgende belastinggeval wordt voor de toetsing gebruikt. Het is afgeleid van de situatie zoals beschreven in Hoofdstuk 3.



Bovenstaande schema is in SCIA ingevoerd. Hieruit volgen de reactiekrachten op de horizontale liggers.

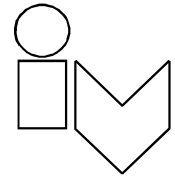


Figuur 7 – Belasting en reactiekrachten op passtuk (excl. belastingfactor)

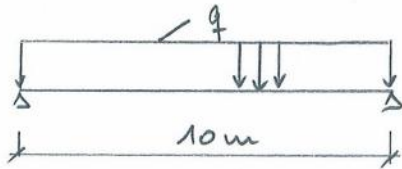
Opgemerkt wordt dat Ligger 3 zwaarder uitgevoerd is dan Ligger 1 en 2. Daarom kan hieruit gesteld worden dat Ligger 2 maatgevend is voor de toetsing.

Ligger 2 is maatgevend: $q_{rep} = 274 \text{ kN/m'}$.

$q_d = 1,35 \cdot 274 = 370 \text{ kN/m'}$.



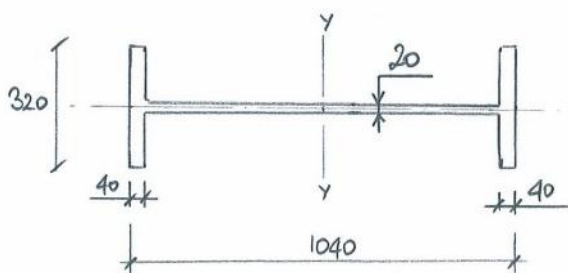
5.2.2 Toetsing Ligger 2



$$M_{rep} = \frac{1}{8} \cdot 274 \cdot 10^2 = 3425 \text{ kNm}$$

$$M_{td} = 1,35 \times 3425 = 4624 \text{ kNm}$$

Doorsnede :



$$A = 2 \times 320 \times 40 + 20 \times 20 = 44800 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 320^3 + 2 \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 320 \cdot 40^3 + 320 \cdot 40 \cdot 500^2 \right)$$

$$= 7,878 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{7,878 \cdot 10^9}{520} = 15149 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

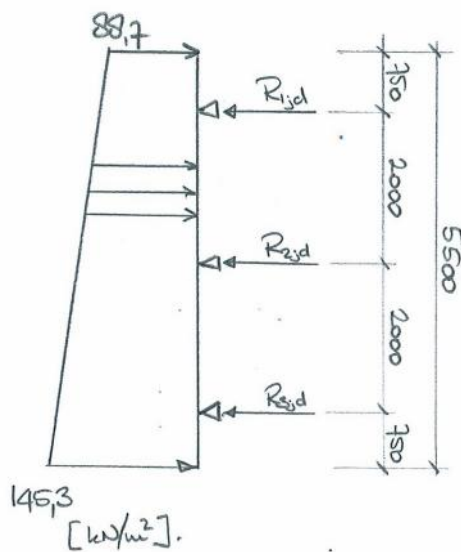
Toetsing: $\sigma_d = \frac{4624 \cdot 10^6}{15149 \cdot 10^3} = 305 \text{ N/mm}^2$

$$UC = \frac{305}{355} = 0,86$$

5.3 Schotbalken

5.3.1 Bepaling maatgevende belasting

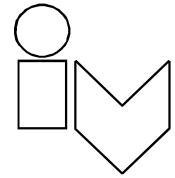
Het element boven de pastuk wordt getoetst.



$$R_{1,d} = 165 \text{ kN}$$

$$R_{2,d} = 241 \text{ kN} = \text{maatgevend}$$

$$R_{3,d} = 237 \text{ kN}$$



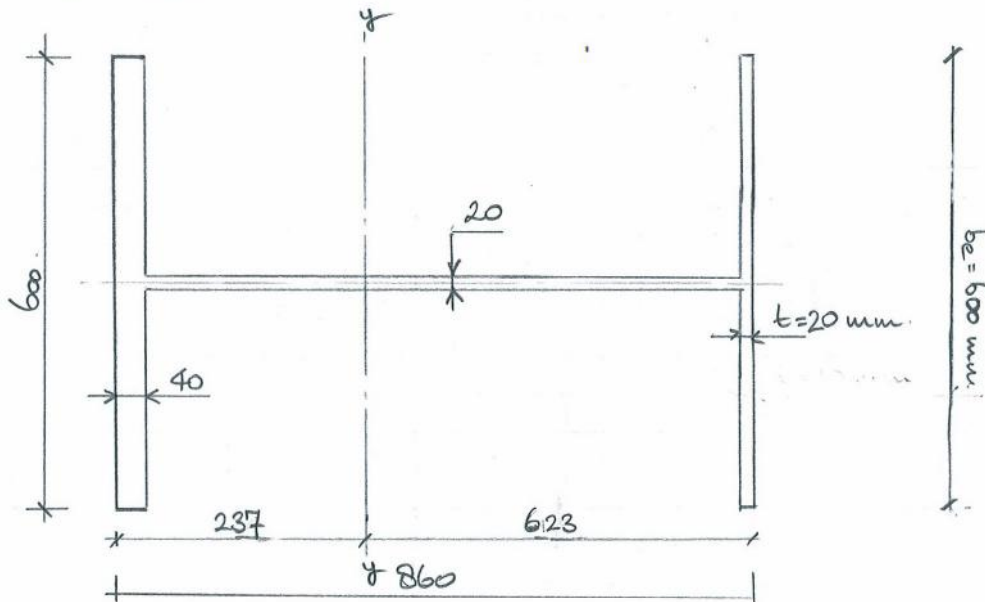
5.3.2 Toetsing middelste ligger

Doorsnede ligger op basis van tek. nr. NTKA-2002-32047

Tweeweekende breedte plaat: $t = 20 \text{ mm}$ (aanname)

$$b_e = 15 \times 20 = 300 \text{ mm.}$$

Doorsnede:



$$A = 600 \times 40 + 300 \times 20 + 800 \times 20 = 46000 \text{ mm}^2.$$

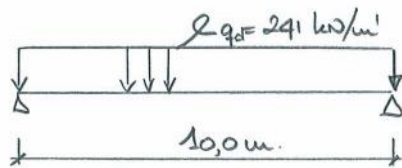
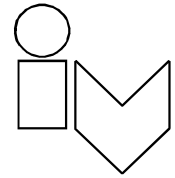
$$46000 \cdot z_p = 600 \cdot 40 \cdot 20 + 800 \cdot 20 \cdot 440 + 600 \cdot 20 \cdot 850$$

$$z_p = 237 \text{ mm.}$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 40^3 + 600 \cdot 40 \cdot 217^2 + \frac{1}{12} \cdot 20 \cdot 800^3 + 800 \cdot 20 \cdot 209^2 + \frac{1}{12} \cdot 600 \cdot 20^3 + 600 \cdot 20 \cdot 613^2$$

$$= 7,195 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

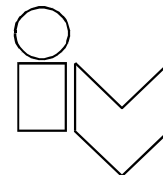
$$W_{y,min} = \frac{7,195 \cdot 10^9}{623} = 11549 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$



$$M_d = 1,25 \cdot \frac{1}{8} \cdot 241 \cdot 10^2 = 3766 \text{ kNm}$$

$$\text{Toetsing: } \sigma_d = \frac{3766 \cdot 10^6}{11549 \cdot 10^3} = 326 \text{ N/mm}^2 \quad \text{UC} = \frac{326}{355} = 0,92$$

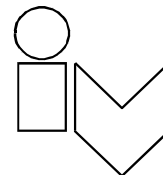
Bijlage 6 Controle berekening onderrolwagen



NOORDERSLUIS **CONTROLE BEREKENING ROLWAGEN**

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	96
2	Uitgangspunten	96
2.1	Normen en leidraden	96
2.2	Bestaande berekeningen	96
3	Analyse berekeningsdocumenten	97
3.1	Aanpak	97
3.2	Basisuitgangspunten	97
3.3	Maatgevende belastinggevallen	97
3.4	Controle van berekening staalconstructie	98
3.4.1	Inleiding	98
3.4.2	Verhoging UC's	99



1 Inleiding

Deze bijlage betreft de controle van de bestaande berekening van de stalen onderdelen van de onderrolwagens van de Noordersluis. Het is geschreven in het kader van het T0-onderzoek van het sluizencomplex in IJmuiden en dient in het kader van het analyserapport Staalbouw gelezen te worden.

De bestaande berekening wordt gecontroleerd volgens de nieuwe normen en uitgangspunten.

2 Uitgangspunten

2.1 Normen en leidraden

De volgende normen en leidraden worden bij deze berekening gehanteerd:

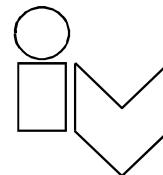
- NEN 6702:2007 Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 - Belastingen en vervorming
- NEN 6770:1997 TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen en basisrekenregels voor Overwegend statisch belaste constructies
- NEN 6771:2000 Staalconstructies – TGB 1990 – Stabiliteit
- TAW Leidraad Kunstwerken

2.2 Bestaande berekeningen

De volgende berekeningen worden gecontroleerd:

- [1] Belasting op rolwagens en rails
- [2] Berekening Onderrolwagen

Alleen de staalonderdelen van bovenstaande berekeningen worden behandeld. De overige delen zijn in het analyserapport Werktuigbouw terug te vinden.



3 Analyse berekeningsdocumenten

3.1 Aanpak

[2] is gebaseerd op de uitgangspunten die zijn opgesteld in [1]. In [1] worden veel situaties bekeken waaruit de maatgevende situaties volgen. Het doel van deze controle is:

- de basisuitgangspunten (zoals waterstanden) te controleren;
- de maatgevende belastinggevallen te controleren;
- de berekeningen globaal te checken en evt. aan te passen. Hierbij worden alleen de hoofdelementen beschouwd.

3.2 Basisuitgangspunten

De waterstanden die in het document [1] (hoofdstuk1) worden opgegeven wijken licht af van de huidige waterstanden [R-150]:

Voorhaven:

- gem. hoogwater:	NAP + 0,97 m	Vershil: + 6 cm
- gem. laagwater:	NAP – 0,73 m	Vershil: + 1 cm
- Laagwater 1/jaar:	NAP – 1,75 m	Vershil: – 5 cm

Kanaalpeil:

- Laagwater:	NAP – 0,84 m	Vershil: – 4 cm
--------------	--------------	-----------------

De maximale afwijking bedraagt 6 cm en is dermate klein dat het verwaarloosd kan worden voor de berekening. Verwacht wordt dat dit dus zeer weinig invloed zal hebben op de berekeningen.

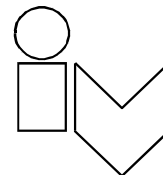
De lierkrachten (hoofdstuk 2) blijven ongewijzigd.

3.3 Maatgevende belastinggevallen

Er worden in [2] vier belastinggevallen beschouwd (blz. 02):

- Belastinggeval 1: Normaal geval, rolwagen in rust.
- Belastinggeval 2: Normaal geval, rolwagen in beweging.
- Belastinggeval 3: Buitengewoon geval, rolwagen in rust.
- Belastinggeval 4: Buitengewoon geval, rolwagen in beweging.

De waarden die hiervoor zijn gebruikt zijn in Tabel 1 weergegeven.



Tabel 1 – Waarden gebruikt voor de berekening van de rolwagens

	Belastinggeval 1	Belastinggeval 2	Belastinggeval 3	Belastinggeval 4
Waterpeil	NAP – 0,74 m	NAP – 0,74 m	NAP – 1,70 m	NAP – 1,70 m
Reactie gewicht ⁽¹⁾	0,5 x 1916 = 958 kN	0,5 x 1916 = 958 kN	0,5 x 2098 = 1049 kN	0,5 x 2098 = 1049 kN
Reactie slib ⁽²⁾	0,5 x 250 = 125 kN	0,5 x 250 = 125 kN	0,5 x 250 = 125 kN	0,5 x 250 = 125 kN
Onbekend ⁽³⁾	0,5 x 600 = 300 kN	0,5 x 600 = 300 kN	0,5 x 600 = 300 kN	0,5 x 600 = 300 kN
Lier – max ⁽⁴⁾	-	158 kN	-	422 kN
Lier – min ⁽⁴⁾	-	-158 kN	-	-422 kN
Verkeer ⁽⁵⁾	-	-	675 kN	-
Totaal (min)	-	1225 kN	-	1052 kN
Totaal (max)	1383 kN	1541 kN	2149 kN	1896 kN

Toelichting:

- (1) Reactiekracht op één rolwagen ten gevolge van het eigen gewicht van de roldeur bij het opgegeven waterpeil.
- (2) Reactiekracht op één rolwagen ten gevolge van 50 ton slib (waarvan de helft een opdrijvend vermogen heeft).
- (3) Het is onduidelijk waar deze waarde vandaan komt. Dit wordt in het rapport niet duidelijk gemaakt.
- (4) Reactiekracht op één rolwagen ten gevolge van de open- en dichttrekken van de roldeuren. Door de excentriciteit ontstaat op de rolwagens een koppel. Hierdoor kan de kracht dus zowel positief als negatief werken.
- (5) Reactiekracht op één rolwagen ten gevolge van de verkeersbelasting.

Aangenomen wordt dat de onbekende kracht van 600 kN de mosselaangroei is.

Opvallend is het gebruik van de waterstanden waarbij het eigen gewicht van de roldeuren is gekoppeld. De waterstand van NAP – 1,70 m komt overeen met een frequentie van 1/jaar en de waterstand van NAP – 0,74 m met de gemiddelde laagwaterstand. Conform het analyserapport waterbouw (R-150) kan de waterstand op zee veel lager zijn. In 1913 is de waterstand tot NAP -2,50 m gedaald. Theoretisch ligt de waterstand bij een frequentie van 1/10.000 jaar op NAP -3,00 m.

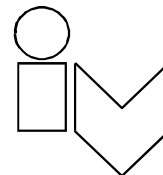
Volgens [1] is het eigen gewicht van de constructie bij een waterstand van NAP -3,00 m gelijk aan 3313 kN. Dit is dus veel ongunstiger dan is aangenomen. Indien hiervan wordt uitgegaan zou de maatgevende verticale belasting op rolwagens als volgt moeten zijn:

$$V_{rep} = 0,5 \times (3313 + 475 + 600) + 675 = 2869 \text{ kN (opbouw idem aan Belastinggeval 3 van Tabel 1).}$$

3.4 Controle van berekening staalconstructie

3.4.1 Inleiding

De berekening van de staalonderdelen beginnen in [2] op blz. 41. Opvallend is dat hierbij de maximale belasting uit Belastinggeval 2 is gebruikt, verhoogd met het eigen gewicht van de rolwagens (191 kN). Verder is er geen belastingfactor toegepast en wordt niet duidelijk gemaakt waaraan de berekende spanningen worden getoetst.



Daarom wordt voor de aanpassing van de Unity Checks het volgende aangenomen:

- Staalkwaliteit S235. Hiervoor is oorspronkelijk een veiligheidsfactor van 1,5 overeen gedaan. De toelaatbare spanning is dan: $f_y = 235 / 1,5 = 157 \text{ N/mm}^2$.

- Voor de huidige controle wordt de belasting als volgt vastgesteld:

$V_d = 1,20 \times 0,5 \times 3313 + 1,35 \times 0,5 \times 475 + 1,35 \times 0,5 \times 600 + 1,35 \times 675 + 1,20 \times 191 = 3854 \text{ kN}$.

De toelaatbare spanning wordt $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$.

De spanningen kunnen dus verhoogd worden met: $3854 / 1732 = 2,23$.

De berekende spanningen moeten dan met $f_y = 235 \text{ N/mm}^2$ vergeleken worden.

3.4.2 Verhoging UC's

In onderstaand tabel worden de UC's verhoogd.

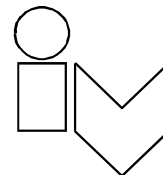
Tabel 2 – Nieuwe UC's staalonderdelen rolwagen

Onderdeel	Blz.		Oude spanning	Nieuwe spanning	Nieuwe UC
Ligger ABC	42	$\sigma_{b,onder}$	22 N/mm ²	49,1 N/mm ²	0,21
Ligger ABC	42	$\sigma_{b,boven}$	-20 N/mm ²	-44,6 N/mm ²	0,19
Ligger ABC	42	$T_{lijf,gem}$	24 N/mm ²	53,5 N/mm ²	0,39
Ligger EBKN	44	$\sigma_{b,onder}$	-71 N/mm²	-158,3 N/mm²	0,67
Ligger EBKN	44	$\sigma_{b,boven}$	57 N/mm ²	127,1 N/mm ²	0,54
Ligger DCLM	46	$\sigma_{b,onder}$	52 N/mm ²	116 N/mm ²	0,49
Ligger DCLM	46	$\sigma_{b,boven}$	-52 N/mm ²	-116 N/mm ²	0,49
Ligger DCLM	46	$T_{lijf,gem}$	24 N/mm ²	53,5 N/mm ²	0,39
Ligger HGFED	50	$\sigma_{b,onder}$	36 N/mm ²	80,3 N/mm ²	0,34
Ligger HGFED	50	$\sigma_{b,boven}$	-32 N/mm ²	-71,4 N/mm ²	0,30
Ligger HGFED	50	$T_{lijf,gem}$	12 N/mm ²	26,8 N/mm ²	0,20
Ligger OPQR	52	$\sigma_{b,onder}$	36 N/mm ²	80,3 N/mm ²	0,34
Ligger OPQR	52	$\sigma_{b,boven}$	-28 N/mm ²	-62,4 N/mm ²	0,27
Ligger OPQR	52	$T_{lijf,gem}$	12 N/mm ²	26,8 N/mm ²	0,20
Ligger GPSTUV	54	$\sigma_{b,onder}$	33 N/mm ²	73,6 N/mm ²	0,31
Ligger GPSTUV	54	$\sigma_{b,boven}$	-30 N/mm ²	-66,9 N/mm ²	0,28
Ligger GPSTUV	54	$T_{lijf,gem}$	19 N/mm ²	42,4 N/mm ²	0,31
Ligger FQZYXW	55	$\sigma_{b,onder}$	52 N/mm ²	73,6 N/mm ²	0,31
Ligger FQZYXW	55	$\sigma_{b,boven}$	-48 N/mm ²	-107,0 N/mm ²	0,46
Ligger FQZYXW	55	$T_{lijf,gem}$	19 N/mm ²	42,4 N/mm ²	0,31

De maatgevende UC is 0,67 in de UGT. Het betreft ligger EBKN.

Er zijn geen vermoeiingsberekeningen uitgevoerd. Er wordt geen vermoeiingsschade verwacht omdat alleen het eigen gewicht ten gevolge van het getij hier invloed op heeft. De spanningswisseling is hierbij klein.

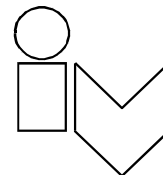
Bijlage 7 Berekening onderhoudsschuif



NOORDERSLUIS **BEREKENING ONDERHOUDSSCHUIVEN**

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	102
2	Uitgangspunten	102
2.1	Normen	102
2.2	Metingen	102
2.3	Staalkwaliteit	104
2.4	Gebruik	104
3	Belastingen	105
4	Berekening	105
4.1	Inleiding	105
4.2	Maatgevende belasting	105
4.3	Controle	106



1 Inleiding

Deze bijlage betreft de berekening van de onderhoudsschuiven. Het is geschreven in het kader van het T0-onderzoek van het sluizencomplex in IJmuiden en dient in het kader van het analyserapport Staalbouw gelezen te worden.

2 Uitgangspunten

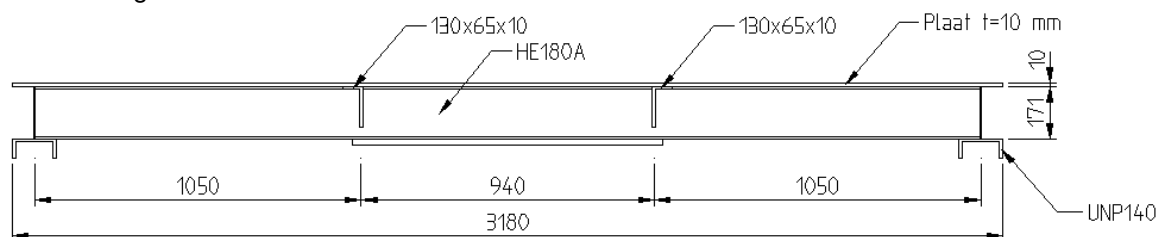
2.1 Normen

De volgende normen worden bij deze berekening gehanteerd:

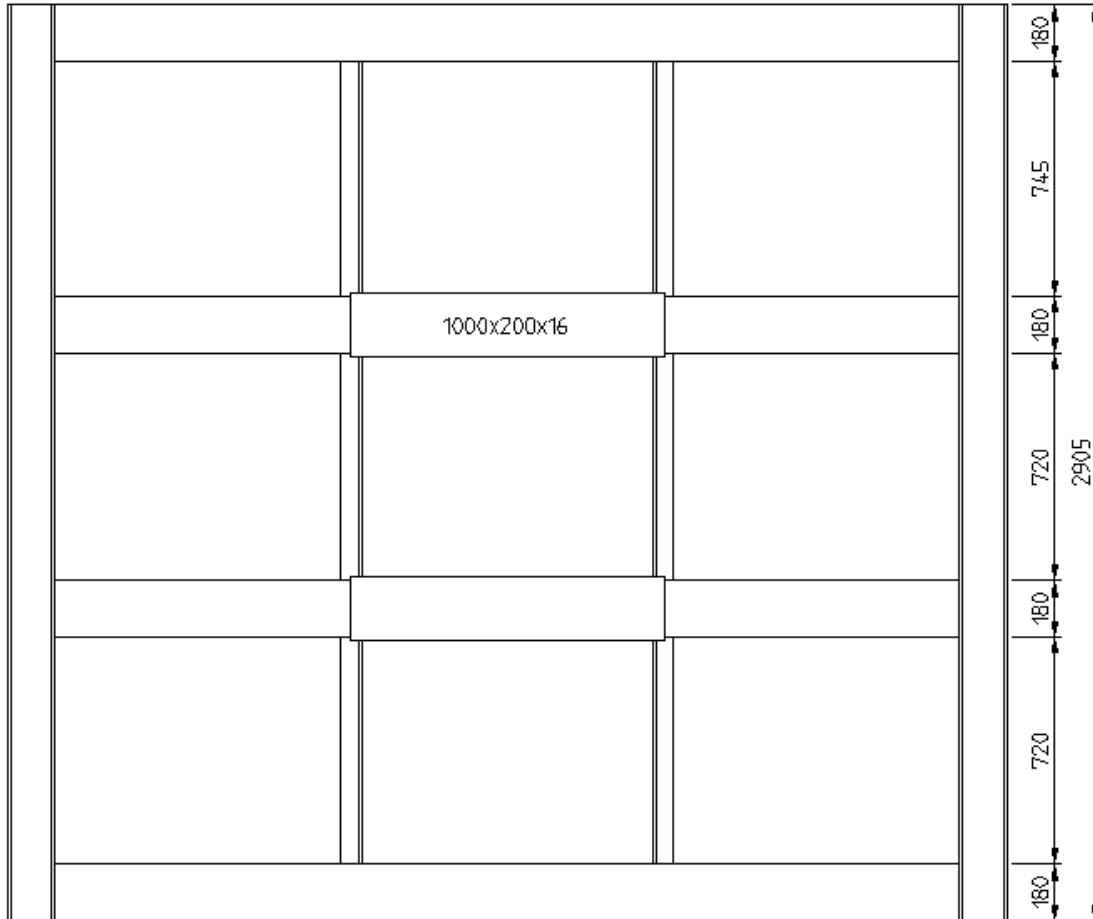
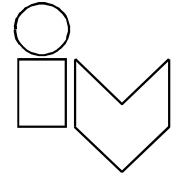
- NEN 6702:2007 Technische grondslagen voor bouwconstructies – TGB 1990 - Belastingen en vervorming
- NEN 6770:1997 TGB 1990 – Staalconstructies – Basiseisen en basisrekenregels voor Overwegend statisch belaste constructies
- NEN 6771:2000 Staalconstructies – TGB 1990 – Stabiliteit

2.2 Metingen

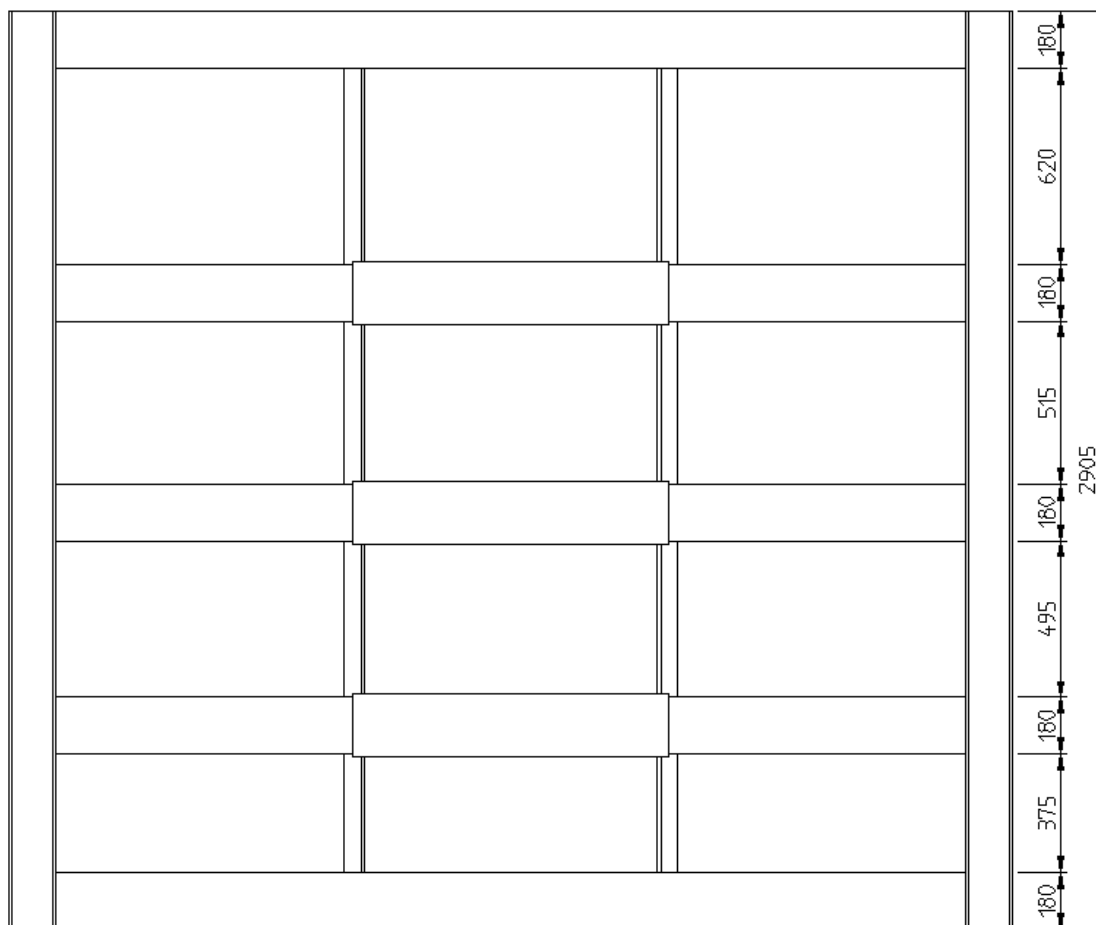
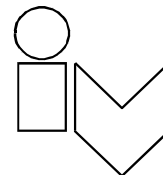
Zoals is aangegeven in het hoofdrapport Staalbouw zijn de schuiven ingemeten. De volgende afmetingen worden aangehouden:



Figuur 1 - Bovenaanzicht



Figuur 2 – Achteraanzicht (open zijde) van bovenste schuifdeel



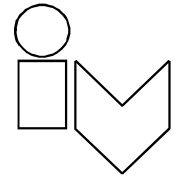
Figuur 3 - Achteraanzicht (open zijde) van onderste schuifdeel

2.3 Staalkwaliteit

Het is onduidelijk wat de staalkwaliteit van de schuiven is. Daarom wordt staalkwaliteit S235 voor alle onderdelen aangehouden.

2.4 Gebruik

De onderhoudsschotten worden ingezet om onderhoud te plegen aan de rioolschuiven. De onderhoudsschuiven worden aan één zijde van de rioolschuiven geplaatst. Vanwege de open verbinding van het riool op de kolk stijgt het water aan de kolkzijde van onderhoudsschuif mee met het niveau van de kolk. De onderhoudsschuiven worden dus niet geplaatst om het riool plaatselijk droog te zetten. De beheerder heeft aangegeven dat onderhoud van de rioolschuiven buiten stormseizoen gebeurt. Dit is echter niet op papier vastgelegd.



3 Belastingen

Dezelfde belastinggevallen als die opgesteld voor de roldeur worden aangehouden. De belastinggevallen volgen uit het analyserapport Waterbouw en zijn reeds in Bijlage 3 van dit rapport uitgewerkt. In Bijlage 4 zijn reeds de rioolschuiven geanalyseerd. Hieruit volgt dat Belastinggeval 2 uit hoofdstuk 4 van Bijlage 3 maatgevend is. Dit geldt ook voor de onderhoudsschuiven.

De volgende verdeelde belasting treedt op over het gehele oppervlak van de onderhoudsschuif:

$$q_d = 75,9 \text{ kN/m}^2 \quad (\gamma = 1,25)$$

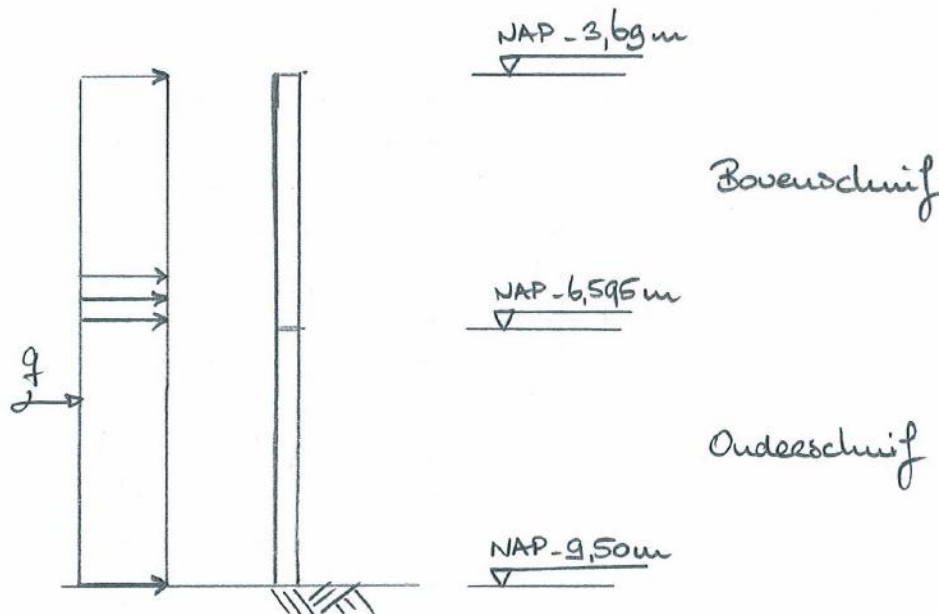
$$q_{rep} = 60,7 \text{ kN/m}^2$$

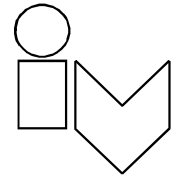
4 Berekening

4.1 Inleiding

De belastingen worden afgedragen via de horizontale liggers naar de opleggingen (verticale UNP 140 aan beide zijden van de schuiven). Alle horizontale liggers zijn identiek, alleen de hart op hart-afstand tussen de liggers verschilt.

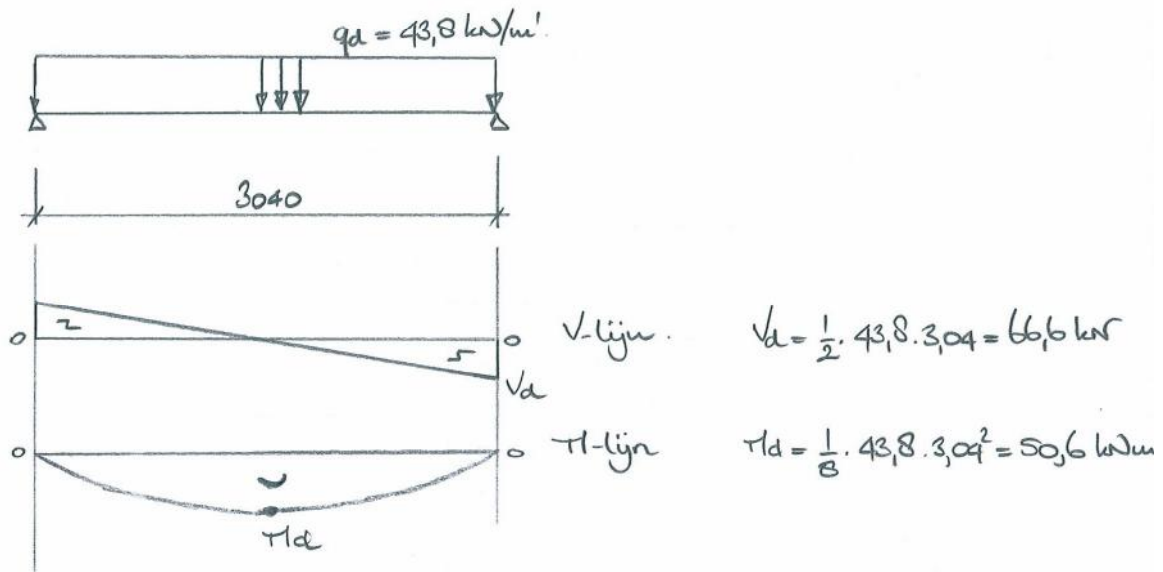
4.2 Maatgevende belasting





$$b_{max} = \frac{1}{2} \cdot (745 + 720) + 180 = 577 \text{ mm.}$$

$$q_d = 75,9 \times 0,577 = 43,8 \text{ kn/m'}$$



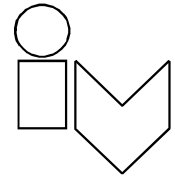
4.3 Controle

Doorsnede bij maximale dwarskracht V_d : lijf van HE180A.

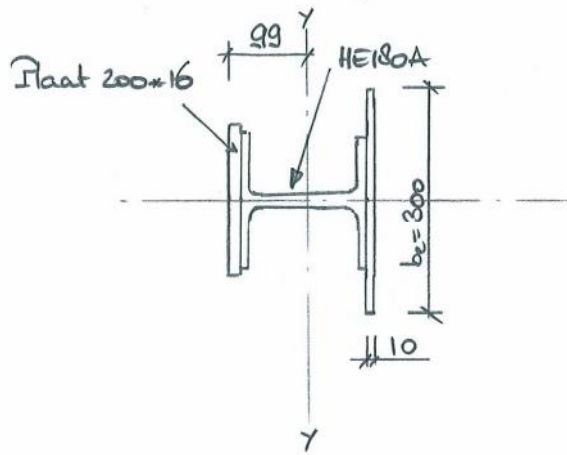
$$A_{lijf} = 171 \times 6 = 1026 \text{ mm}^2.$$

$$Z_{d,lijf} = \frac{66,6 \cdot 10^3}{1026} = 65 \text{ N/mm}^2$$

$$uc = \frac{65}{235/\sqrt{3}} = 0,98$$



Doorsnede bij maximaal moment M_d :



$$A = 4530 + 200 \cdot 16 + 300 \cdot 10 = 10730 \text{ mm}^2$$

Zwaartepunt t.o.v. linkerhand:

$$200 \cdot 16 \cdot 8 + 4530 \cdot 101,5 + 300 \cdot 10 \cdot 192 = 10730 \cdot z_y$$

$$z_y = 99 \text{ mm}$$

↳ hiermee ligt het zwaartepunt

nagenoeg in het hart van HE180A.

$$I_y = 2510 \cdot 10^4 + \frac{1}{12} \cdot 200 \cdot 16^3 + 200 \cdot 16 \cdot 93,5^2 + \frac{1}{12} \cdot 300 \cdot 10^3 + 300 \cdot 10 \cdot 90,5^2$$

$$= 7774 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{7774 \cdot 10^4}{95,5} = 814 \cdot 10^3 \text{ mm}^3$$

$$\Rightarrow \sigma_d = \frac{50,6 \cdot 10^6}{814 \cdot 10^3} = 62 \text{ N/mm}^2$$

$$u_c = \frac{62}{235} = 0,26$$



iv-Infra b.v.

Kraanspoor 28
1033 SE Amsterdam
Nederland
Telefoon +31 (0)20 630 46 40
Fax +31 (0)20 630 46 41
www.iv-infra.nl

iv-Infra b.v.

Fultonbaan 30
3439 NE Nieuwegein
Postbus 1396
3430 BJ Nieuwegein
Nederland
Telefoon +31 (0)30 602 30 30
Fax +31 (0)30 602 30 39
www.iv-infra.nl

iv-Infra b.v.

Noordhoek 37
3351 LD Papendrecht
Postbus 1155
3350 CD Papendrecht
Nederland
Telefoon +31 (0)78 644 81 11
Fax +31 (0)78 644 81 12
www.iv-infra.nl

iv-Groep b.v.

Noordhoek 37
3351 LD Papendrecht
Postbus 1155
3350 CD Papendrecht
Nederland
Telefoon +31 (0)78 644 80 00
Fax +31 (0)78 644 80 01
www.iv-groep.nl