

Het IJsselmeer

Het scenario voor het IJsselmeer is anders dan de andere scenario's omdat de afmetingen van het materieel worden beperkt door de afmetingen van de sluizen die toegang geven tot het IJsselmeer. Een passerend schip kan maximaal 17,5 m breed zijn, te smal voor een draaitafel met circa 40 km kabel. In het IJsselmeer wordt, om de kabel toch in één stuk te kunnen leggen, een legponton samengesteld waarop de draaitafel met de kabel wordt geïnstalleerd. De kabel wordt over zee aangevoerd en bij Den Oever over de Afsluitdijk gehaspeld en vervolgens door het IJsselmeer gelegd. Andere voorbereidingen, zoals baggeren, zijn niet nodig omdat de vereiste ingraafdiepte van 1 m met *jettrenchen* kan worden gehaald.

De landtracés

Het aanlegscenario voor de landtracés verschilt sterk van de scenario's voor het aanleggen op zee. De eerste kilometers kabel op land (afhankelijk van de situatie tot circa 5 km) worden nog vanaf het kabellegschip getrokken. Verder landinwaarts wordt de kabel gelegd in een werkstrook van 12 m breed, bestaande uit een kabelsleuf, een gronddepot naast de sleuf en een strook voor de toegang tot en de bediening van kranen en vrachtwagens. De sleuf is zo diep dat de kabel bestaande drainages onderlangs kruist; wegen, vaarwegen en spoorlijnen worden indien nodig met een gestuurde boring gekruist, en sloten worden tijdens de aanleg afgesloten met damwandprofielen. Verschillende bodemsoorten uit de sleuf worden gescheiden opgeslagen. Om eventueel contact van grondwaterregimes te voorkomen, kan de kabelsleuf in daarvoor gevoelige gebieden worden voorzien van hydrologische isolatie (folie), indien daartoe (hydrologisch) aanleiding is (dit wordt overigens niet verwacht).

De kabel wordt op haspels aangevoerd. De ongeveer 1 km kabel op een haspel wordt op rollen over de bodem van de sleuf voortgetrokken, en de segmenten worden met kabelmoffen aan elkaar bevestigd. Voor de aanleg op land zijn derhalve veel meer kabelmoffen nodig dan voor de aanleg in zee. Omdat kabelmoffen de beschikbaarheid van de verbinding als geheel negatief beïnvloeden, is het landtracé bij voorkeur kort. Om de thermische weerstand te verkleinen, wordt de kabel indien nodig in een laag zand met een lagere thermische weerstand geplaatst. Ter bescherming worden op de kabel afdekplaten van kunststof aangebracht. De sleuf wordt daarna weer opgevuld met de verwijderde grond, en vervolgens wordt de oorspronkelijke toestand hersteld.

Afrondende werkzaamheden

Nadat de kabel is aangelegd worden het aanlandingsmaterieel, de boorinstallaties en de damwanden verwijderd en de dijken en duinen in de oorspronkelijke staat gebracht. Omdat gebaggerde sleuven in het algemeen snel verzanden door natuurlijke sedimentatie, zal het opvullen daarvan meestal niet nodig zijn; de verstoring door het opvullen weegt dan niet op tegen het versnelde herstel. Als het toch nodig is de sleuven op te vullen, of als de verwachte sedimentatie uitblijft, wordt daarvoor zoveel mogelijk het van die plaats zelf verwijderde bodemmateriaal gebruikt.

Tenslotte wordt de precieze locatie van de kabel bepaald, met een horizontale en verticale nauwkeurigheid in de orde van grootte van 4 respectievelijk 0,5 m (*as-built* verslag).

6.3.2 Inspectie, onderhoud en reparatie

Het doel van het onderhoudsbeleid is het zoveel mogelijk voorkomen van beschadigingen die tot het uitvallen van de verbinding leiden en reparaties noodzakelijk maken. Niettemin zal het waarschijnlijk nodig zijn gedurende de bedrijfsperiode enige malen reparaties uit te voeren.

Inspectie

Om de dekking op de kabel te controleren, worden aanvankelijk voor en na iedere winter inspecties uitgevoerd. Door vergelijking met eerdere metingen kan de dekking op de kabel worden afgeleid. Mocht de kabel aan het oppervlak liggen dan wordt deze locatie aan de scheepvaart gemeld en met boeien gemarkeerd, om het risico dat de kabel wordt beschadigd te verkleinen. Bij (vermoedelijk) geringe dekking wordt een signaal op de kabel gezet, dat met speciale apparatuur (TSS-350) kan worden gedetecteerd en geïnterpreteerd.

In de regel worden blootliggende kabeldelen tijdens de onderzoeken in het voorjaar ontdekt, omdat de bodemveranderingen in de winter het grootst zijn. De onderhoudswerkzaamheden worden dan in de loop van het zomerseizoen uitgevoerd, en bij het onderzoek in het najaar wordt de dekking op de opnieuw ingegraven kabel nogmaals gecontroleerd. Als de kabel na een paar jaar door herhaaldelijk opnieuw ingraven dieper ligt en het risico van blootspoelen derhalve is afgenomen, wordt de frequentie van de onderzoeken mogelijk gehalveerd.

Onderhoud

Wanneer de kabel op een bepaalde plaats onbedekt op de zeebodem ligt, moet hij opnieuw worden ingegraven. *Jettrenchen* is daarvoor de meest effectieve werkwijze, maar kan alleen worden toegepast als het opnieuw in te graven stuk kabel lang genoeg is. Als het stuk kabel dat moet worden beschermd daarvoor te kort is, wordt grind gestort; dat is duurder maar het resultaat is meestal permanent, terwijl een opnieuw ingegraven kabel na enige tijd weer bloot kan liggen. Beide vormen van onderhoud nemen ongeveer een week in beslag.

Kabelbreukdetectie en -reparatie

Detectie van een kabelbreuk kan op de volgende manieren plaatsvinden.

- Glasvezelkabel. De kabel wordt voorzien van een glasvezel, waarmee de kabeltemperatuur en eventuele beschadigingen kunnen worden vastgesteld en gelocaliseerd.
- Elektrische meetsignalen op de kabelkernen. Met behulp van zogenaamde *Time Domain Reflection* kan worden bepaald of en waar de kabel beschadigd is.
- *Oliedrukmeting (bij gebruik van een FT-kabel)*. Door meting van de oliedruk in de kabel kan olieverlies door kabelbreuk worden gedetecteerd.
- Kortsluiting. Kortsluiting leidt tot uitval van de spanning (indien de kabel in bedrijf is).

- Visuele controle. De eventuele vorming van een olievlek aan het wateroppervlak, onder daarvoor geschikte omstandigheden, kan, voor zover die gemeld wordt, op kabelbreuk duiden.

Wanneer een kabelbreuk is gedetecteerd, wordt het reparatiescenario [TNO, 1997] uitgevoerd, dat aanvangt met het waarschuwen van de bevoegde autoriteiten in het gebied waar de kabel is gebroken.

Voor de NorNed-verbinding zal in een later stadium met de betrokken Nederlandse en Duitse overheden een gedetailleerd 'incident management plan' worden opgesteld, waarbij de taken en verantwoordelijkheden worden verdeeld, de procedures worden vastgelegd en afspraken worden gemaakt over het beschikbare materieel en de coördinatie van de werkzaamheden.

Hierna wordt de gang van zaken (na de detectie) op hoofdlijnen beschreven.

- *Oliebestrijding.* Bij breuk van een FT-kabel komt een beperkte hoeveelheid olie vrij. Daarom worden bij de detectie van een breuk in een FT-kabel (op zee) direct oliebestrijdingsvaartuigen naar de plaats van de kabelbreuk gedirigeerd. Oliebestrijding op zee geschiedt door of vanwege de overheid, die daarvoor bestrijdingsvaartuigen gereed houdt. De bestrijding van een eventuele olievlek dient (onder werkbare weersomstandigheden) binnen vier uur aan te vangen en de olievlek dient binnen 7,5 uur verwijderd te zijn. In het Duitse deel van de Waddenzee gelden vergelijkbare voorzieningen en richtlijnen.

Binnen circa tien uur na de detectie is, onder werkbare weersomstandigheden, ook een hopperzuiger ter plaatse. Deze is voorzien van een 'stolp', die over de breuk wordt geplaatst. Daarmee wordt de verdere verspreiding van olie voorkomen en wordt eventuele bodemverontreiniging opgeruimd. De maximale hoeveelheid met olie verontreinigde grond wordt geschat op circa 65 m³.

De responstijden van de olievlekbestrijding en de hopperzuiger zijn de belangrijkste factoren die bepalen hoeveel olie zich na een kabelbreuk in zee kan verspreiden. Na korte tijd neemt de uitstroomsnelheid van de olie namelijk sterk af. Er komt maximaal circa 2.000 l olie vrij, waarvan circa 1.000 l gedurende de eerste 100 uur (circa vier dagen) en circa 300 l gedurende het eerste tij (circa een halve dag). Een lekkage van maximaal 2.000 l behoort in de classificatie van Rijkswaterstaat tot de lichtste categorie.

Het eventuele optreden van een olievlek aan het wateroppervlak is afhankelijk van de tijdsduur, c.q. de hoeveelheid olie die vrijkomt en voorts van de gronddekking op de kabel, de waterdiepte, de stroming en de weersomstandigheden. Bij onwerkbaar weersomstandigheden (storm) disperseert het merendeel van de olie in korte tijd en ontstaat geen olievlek. Oliebestrijding is dan niet mogelijk, maar het risico van ecologische schade is in dat geval vrijwel afwezig [AEA, 1997a en 1997b].

- *Kabel afdichten.* Om de olie lekkage te stoppen, moet de kabel worden vrijgegraven en afgedicht. Dit gebeurt, afhankelijk van de omstandigheden, door duikers en/of met behulp van een *Remote Operated Vehicle*. De werkzaamheden duren onder werkbare weersomstandigheden tot tien dagen.

- *Kabelreparatie.* Bij de reparatie moeten de kabeleinden aan boord van een kabellegschip worden gehezen, waarbij de kabeldelen die water bevatten worden vervangen (tot maximaal circa 500 m aan weerszijden van de breuk). De kabel moet daarvoor over die lengte (zo nodig) worden vrijgegraven. Na de reparatie wordt de kabel weer op de zeebodem gelegd en beproefd. Vervolgens wordt de kabel opnieuw ingegraven en in bedrijf genomen. De reparatiewerkzaamheden duren onder werkbare weersomstandigheden tot vijf weken.

6.3.3 Tracé-gegevens

Hierna worden, in paragrafen 6.4 en volgende, de tracé-specifieke aspecten van aanleg, onderhoud en reparatie behandeld. Alvorens daartoe over te gaan, volgt hier een overzicht van de belangrijkste tracé-gegevens (zie tabel 6.3.3).

	Lauwersoogtracé	Eemshaventracé	Callantsoogtracé
<u>Tracélengte (km)</u>			
Noordzee, tussen 3- en 12-mijlszones	16	16,5	93
Noordzee, 3-mijlszone	8,5	16	7
Waddenzee	15,5	24	n.v.t.
Binnendijks, over land	circa 50	2	circa 35
Binnendijks, IJsselmeer	n.v.t.	n.v.t.	circa 40
Baggervolume (m ³)	600.000 (500.000) ¹	1.900.000	400.000
Onderhoudsverwachting	5 - 8	0 - 3	0 - 2
<u>Tijdsduur aanleg² (weken)</u>			
Doorlooptijd in Noordzee, tussen 3- en 12-mijlszones	2	2	9
Doorlooptijd tracé in 3-mijlszone	3	3	11
Doorlooptijd tracédeel door wadden	7	8	n.v.t.
Doorlooptijd binnendijks (land)tracédeel	26	2	22
Doorlooptijd binnendijks tracédeel IJsselmeer	n.v.t.	n.v.t.	11

¹ Het getal tussen haakjes geeft het volume baggerspecie dat in de sleuven wordt teruggestort.

² De perioden zijn deels overlappend.

Tabel 6.3.3 Enkele belangrijke tracégegevens

6.4 Het Lauwersoogtracé

In deze paragraaf wordt het aanleggen van de NorNed-verbinding op het Lauwersoogtracé beschreven, met inbegrip van de werkzaamheden die op de verschillende delen van het tracé moeten plaatsvinden, het installatiescenario en de verwachte onderhoudsactiviteiten. Als eerste wordt de bepaling besproken van de diepte waarop de kabel wordt ingegraven.

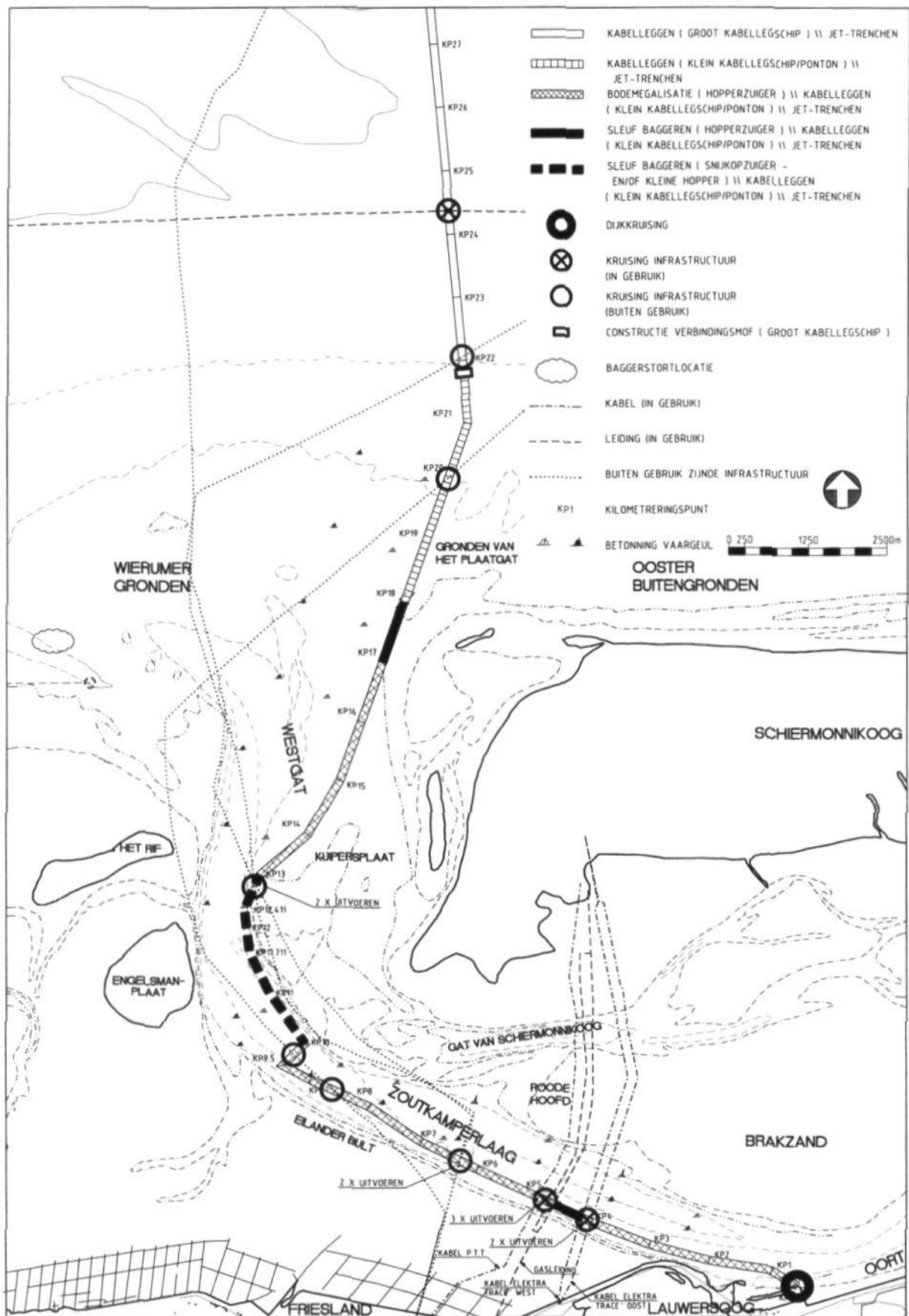
6.4.1 De ingraafdiepte

De diepte waarop de kabel moet worden ingegraven, wordt bepaald op basis van de faalfrequentie die voor de verbinding als geheel aanvaardbaar wordt geacht. Door middel van morfologisch-stochastische berekeningen kan men bepalen hoe groot de kans op niet-beschikbaarheid bij een bepaalde ingraafdiepte is. Voor deze statistische berekeningen heeft men gegevens over de waterdiepte en de morfologische dynamiek van de zeebodem nodig, evenals een kwantitatieve beschrijving van de risico's die de kabel op het tracé loopt. Voor het Lauwersoogtracé zijn de bedoelde berekeningen uitgevoerd [Alkyon, 1997].

Aan het ontwerpcriterium voor de niet-beschikbaarheid door externe oorzaken ($3,5 \cdot 10^{-4}$ fouten per km per jaar) kan op het Lauwersoogtracé tijdens de aanleg niet worden voldaan - zelfs niet als de kabel op een diepte van 10 m zou worden gelegd, hetgeen niet realiseerbaar is. Daarom wordt de kabel in eerste instantie op een diepte gelegd waarbij de bodem in beperkte mate wordt verstoord. Vervolgens wordt in de eerste jaren na aanleg vijf tot acht keer *geretrencht*, tot de ontwerpdiepte is bereikt. Tussen KP 10 en 13 zullen de meeste *trench*stappen nodig zijn, door de erosie op dat deel van het tracé. De ingraafdieptes zijn vermeld in tabel 6.4.2.

6.4.2 De werkzaamheden

In het onderstaande worden de werkzaamheden voor het aanleggen van de NorNed-verbinding op de verschillende delen van het Lauwersoogtracé beschreven. De keuze van de werkwijze op zee wordt vooral bepaald door het ondiepe water, waarin schepen en materieel met een beperkte diepgang en grootte moeten worden ingezet. De grootste hinderpaal vormen daarbij de Wierumer Gronden, een drempel die de toegang tot de Zoutkamperlaag afsluit voor grote vaartuigen. Het tracé kruist ook een aantal kabels en pijpleidingen. In figuur 6.4.2 is weergegeven welke technieken worden toegepast op welke delen van het tracé.



Figuur 6.4.2 Toegepaste installatietechnieken Lauwersoogtracé

Het landtracé

Het landtracé naar het convertorstation bij de Eemshaven heeft een lengte van circa 50 km; de aanleg zal circa zes maanden vergen. De werkzaamheden op het land zijn voor alle tracés hetzelfde; zie voor nadere informatie paragraaf 6.3.1.

De aanlanding

De aanlandingslocatie van het Lauwersoogtracé bevindt zich in de noordoostelijke hoek van de haven van Lauwersoog. Aan de zeezijde van de havendam loopt de bodem vrijwel direct af naar het diepe geulgedeelte. In de benodigde damwandkuip aan de teen van de havendam wordt circa 100 m³ bodemmateriaal verwijderd, die op land wordt opgeslagen en later voor herstel van de teen van de dijk wordt gebruikt. De kabel wordt daar in een sleuf met een diepte van 1 m door de havendam gelegd. De kabel loopt door een leidingenstrook langs de dam en kruist verder landinwaarts de waterkering boven het stormvloedpeil; zie voor nadere informatie ook paragraaf 6.2.7.

Het zeetracé

In verband met de huidige ligging van de bodem moet vooral bij de Kuipersplaat en de noordwestpunt van Schiermonnikoog (KP 17 - 18) voorbereidend baggerwerk plaatsvinden om de ingraafdiepte te kunnen realiseren. De hiervan afkomstige baggerspecie wordt afgevoerd naar een stortlocatie in het Westgat. Tussen KP 9 en 13 kan het, als het water er nog ondieper wordt, nodig zijn een snijkopzuiger met losbakken te gebruiken.

De baggervolumes voor het graven van sleuven op het Lauwersoogtracé (zie tabel 6.4.2) zijn voor een bodembreedte van 15 m en een taludhelling van 1:5 bepaald op basis van het bodemniveau, de ingraafdiepte en het feit dat ten noorden van KP 18 geen sleuven hoeven te worden gebaggerd. Deze baggervolumes kunnen in de praktijk als gevolg van morfologische veranderingen anders zijn. Als bijvoorbeeld het water op het moment van de werkzaamheden te ondiep is om een snijkopzuiger te gebruiken, moet ander materieel worden ingeschakeld, en dan kan een sleufbreedte van 15 m onvoldoende zijn. Op het gehele tracé (tot de 3-mijlszone) moet een strook zeebodem met een breedte van 15 m vlak worden gemaakt; dat heeft een extra baggervolume van naar schatting maximaal 110.000 m³ (PKB-gebied Waddenzee) en 62.500 m³ (3-mijlszone) tot gevolg. Het is overigens niet geheel zeker dat overal egalisatie nodig is; dit hangt samen met de aard van de bodemoneffenheden op het moment van aanleg.

Het kabelleggen moet met een klein kabellegschip/ponton met geringe diepgang worden uitgevoerd. In het zeer ondiepe water op dit deel van het tracé is voor het manoeuvreren een systeem met zes of acht ankers nodig. Als de waterdiepte aan de rand van de Kuipersplaat blijft afnemen, moet de kabel bij KP 9 - 13 worden ingedreven en vanuit een geankerde bak worden afgezonken. Als alternatief kan men het legschip laten droogvallen, als de helling van de bodem dat toestaat.

De kabel wordt na het leggen met een *jettrencher* ingegraven. Bij de geulwanden van de Kuipersplaat moet rekening worden gehouden met de instabiliteit van de bodem, tenzij de diepte op het moment van het aanleggen van de verbinding zover is afgenomen dat er geen steile geulwand meer is. In dat geval moet met de snijkopzuiger een doorgang voor het begeleidingsschip van de *jettrencher* worden gebaggerd.

De sleuf bij de noordwestpunt van Schiermonnikoog zal door het zandtransport langs de kust in snel tempo verzanden en hoeft dus niet op kunstmatige wijze te worden opgevuld. De sleuf langs de Kuipersplaat is vermoedelijk van grotere invloed op het lokale morfologische systeem en zal daarom wel moeten worden opgevuld [Alkyon, 1997]. Daarvoor wordt het vrijgekomen materiaal gebruikt dat tijdelijk op de stortplaats in het Westgat is gestort.

De reguliere stortlocaties in de Zoutkamperlaag worden niet gebruikt voor de NorNed-kabel. Ten eerste zijn deze locaties niet geschikt voor de grote hoeveelheden waar het hier om gaat. Ten tweede zijn deze stortplaatsen specifiek bedoeld om "op het tij" te storten, wat inhoudt, dat de specie zich snel over het hele kombergingsgebied verspreidt. Voor NorNed is juist naar een locatie gezocht waar de specie tijdelijk blijft liggen, zodat het kan worden gebruikt om de sleuf weer te vullen. Als stortplaats heeft Rijkswaterstaat voorlopig een rechthoek van circa 1.000 bij 500 m in het Westgat aangewezen (zie figuur 6.4.2 voor indicatieve locatie). De precieze coördinaten en voorwaarden/maatregelen zullen te zijner tijd bij het verlenen van de baggervergunning worden bepaald. Het opvullen wordt met hetzelfde materieel uitgevoerd als waarmee de sleuf is gebaggerd. Het terugstorten vindt op gecontroleerde manier door een valpijp plaats. Het terug te storten volume is kleiner dan hoeveelheid verwijderd materiaal door de natuurlijke aanzanding van de sleuf.

Vanaf KP 22, ten noorden van de Gronden van het Plaatgat, wordt het standaardscenario voor de Noordzee gevolgd.

KP		ingraafdiepte (m)	trenchen (m)	baggeren (m)	baggervolume (m ³)
start (km)	eind (km)				
0.7	1.0	2	2	0	0
1.0	2.0	2	2	0	0
2.0	3.0	2	2	0	0
3.0	4.0	2	2	0	0
4.0	5.0	5	2	3	115.000
5.0	6.0	2	2	0	0
6.0	6.5	3	3	0	0
6.5	7.0	3	3	0	0
7.0	7.5	3	3	0	0
7.5	8.0	2	2	0	0
8.0	9.0	2	2	0	0
9.0	9.5	2	2	0	0
9.5	9.7	3	3	0	0
9.7	10.0	3	3	0	0
10.0	10.5	5	2	3	57.500
10.5	11.0	5	2	3	57.500
11.0	11.5	5	2	3	57.500
11.5	12.0	5	2	3	57.500
12.0	12.4	5	2	3	46.000
12.4	13.0	5	2	3	69.000
13.0	14.0	3	3	0	0
14.0	14.5	2	2	0	0
14.5	15.0	2	2	0	0
15.0	15.5	2	2	0	0
baggervolume PKB-gebied Waddenzee (exclusief 110.000 in verband met egaliseren)					460.000
15.5	16.0	2	2	0	0
16.0	16.5	3	3	0	0
16.5	17.0	3	3	0	0
17.0	17.5	5	2	3	57.500
17.5	18.0	4	2	2	30.000
18.0	19.0	2	2	0	0
19.0	20.0	3	3	0	0
20.0	21.0	3	3	0	0
21.0	22.0	3	3	0	0
22.0	23.0	3	3	0	0
23.0	24.0	3	3	0	0
baggervolume (3-mijlszone (exclusief 62.500 in verband met egaliseren))					87.500
totaal baggervolume (exclusief egaliseren)					547 500
totaal baggervolume (inclusief egaliseren)					720.000

Tabel 6.4.2 De ingraafdiepte en de baggervolumes voor het aanleggen van de verbinding op het Lauwersoogtracé (indicatief, conservatief)

Het kruisen van infrastructuur in zee

Binnen de 12-mijlszone kruist het Lauwersoogtracé zes maal in bedrijf zijnde infrastructuur. Het tracé kruist ten noorden van de Waddenzee de NGT-gasleiding, en in de leidingenstraat tussen Schiermonnikoog en het vasteland twee gasleidingen, één telefoonleiding en twee elektriciteitskabels. Verder wordt tot KP 22 zes maal een telecommunicatiekabel gekruist die niet meer in gebruik is. Infrastructuur die nog in gebruik is, wordt bij voorkeur zonder verdiepen gekruist; de kruisingen worden echter *pas definitief ontworpen na een gedetailleerd onderzoek ter plaatse* (waarbij vooral de exacte diepte waarop de leidingen liggen van belang is) en na overleg met de eigenaren van de bestaande leidingen. De werkzaamheden voor het kruisen van infrastructuur die niet meer in gebruik is, kunnen door duikers worden uitgevoerd. Voor de buitengaatse kruisingen bij KP 20 en 22 wordt wellicht een ROV gebruikt. De leiding wordt met een eenvoudige zandpomp of met een *jet*apparaat vrijgemaakt van bodemmateriaal, waarbij de bodem in geringe mate wordt verstoord.

6.4.3 Het installatiescenario en de planning

Zeegedeelte

Voor het aanleggen van de NorNed-verbinding op het zeegedeelte (inclusief aanlanding) van het Lauwersoogtracé is het volgende scenario opgesteld:

- a voorbereiding van de kruisingen (plaatsen zinkstukken, kappen oude kabels);
- b plaatsen damwandkuip in de teen van de havendam;
- c openen dam, graven sleuf door de leidingenstrook;
- d invaren en aan wal brengen van de kabel;
- e tegelijk met stappen b-d: baggerwerk waar nodig (kort vóór het kabelleggen);
- f begin kabelleggen in Zoutkamperlaag (naar open zee);
- g aansluitend aan e: *trenchen* (behalve bij kruisingen met infrastructuur die in gebruik is);
- h indien nodig tweede *trench*stap (behalve in baggergebieden en bij kruisingen);
- i tegelijk met stap e-h: verwijderen damwanden, herstel havendam;
- j terugvullen gebaggerde sleuf langs de Kuipersplaat;
- k kruisingen afdekken door storten;
- l oplevering.

Dit scenario is uitgewerkt tot een voorlopige planning (zie tabel 6.4.3.a en 6.4.3.b), waarbij rekening is gehouden met relatief (dat wil zeggen voor de betrokken perioden) ongunstige weersomstandigheden [RIKZ, 1997] en een aangepaste werkwijze op de ondiepe delen. De werkzaamheden in de Waddenzee duren ongeveer twee maanden. De aansluitende werkzaamheden in de 3-mijlszone (KP 15,5 - 24) duren ongeveer één maand (deels overlappende perioden). In deze zone wordt tot KP 22 gebruik gemaakt van een klein legschip of ponton, met geringe diepgang. De werkzaamheden in de 3-tot 12-mijlszone (KP 24 - 40) duren ongeveer twee weken.

Vanaf KP 22 zal een groot legschip worden gebruikt. Het aanbrengen van de *verbindingsmof* bij KP 22 vergt tot circa tien dagen. De werkzaamheden sluiten mogelijk niet direct op elkaar aan.

De verdere aanleg van de kabel in de 12-mijlszone (KP 24 - 40) vergt bij dezelfde aannamen in het totaal ongeveer twee weken. De werkzaamheden omvatten hier het *construeren van de kruising met de NGT-leiding, het leggen van de kabel met een groot kabellegschip en één of twee maal jettrenchen*. Baggerwerkzaamheden vinden hier niet plaats.

activiteit	duur	week						
		1	2	3	4	5	6	7
werkzaamheden PKB-gebied Waddenzee (KP 0 - KP 15.5)								
baggeren (inclusief egaliseren)	3 w							
voorbereiding aanlanding	1 w							
voorbereiding kruisingen	1 w							
kabel invaren en over dijk trekken	3 d							
kabelleggen	1 w							
1e trenchgang	1 w							
2e trenchgang	1 w							
herstel havendam en leidingenstrook	2 w							
opvullen sleuf Kuipersplaat	3 w							
afwerken kruisingen	1 w							
werkzaamheden 3-mijlszone (KP 15.5 - KP 24)								
baggeren (inclusief egaliseren)	1 w							
kabelleggen tot KP 22	3 d							
1e trenchgang tot KP 22	3 d							
2e trenchgang tot KP 22	3 d							
constructie mof KP 22	10 d							
kabelleggen KP 22 - KP 24	1 d							
trenchen KP 22 - KP 24	1 d							
werkzaamheden 3- tot 12-mijlszone (KP 24 - KP 40)								
voorbereiding kruising NGT	1 w							
kabelleggen	3 d							
trenchen	6 d							
afwerken kruising NGT	4 d							

Tabel 6.4.3.a Planning van het aanleggen van de verbinding op het Lauwersoogtracé (zeegedeelte)

Materieelinzet aanleg zeegedeelte

materieel	tijdsduur
sleephopperzuiger (2 x)	7 weken
snijkopzuiger (eventueel)	2 weken
sleepboot (2x)	4 weken
kabellegschip/ponton voor <i>ondiep water</i>	1,5 weken
groot kabellegschip	2 weken
<i>jettrencher</i>	4 weken
onderzoeksvaartuig	7 weken

Materieelinzet kruisingen infrastructuur

materieel	tijdsduur
ponton met kraan	2 weken
sleepboot	3 weken
grind- of steenstorter	2 week

Materieelinzet aanlanding

materieel	tijdsduur
ponton met kraan	1 week
sleepboot	1 week
rijdende graafmachine	3 weken
kabeltreklier	1 week

Tabel 6.4.4.3.b Tijdsduur materieelinzet Lauwersoogtracé

Landgedeelte

Op land wordt (vanwege de hanteerbaarheid) een lichtere (minder gewapende) kabel gebruikt in secties van circa 1 km. Het aanleggen van de circa 50 km NorNed-kabel op het landgedeelte van het Lauwersoogtracé duurt circa 6 maanden, aansluitend aan de aanlanding van de kabel (parallel aan het werk op zee). Omdat de kabeltemperatuur meer dan 5 °C moet bedragen om zonder schade te kunnen buigen, moet de aanleg buiten de winterperiode plaatsvinden. Vanwege de grote booglengten kan de kabel niet (over de gehele benodigde lengte) door verwarming op de gewenste buigtemperatuur worden gehouden.

6.4.4 Onderhoud en reparatie

De ingraafdiepte van de kabel is zo gekozen dat tijdens de geplande levensduur van de kabel naar verwachting vijf tot acht maal opnieuw moet worden *getrencht*, in verband met de morfologische processen bij de Kuipersplaat en langs de Gronden van het Plaatgat ten noordwesten van Schiermonnikoog.

Bij de periodieke onderzoeken krijgen de kruisingen met andere infrastructuur speciale aandacht. Als de gestorte afdekking te dun wordt, moet extra stortmateriaal worden aangebracht. Op de meeste plaatsen is het geen probleem als een stuk kabel gedurende enige tijd blootligt; men kan dan eerst afwachten hoe de deklaag verder verandert [Alkyon, 1997]. De betreffende locatie wordt in zo'n geval aan de scheepvaart gemeld en met boeien gemarkeerd om het risico dat de kabel wordt beschadigd te verkleinen.

De kans op schade aan de kabel als gevolg van externe en interne factoren is in tabellen 6.4.4.a en 6.4.4.b gespecificeerd. Het ontwerpcriterium voor niet-beschikbaarheid als gevolg van externe oorzaken is $3,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar voor de gehele verbinding; de verwachte faalfrequentie als gevolg van interne oorzaken is $1,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar. Als de kabel door interne oorzaken kapot gaat, kan hij op dat moment zodanig diep in de bodem liggen dat opgraven en verwijderen onwenselijk is. Hoewel men bij voorkeur een zo kort mogelijk stuk kabel vervangt, kan in dat geval worden besloten een langer stuk te vervangen om de bodem zo min mogelijk te verstoren.

Faalfrequentie externe oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	15,5	185
3-mijlszone	8,5	337
overig in 12-mijlszone	16	179

Tabel 6.4.4.a Faalfrequenties op het Lauwersoogtracé, als gevolg van externe oorzaken

Faalfrequentie interne oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	15,5	430
3-mijlszone	8,5	784
overig in 12-mijlszone	16	417

Tabel 6.4.4.b Faalfrequenties op het Lauwersoogtracé, als gevolg van interne oorzaken

6.5 Het Eemshaventracé

In deze paragraaf wordt het aanleggen van de NorNed-verbinding op het Eemshaventracé beschreven, met inbegrip van de werkzaamheden die op de verschillende delen van het tracé moeten plaatsvinden, het installatiescenario en de verwachte onderhoudsactiviteiten. Als eerste wordt besproken het bepalen van de diepte waarop de kabel wordt ingegraven.

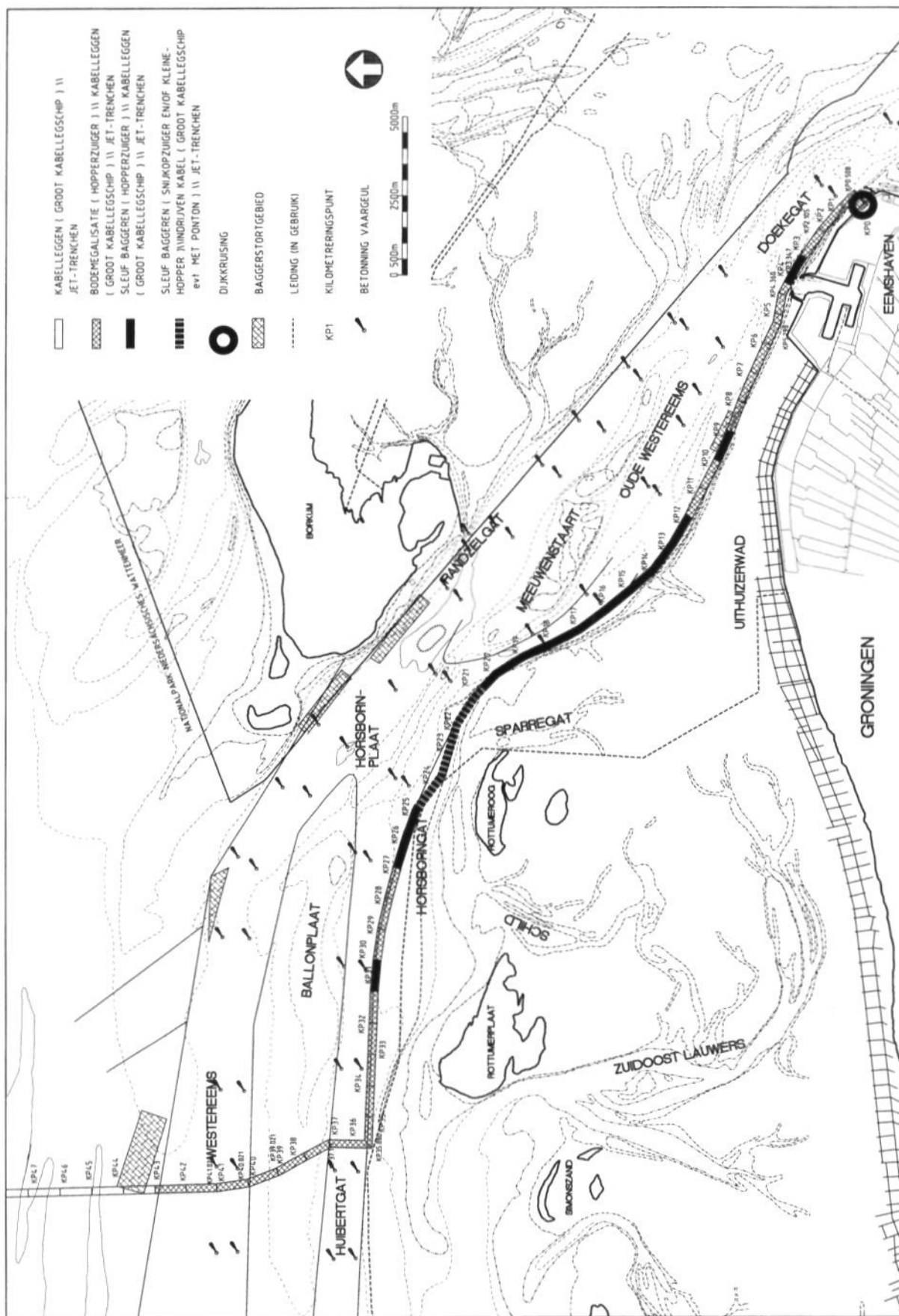
6.5.1 De ingraafdiepte

De diepte waarop de kabel moet worden ingegraven, wordt bepaald op basis van de faalfrequentie die voor de verbinding als geheel aanvaardbaar wordt geacht. Door middel van morfologisch-stochastische berekeningen kan men bepalen hoe groot de kans op niet-beschikbaarheid bij een bepaalde ingraafdiepte is. Voor deze statistische berekeningen heeft men gegevens over de waterdiepte en de morfologische dynamiek van de zeebodem nodig, evenals een kwantitatieve beschrijving van de risico's die de kabel op het tracé loopt. Voor het Eemshaventracé zijn de bedoelde berekeningen uitgevoerd [Alkyon, 1997].

Aan het ontwerpcriterium voor de niet-beschikbaarheid door externe oorzaken ($3,5 \cdot 10^{-4}$ fouten per km per jaar) wordt op het Eemshaventracé voldaan bij een ingraafdiepte van plaatselijk tot maximaal 5 m. Naar schatting moet in de eerste jaren na aanleg van de kabel nul tot drie maal opnieuw worden *geretrencht*, als de kabel door de morfologische dynamiek bloot komt te liggen. De ontwerpdiepten voor het ingraven zijn vermeld in tabel 6.5.2.

6.5.2 De werkzaamheden

In het onderstaande worden de werkzaamheden voor het aanleggen van de NorNed-verbinding op de verschillende delen van het Eemshaventracé beschreven. In tegenstelling tot het Lauwersoogtracé vindt aanleg van de kabel hier overal met een groot kabellegschip plaats. Op een klein deel van het tracé is de vaardiepte niet toereikend voor dit schip (bij het Horsbornzand). Dit deel is echter klein genoeg om aanleg door middel van het indrijven van de kabel vanuit het grote kabellegschip te laten plaatsvinden. In figuur 6.5.2 is weergegeven welke technieken worden toegepast op welke delen van het tracé.



Figuur 6.5.2 Toegepaste installatietechnieken Eemshaventracé

Het landtracé

Het landtracé naar het converterstation bij de Eemshaven heeft een lengte van 2 km; de aanleg zal enkele weken vergen. De werkzaamheden op het land zijn voor alle tracés hetzelfde; zie voor nadere informatie paragraaf 6.3.1.

De aanlanding

Bij de Eemshaven wordt de kabel in een sleuf met een diepte van 1 m door de dijk gelegd, zodat hij die boven het stormvloedpeil kruist. Als het water voor de dijk te ondiep is om de dijk met drijvend materieel voldoende dicht te bereiken, wordt een sleuf gegraven waarin de kabel op een diepte van 2 m wordt afgezonken. De sleuf wordt vervolgens gevuld met de vrijgekomen, tijdelijk in de EPON-haven opgeslagen grond (circa 4.000 m³); zie voor nadere informatie ook paragraaf 6.2.7.

Het zeetracé

In verband met de huidige ligging van de bodem moet voorbereidend baggerwerk plaatsvinden om de ingraafdiepte te kunnen realiseren. De hiervan afkomstige baggerspecie wordt afgevoerd naar stortlocaties die worden aangewezen door het Wasser- und Schifffahrtsamt (WSA). Op plaatsen waar het water ondiep is (zoals tussen KP 20 en 22) wordt een zeewaardige snijkopzuiger met losbakken gebruikt; deze wordt ook gebruikt voor eventuele harde bodemlagen bij de haveningang van Eemshaven (KP 4).

De baggervolumes voor het graven van sleuven op het Eemshaventracé (zie tabel 6.5.2) zijn voor een bodembreedte van 15 m en een taludhelling van 1:5 bepaald op basis van de aanlegdiepte en het bodemniveau. Deze baggervolumes kunnen in de praktijk als gevolg van morfologische veranderingen anders zijn. Dat is onder meer het geval als het water te ondiep is geworden voor een snijkopzuiger, zodat ander materiaal moet worden ingeschakeld; een sleufbreedte van 15 m kan dan onvoldoende zijn. Op het gehele tracé (tot de 3-mijlszone) moet een 15 m brede strook zeebodem vlak worden gemaakt; dat heeft een extra baggervolume van naar schatting maximaal 105.000 m³ (PKB-gebied Waddenzee) en 120.000 m³ (3-mijlszone) tot gevolg. Het is overigens niet geheel zeker dat overall egalisatie nodig is; dit hangt samen met de aard van de bodemoneffenheden op het moment van aanleg.

Voor het verwijderen van baggerspecie is een vijftal reguliere stortlocaties in het noordelijk deel van de Eemsmonding in gebruik. Door het Duitse bevoegde gezag (WSA) is voorlopig één daarvan, in de Oude Westereems, voor gebruik uitgesloten. De overige zijn die in het Randzelgat, bij het Riffgat en in de Westereems (zie figuur 6.5.2 voor de locaties daarvan). De capaciteit van de locaties wordt nog onderzocht. Er wordt gestort "op het tij". Dat wil zeggen dat de specie zich snel weer over het kombergingsgebied verspreid. De details komen te zijner tijd bij de vergunningverlening aan de orde.

De kabel wordt gelegd met een groot kabellegschip. De waterdiepte is op vrijwel alle delen van het tracé voldoende; uitzondering is een ondiepe uitloper van het Horsbornzand (KP 20 - 22). Daar wordt de kabel ingedreven, waarbij op de afzinkplaats een stabiliserend ponton wordt gebruikt. Het indrijven kan alleen bij rustig weer plaatsvinden, waardoor vertraging kan ontstaan. Na het leggen wordt de kabel met een *jettrencher* ingegraven. Afhankelijk van de bodemgesteldheid kan, om een diepte van 3 m te bereiken, een tweede *trench* stap nodig zijn.

De gebaggerde sleuven zullen na het aanleggen van de verbinding snel verzanden, vooral doordat bij eb water met een hoog sedimentgehalte dwars van de platen stroomt. Na drie maanden is circa 90% van de sleuven weer gevuld met sediment. Vullen door storten is dus niet nodig [Alkyon, 1997]. De sleuf voor de dijk in Eemshaven moet wel worden opgevuld.

KP		ingraafdiepte (m)	trenchen (m)	baggeren (m)	baggervolume (m ³)
start (km)	eind (km)				
0.0	1.0	2	2	0	0
1.0	2.0	3	3	0	0
2.0	3.0	3	3	0	0
3.0	4.0	5	2	3	115.000
4.0	5.0	3	3	0	0
5.0	6.0	2	2	0	0
6.0	7.0	3	3	0	0
7.0	8.0	3	3	0	0
8.0	9.0	3	3	0	0
9.0	10.0	5	2	3	115.000
10.0	11.0	3	3	0	0
11.0	12.0	3	3	0	0
12.0	13.0	5	2	3	115.000
13.0	14.0	5	2	3	115.000
14.0	15.0	5	2	3	115.000
15.0	16.0	5	2	3	115.000
16.0	17.0	5	2	3	115.000
17.0	18.0	5	2	3	115.000
18.0	19.0	5	2	3	115.000
19.0	20.0	5	2	3	115.000
20.0	21.0	5	2	3	115.000
21.0	22.0	5	2	3	115.000
22.0	23.0	5	2	3	115.000
23.0	24.0	4	2	2	60.000
baggervolume PKB-gebied Waddenzee (exclusief 105.000 in verband met egaliseren)					1.555.000
24.0	25.0	2	2	0	0
25.0	26.0	4	2	2	60.000
26.0	27.0	4	2	2	60.000
27.0	28.0	3	3	0	0
28.0	29.0	3	3	0	0
29.0	30.0	3	3	0	0
30.0	31.0	4	2	2	60.000
31.0	32.0	3	3	0	0
32.0	33.0	3	3	0	0
33.0	34.0	3	3	0	0
34.0	35.0	3	3	0	0
35.0	35.8	3	3	0	0
35.8	40.0	3	3	0	0
baggervolume 3-mijlszone (exclusief 120.000 in verband met egaliseren)					180.000
totaal baggervolume (exclusief egaliseren)					1.735.000
totaal baggervolume (inclusief egaliseren)					1.960.000

Tabel 6.5.2 Baggervolumes bij het baggeren van sleuven op het Eemshaventracé (indicatief, conservatief)

Het kruisen van infrastructuur in zee

Het Eemshaventracé kruist binnen de 12-mijlszone één maal in bedrijf zijnde infrastructuur. Het betreft de telecommunicatieleiding TAT 10/D ter hoogte van KP 51. Deze wordt bij voorkeur zonder verdiepen gekruist.

6.5.3 Het installatiescenario en de planning

Zeegedeelte

Voor het aanleggen van de NorNed-verbinding op het zeegedeelte (inclusief aanlanding) van het Eemshaventracé is het volgende scenario opgesteld:

- a plaatsen damwandkuip in de teen van de dijk;
- b openen dijk;
- c tegelijkertijd met b: eventueel een sleuf in de vooroever graven;
- d invaren en over dijk trekken van de kabel; eventueel afzinken in vooroeversleuf;
- e *begin kabelleggen in de Oude Westereems (naar open zee);*
- f tegelijk met stappen a-c: baggerwerk waar nodig (kort vóór het kabelleggen);
- g einde kabelleggen in gebied direct onder de kust;
- h *trenchen;*
- i eventueel tweede *trench*stap;
- j tegelijk met g-i: verwijderen damwanden, herstel dijk, opvullen eventuele vooroeversleuf;
- k oplevering.

Dit scenario is uitgewerkt tot een voorlopige planning (tabel 6.5.3.a en 6.5.3.b), waarbij rekening is gehouden met relatief (dat wil zeggen voor de betrokken perioden) ongunstige weersomstandigheden [RIKZ, 1997] en een aangepaste werkwijze op de ondiepe delen. In paragraaf 6.3.1 is toegelicht dat voor werkzaamheden langs het Eemshaventracé is gekozen voor de periode april - mei, om eventuele verstoring van zogende zeehonden (later in het seizoen) te voorkomen. De aansluitende werkzaamheden in de 3-mijlszone (KP 24 - 40) duren ongeveer twee weken (deels overlappende perioden). De werkzaamheden in de 3- tot 12-mijlszone (KP 40 - 56,5) duren ongeveer één week.

Langs het Eemshaventracé bestaat op meerdere plaatsen een klein kans dat de kabel moet worden ingedreven, vanwege een (te zijner tijd) geringe diepgang. Waarschijnlijk kan op de tracégedeelten voor en na de kruising van het Horsbornzand een groot legschip worden gebruikt. Voor het indrijven van de kabel op het Horsbornzand is in *de planning rekening gehouden met de mogelijkheid dat enige dagen op geschikte weersomstandigheden moet worden gewacht*. De precieze werkwijze kan zo nodig te zijner tijd op de werkelijke diepgang worden aangepast.

activiteit	duur	week								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
werkzaamheden PKB-gebied Waddenzee (KP 0 - KP 24)										
baggeren (inclusief egaliseren)	6 w									
voorbereiding aanlanding	1 w									
graven sleuf vooroever	1 w									
aanlanding kabel	3 d									
kabelleggen	1 w									
1e trenchgang	1 w									
2e trenchgang	4 d									
herstel dijkkruising	2 w									
eventueel bestortingen havenmond Eemshaven	1 w									
werkzaamheden 3-mijlszone (KP 24 - KP 40)										
baggeren (inclusief egaliseren)	1 w									
kabelleggen	4 d									
1e trenchgang	4 d									
2e trenchgang	3 d									
werkzaamheden 3 tot 12-mijlszone (KP 40 - KP 56,5)										
kabelleggen	3 d									
1e trenchgang	3 d									
2e trenchgang	3 d									

Tabel 6.5.3.a Planning Installatie Eemshaven (zeegedeelte)

Materieelinzet aanleg zeegedeelte

materieel	tijdsduur
sleephopperzuiger (2x)	6 weken
sleephopper- of snijkopzuiger	6 weken
sleepboot (2x)	9 weken
kabellegger	2 week
<i>jettrencher</i>	4 weken
grind- of steenstorter (eventueel)	1 week
ponton met kraan (eventueel)	1 week
onderzoeksvaartuig	9 weken

Materieelinzet aanlanding

materieel	tijdsduur
<i>ponton met kraan</i>	2 weken
sleepboot	2 weken
zelflossende bak	2 weken
rijdende graafmachine	3 weken
kabeltreklier	1 week

Tabel 6.5.3.b Tijdsduur materieelinzet Eemshaventracé

Landgedeelte

Het aanleggen van de 2 km NorNed-kabel op het landgedeelte van het Eemshaventracé duurt enkele dagen, aansluitend aan de aanlanding van de kabel. Omdat de kabeltemperatuur meer dan 5°C moet bedragen om zonder schade te kunnen buigen, moet de aanleg buiten de winterperiode plaatsvinden. Vanwege de grote booglengten kan de kabel niet (over de gehele benodigde lengte) door verwarming op de gewenste buigtemperatuur worden gehouden. Op het landgedeelte van het Eemshaventracé wordt de zeekabel gebruikt, die over de dijk wordt getrokken.

6.5.4 Onderhoud en reparatie

De ingraafdiepte van de kabel is zo gekozen dat tijdens de geplande levensduur van de kabel maximaal drie keer opnieuw moet worden *getrencht*, vooral als gevolg van de morfologische processen bij het Horsborngat.

Bij de periodieke onderzoeken krijgt de kabelbedekking in de vaargeulen speciale aandacht. Als deze te dun is, moet extra stortmateriaal worden aangebracht. Op de meeste plaatsen buiten de vaarroutes is het echter geen probleem als een stuk kabel gedurende enige tijd blootligt; men kan dan eerst afwachten hoe de deklaag verder verandert. *De betreffende locatie wordt in zo'n geval aan de scheepvaart gemeld en met boeien gemarkeerd om het risico dat de kabel wordt beschadigd te verkleinen.*

De kans op schade aan de kabel als gevolg van externe en interne factoren is in tabellen 6.5.4.a en 6.5.4.b gespecificeerd. Het ontwerpcriterium voor niet-beschikbaarheid als gevolg van externe oorzaken is $3,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar; de verwachte faalfrequentie als gevolg van interne oorzaken is $1,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar. Als de kabel door interne oorzaken kapot gaat, kan hij op dat moment diep in de bodem liggen. Hoewel men bij voorkeur een zo kort mogelijk stuk kabel vervangt, kan in dat geval worden besloten een langer stuk te vervangen om de bodem zo min mogelijk te verstoren.

Faalfrequentie externe oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	24	119
3-mijlszone	16	179
overig in 12-mijlszone	16,5	173

Tabel 6.5.4.a Faalfrequenties op het Eemshaventracé, als gevolg van externe oorzaken

Faalfrequentie interne oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	24	278
3-mijlszone	16	417
overig in 12-mijlszone	16,5	404

Tabel 6.5.4.b Faalfrequenties op het Eemshaventracé, als gevolg van interne oorzaken

6.6 Het Callantsoogtracé

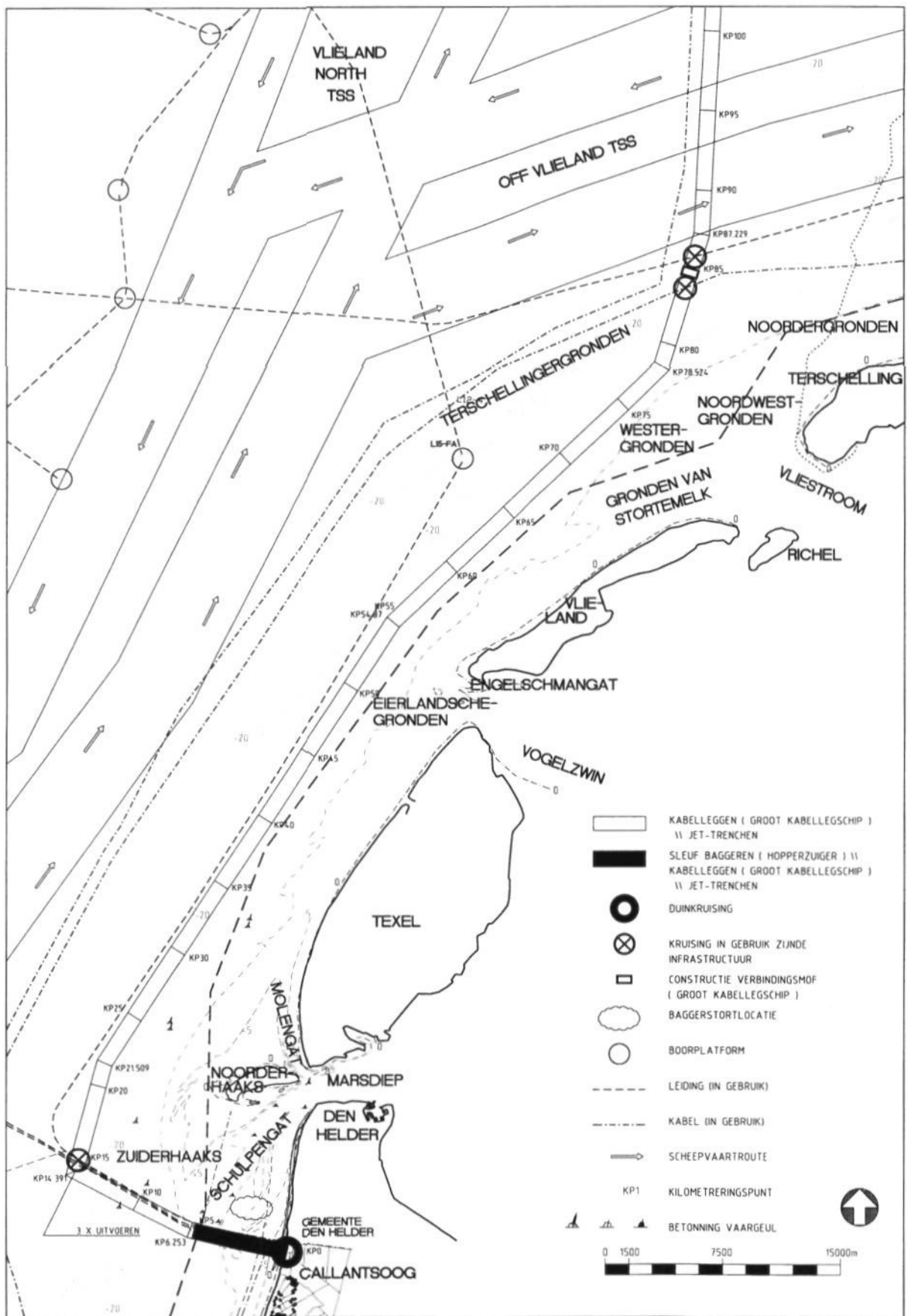
In deze paragraaf wordt het aanleggen van de NorNed-verbinding op het Callantsoogtracé beschreven, met inbegrip van de werkzaamheden die op de verschillende delen van het tracé moeten plaatsvinden, het installatiescenario en de verwachte onderhoudsactiviteiten. Als eerste wordt besproken het bepalen van de diepte waarop de kabel wordt ingegraven.

6.6.1 De ingraafdiepte

De diepte waarop de kabel wordt ingegraven, is bepaald op basis van de faalfrequentie die voor de verbinding als geheel aanvaardbaar is. Door middel van morfologisch-stochastische berekeningen wordt bepaald hoe groot de kans op niet-beschikbaarheid bij een bepaalde ingraafdiepte is. Daarvoor heeft men gegevens over de waterdiepte en de morfologische dynamiek van de zeebodem nodig, evenals een kwantitatieve beschrijving van de risico's die de kabel op het tracé loopt. Voor het Callantsoogtracé zijn de bedoelde berekeningen uitgevoerd [Alkyon, 1997]. De ontwerpdiepten voor het ingraven van de kabel op het Callantsoogtracé zijn vermeld in tabel 6.6.2. Tussen KP 4 en 6 is de ingraafdiepte groter dan elders, in verband met mogelijke morfologische veranderingen.

6.6.2 De werkzaamheden

In het onderstaande worden de werkzaamheden voor het aanleggen van de NorNed-verbinding op de verschillende delen van het Callantsoogtracé beschreven. Het zeegedeelte van dit tracé ligt vrijwel geheel diep, zodat met een groot kabellegschip en een *jettrencher* kan worden gewerkt. Ook in het kustgebied wordt deze aanlegmethode toegepast, waardoor geen legschip/ponton met een geringe diepgang nodig is. In figuur 6.6.2 is weergegeven welke technieken worden toegepast op welke delen van het tracé.



Figuur 6.6.2 Toegepaste installatietechnieken Callantsoogtracé

Het landtracé

De werkzaamheden op het land zijn voor alle tracés hetzelfde; zie voor nadere informatie paragraaf 6.3.1. Het landtracé door de kop van Noord-Holland heeft een lengte van circa 35 km; de aanleg van de verbinding zal circa vijf maanden kosten.

De aanlanding

Bij Callantsoog wordt de kabel vanaf een werkterrein aan de Duinweg door middel van een gestuurde boring onder het duin door geleid. De verstoring van het duin wordt hierdoor beperkt en de risico's van een open sleuf in de brandingszone worden vermeden. De boring wordt 1.200 m lang (van KP -0,200 tot 1,000). De diepte ervan wordt vastgesteld op basis van een gedetailleerd grondonderzoek langs het tracé. De boring komt zeker meer dan 1 m lager dan het afslagprofiel van het duin, en 1 m lager dan de grootste diepte die bij het strand en op de vooroever gedurende de laatste jaren is gemeten.

Het materieel wordt via de Duinweg aan- en afgevoerd. Na het boren wordt het kabelleggen aan de zeezijde voortgezet en wordt de damwandkuip verwijderd, gelijktijdig met de ontmanteling van de apparatuur en de herinrichting van het boorterrein.

Het zeetracé

Vanaf vlak onder de kust verloopt het kabelleggen volgens de werkwijze voor diep water. Tot KP 3 of 4 is het water echter niet diep genoeg om met een groot kabellegschip te kunnen werken. Daarom wordt tot de damwandkuip een vaargeul gebaggerd. Voorbereidend baggerwerk is ook nodig waar de ingraafdiepte niet door *jettrenchen* kan worden gehaald. Voor het baggeren wordt een standaard sleephopperzuiger gebruikt. De baggervolumes (zie tabel 6.6.2) zijn bepaald op basis van de ingraafdiepte en het bodemniveau. Op een deel van het tracé wordt de bodem op een strook met een breedte van 15 m vlak gemaakt; dat heeft een extra baggervolume van naar schatting maximaal 36.500 m³ (3-mijlszone) en 60.000 m³ (3- tot 12-mijlszone) tot gevolg.

Er zijn geen nabije reguliere stortlocaties. De specie wordt op enige afstand naast de sleuf gezet, die door de grote bodemdynamiek (sedimentatie) weer dicht slibt (zie figuur 6.6.2 voor indicatieve locatie). Dit met name omdat de gebaggerde geul loodrecht op de natuurlijke transportrichting van het sediment ligt [Alkyon, 1997]. Indien dat niet snel genoeg gebeurt, zal Rijkswaterstaat voorschrijven dat materiaal van buiten het gebied (verder dan 20 km uit de kust of dieper dan 20 m minus N.A.P.) in de geul wordt gestort.

De kabel wordt door een groot kabellegschip op de zeebodem of, bij ingraafdieptes van meer dan 3 m, in een gebaggerde sleuf gelegd. Daarna wordt hij door *jettrenchen* ingegraven, eventueel in twee stappen.

Tussen KP 80 en KP 90 eindigt het eerste deel van de kabel. Het leggen wordt hervat als het volgende deel is gearriveerd; ondertussen wordt een verbindingsmof geconstrueerd.

KP		ingraafdiepte (m)	trenchen (m)	baggeren (m)	baggervolume (m ³)
start (km)	eind (km)				
1.00	2.02	2	2	0	0
2.02	3.02	4	2	2	60.000
3.02	3.72	5	2	3	80.500
3.72	3.92	6	2	4	36.000
3.92	4.12	7	2	5	58.000
4.12	4.42	4	2	2	18.000
4.42	4.72	3	3	0	0
4.72	5.22	2	2	0	0
5.22	5.62	3	3	0	0
5.62	5.97	4	2	2	21.000
5.97	7.00	3	3	0	0
baggervolume t.b.v. toegang groot kabellegschip					100.000
totaal baggervolume 3-mijlszone (exclusief 36.500 in verband met egaliseren)					373.500
7.00	7.70	2	2	0	0
7.70	8.39	3	3	0	0
8.39	9.32	2	2	0	0
9.32	100.00	1	1	0	0
baggervolume 3- tot 12-mijlszone (exclusief 60.000 in verband met egaliseren)					0
totaal baggervolume (exclusief egaliseren)					373.500
totaal baggervolume (inclusief egaliseren)					470.000

Tabel 6.6.2 Baggervolumes bij het baggeren van sleuven op het Callantsoogtracé

De aanleg in het IJsselmeer

Het installatiescenario voor het IJsselmeer (tracélengte circa 40 km) is beschreven in paragraaf 6.3.1. Bij het aanleggen van de verbinding op dit deel van het tracé wordt een speciaal legponton gebruikt en wordt daarom veel geankerd. Baggeren is hoogstwaarschijnlijk niet nodig.

De IJsselmeerdijken bij Medemblik en Lelystad worden op conventionele wijze gekruist, namelijk door de kabel in een sleuf met een diepte van 1 m door de dijk te leiden. Ontwerp en uitvoering van de kruisingen vinden in nauw overleg met de dijkbeheerders plaats.

Het kruisen van infrastructuur in zee

Het tracé kruist de aanlandingsbundel Callantsoog (drie gasleidingen; KP 15 - 16), een telecommunicatiekabel (KP 84) en de NGT-aardgasleiding (KP 86). Deze worden bij voorkeur zonder verdiepen gekruist, met een minimale tussenruimte van 0,5 m. Infrastructuur die niet meer in gebruik is, wordt als de afdekking minimaal 2,5 m dik is op dezelfde wijze gekruist. Indien een dergelijke dekking niet aanwezig is, worden kabels en leidingen tot 10 m aan weerszijde van het tracé verwijderd.

6.6.3 Het installatiescenario en de planning

Zeegedeelte

Het tracé ligt van KP 0 tot 100 in de 12-mijlszone. Vanaf KP 7 zijn geen voorbereidende baggerwerkzaamheden nodig; de kabel wordt er gelegd en vervolgens door *trenchen* ingegraven. Voor het zeegedeelte (inclusief aanlanding) is het volgende scenario opgesteld:

- a plaatsen damwandkuip in zee, buiten de brandingszone;
- b inrichten boorterrein aan de Duinweg;
- c horizontale boring onder het duin;
- d tegelijk met a-c: voorbereidende baggerwerkzaamheden (kort vóór het kabelleggen);
- e tegelijk met a-c: voorbereidende werkzaamheden voor de kruisingen bij KP 15;
- f invaren kabellegschip tot uiteinde boring; kabel door boorgat trekken;
- g kabelleggen in de Noordzee;
- h *trenchen*;
- i eventuele tweede *trench*stap;
- j tegelijk met f-h: ontmanteling boormaterieel, verwijderen damwand, herstel boorterrein;
- k tegelijk met f-h: afdekking kruisingen bij KP 15;
- l oplevering.

Dit scenario is uitgewerkt tot een voorlopige planning (tabel 6.6.3.a en 6.6.3.b), waarbij rekening is gehouden met relatief (dat wil zeggen voor de betrokken perioden) *ongunstige weersomstandigheden* [RIKZ, 1997]. De werkzaamheden worden in de periode mei tot en met augustus uitgevoerd, met een groot legschip. De Waddenzee wordt niet gekruist. De werkzaamheden in de 3-mijlszone duren circa 11 weken. Het werk in de 3- tot 12-mijlszone duurt circa negen weken.

activiteit	duur	week																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
werkzaamheden 3-mijlszone (KP 0 - KP 7)																		
inrichten boorterrein	2 w																	
uitvoeren gestuurde boring	6 w																	
baggeren (inclusief egaliseren)	3 w																	
plaatsen damwandkuip in zee	1 w																	
invaren kabel en duinkruising	1 w																	
kabelleggen	3 d																	
1e trenchgang	3 d																	
2e trenchgang	3 d																	
demobiliseren boorlocatie	1 w																	
herstel boorterrein landzijde	1 w																	
werkzaamheden 3 tot 12-mijlszone (KP 7 - KP 100)																		
voorbereiding kruisingen KP 15	1 w																	
kabelleggen tot KP 82	2 w																	
trenchen tot KP 82	3 w																	
afwerken kruisingen KP 15	1 w																	
laden en transport 2 ^e kabelsectie	2 w																	
voorbereiden kruisingen KP 83 en KP 86	1 w																	
constructie verbindingsmof KP 82	10 d																	
kabelleggen KP 82 - 100	4 d																	
trenchen KP 82 - 100	1 w																	
afwerken kruisingen KP 83 en KP 86	1 w																	

Tabel 6.6.3.a Planning installatie Callantsoogtracé (zeegedeelte)

Materieelinzet aanleg zeegedeelte

materieel	tijdsperiode
sleephopperzuiger	3 weken
diepwater-kabellegger	4 weken
vaartuig met <i>jettrencher</i>	5 weken
sleepboot	5 weken
ponton met kraan	2 weken
grind- of steenstorter	2 weken
onderzoeksvaartuig	6 weken

Materieelinzet ontvangstlocatie

materieel	tijdsperiode
ponton met kraan	3 weken
sleepboot	2 weken

Materieelinzet Duinweg

materieel	tijdsperiode
boorapparaat	6 weken
generator (2x)	6 weken
recycle-apparaat bentoniet	6 weken
kraan	1 week
kabeltreklier	1 week
rijdende graafmachine	9 weken

Materieelinzet IJsselmeer

materieel	tijdsperiode
kabellegpontoon	3 weken
sleepboot	3 weken
ponton met kraan	2 weken
vaartuig met <i>jettrencher</i>	1 week
rijdende graafmachine (tweemaal)	2 weken
onderzoeksvaartuig	4 weken

Tabel 6.6.3.b Tijdsduur materieelinzet Callantsoogtracé

IJsselmeergedeelte

Het werk op het tracégedeelte door het IJsselmeer (circa 40 km) kan gelijktijdig met de werkzaamheden op zee worden uitgevoerd. Deze werkzaamheden duren circa 11 weken, waarvan drie voor het leggen van de kabel, gevolgd door een week voor het *trenchen* en zeven weken voor het realiseren van de beide aanlandingen.

Landgedeelte

Het aanleggen van de NorNed-kabel op het landgedeelte van het Callantsoogtracé (circa 35 km) duurt circa vijf maanden, aansluitend aan de aanlanding (parallel aan het zeegedeelte). Omdat de kabeltemperatuur meer dan 5°C moet bedragen om zonder schade te kunnen buigen, moet de aanleg buiten de winterperiode plaatsvinden. Vanwege de grote booglengten kan de kabel niet (over de gehele benodigde lengte) door verwarming op de gewenste buigtemperatuur worden gehouden. Op land wordt een lichtere gewapende kabel gebruikt, in secties van circa 1 km (vanwege de transporteerbaarheid).

6.6.4 Onderhoud en reparatie

De kans dat de kabel wordt beschadigd is in verband met de visserij in het kustgebied zo groot dat een blootliggende kabel direct moet worden bedekt. Op basis van de risicoanalyse wordt verwacht dat dergelijk onderhoud nul tot twee keer nodig zal zijn, met name voor een stuk kabel van circa 2 km lang ter hoogte van KP 3 - 4.

De kans op schade aan de kabel als gevolg van externe en interne factoren is in tabellen 6.6.4.a en 6.6.4.b gespecificeerd. Het ontwerpcriterium voor niet-beschikbaarheid als gevolg van externe oorzaken is $3,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar voor de gehele verbinding; de verwachte faalfrequentie als gevolg van interne oorzaken is $1,5 \cdot 10^{-4}$ per km per jaar. De kans op schade als gevolg van externe oorzaken is in het IJsselmeer (veel) kleiner dan $3,5 \cdot 10^{-4}$ in verband met het afwezig zijn van de risicobronnen die op het zeetraject leiden tot dit getal. Als de kabel door interne oorzaken kapot gaat, kan hij op dat moment diep in de bodem liggen. Hoewel men bij voorkeur een zo kort mogelijk stuk kabel vervangt, kan in dat geval worden besloten een langer stuk te vervangen om de bodem zo min mogelijk te verstoren.

Faalfrequentie externe oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	--	--
3-mijlszone	7	408
overig in 12-mijlszone	93	31
IJsselmeer	40	veel meer dan 71

Tabel 6.6.4.a Faalfrequenties op het Callantsoogtracé, als gevolg van externe oorzaken

Faalfrequentie interne oorzaken		
Sectie	Lengte [km]	Gemiddeld aantal jaren per voorval (= 1/jaarkans)
PKB-gebied Waddenzee	--	--
3-mijlszone	7	952
overig in 12-mijlszone	93	72
IJsselmeer	40	167

Tabel 6.6.4.b Faalfrequenties op het Callantsoogtracé, als gevolg van interne oorzaken

In dit hoofdstuk worden de gevolgen beschreven die het aanleggen en gebruiken van de NorNed-verbinding voor het milieu hebben. Daarbij is een verdeling gemaakt: eerst worden de gevolgen voor de Waddenzee beschreven, daarna de gevolgen in de kustzone en verder in de 12-mijlszone van de Noordzee.

Vervolgens wordt onderscheid gemaakt naar aanleg en gebruik. Eerst worden de gevolgen voor de bodemgesteldheid, de waterkwaliteit, het ecosysteem en de menselijke activiteiten voor het gebied in het algemeen behandeld, daarna de specifieke gevolgen langs elk van de drie tracés.

Omdat alleen gebruik wordt gemaakt van bestaande informatie en non-destructieve onderzoekstechnieken (dat wil zeggen geen boor- of graafwerkzaamheden) en ook niet van seismische technieken, zijn de milieu-effecten van de survey activiteiten verwaarloosbaar (vergelijkbaar met die als gevolg van de overige scheepvaart).

De exacte locaties van mogelijk archeologisch waardevol materiaal zijn niet exact bekend. Het is daarom niet mogelijk in dit hoofdstuk gedetailleerde uitspraken te doen over de mate waarin deze worden aangetast door de aanleg van de kabel. Het oppervlak geroerde bodem kan als een grove, indirecte maat voor mogelijke aantasting gezien worden.

De belangrijkste gevolgen voor het milieu zijn te verwachten van de aanleg van de verbinding. Deze gevolgen zijn echter beperkt van omvang en tijdelijk, terwijl de voordelen die uit het gebruik voortvloeien blijvend zijn (primaire energiebesparing, emissiereductie voor CO₂, NO_x en SO₂).

Voor dit hoofdstuk is de meest recente informatie over soortensamenstellingen en populatiedichtheden gebruikt. De invloed van de diverse ingrepen wordt zoveel mogelijk kwantitatief beschreven.

7.1 Gevolgen van de aanleg van de kabel in de Waddenzee

7.1.1 De bodemgesteldheid

Baggeren

De kabel wordt in de zeebodem ingegraven. De keuze van de ingraafdiepte is onder andere afhankelijk van de morfologie en de dynamiek van de bodem; een grote ingraafdiepte verkleint de kans dat de kabel bloot komt te liggen (en daarmee de kans op beschadiging), maar vergroot de verstoring van de bodem. Voor de NorNed-verbinding is een ingraafdiepte gekozen waarbij het op sommige plaatsen nodig kan zijn de kabel tijdens de gebruiksfase enige malen opnieuw in te graven. De bodem wordt dan bij de aanleg minder verstoord, maar moet mogelijk op sommige plaatsen later nogmaals in beperkte mate worden verstoord.

De kabel wordt door baggeren en *trenchen* ingegraven. Bij baggeren tot een diepte van 3,5 m is de verstoorde strook zeebodem circa 60 m breed; de baggerspecie wordt elders, op daartoe bestemde locaties, gestort. Bij *trenchen* tot een diepte van maximaal 3 m wordt een strook met een breedte van 0,5 m verstoord, en daarbij spoelt slechts circa 20% van het gefluïdiseerde materiaal uit de sleuf.

Het zand in het opgewoelde bodemmateriaal bezinkt meteen. Het slib blijft nog enige tijd in suspensie en kan door stromingen worden meegevoerd, waarna het elders sedimenteert. Sedimentatie vindt vooral op de wadplaten plaats, bij hoog water (als de stroomsnelheden laag zijn). Bij opkomend of afgaand tij gaat fijn verdeeld materiaal door de hoge stroomsnelheden echter (opnieuw) in suspensie, hetgeen wordt versterkt door harde wind en golfslag [Baretta en Ruardij, 1988]. Voor de tracés door de Waddenzee is een modelstudie uitgevoerd van de toename van de sedimentatiesnelheid en het zwevend-stofgehalte (ZSG) in het te bestuderen gebied als gevolg van baggeren [Waterloopkundig Laboratorium, 1997]. Daarbij is uitgegaan van een windsnelheid en een golfhoogte die representatief zijn voor dit gebied. Bij een hogere windsnelheid blijft het opgewoelde bodemmateriaal langer in suspensie; de extra sedimentatie in mm per week neemt daardoor af en het sediment wordt over een groter oppervlak verspreid. Bij een lagere windsnelheid zijn de toenames van de sedimentatiesnelheid en het ZSG groter dan in de modelstudie, maar wordt een kleiner oppervlak beïnvloed.

De gebaggerde geulen waarin de kabel is ingegraven, slibben door natuurlijke verplaatsingen van bodemmateriaal en door sedimentatie na enige tijd dicht. De snelheid waarmee dit gebeurt, is afhankelijk van de waterbewegingen ter plaatse, maar in enkele maanden zijn de meeste geulen voor 90% dichtgeslibd. Omdat langs het Lauwersoogtracé tijdens dichtslibben van de gebaggerde geul erosie van aangrenzende wadplaten kan optreden, wordt hier de geul dichtgestort. Het bodemleven herstelt zich daarna door herkolonisatie.

Bodemverontreiniging

De Waddenzee werd in de jaren '60 en begin jaren '70 verontreinigd met grote hoeveelheden zware metalen, PAK's en PCB's. Deze kwamen deels direct vanuit Groningen en via de Eems en het Lauwersmeer in het gebied, maar vooral indirect uit de Rijn en de Maas, via het IJsselmeer en langs de kust door de zeegaten tussen de westelijke waddeneilanden.

De stroming, langs de Nederlandse kust in oostelijke richting, heeft tot gevolg dat verontreinigingen uit de Eems voornamelijk in het Duitse deel van de Waddenzee sedimenteren, terwijl verontreinigingen die via het Lauwersmeer, het IJsselmeer en de westelijke zeegaten de Waddenzee binnendringen vooral in het Nederlandse deel neerslaan. De bodem langs het Lauwersoogtracé is daardoor gemiddeld sterker verontreinigd dan die langs het Eemshaventracé [Rijkswaterstaat, 1989]. Omdat de verontreinigingen zich aan slibdeeltjes en organisch materiaal hechten, materiaal dat vooral op de wadplaten sedimenteert, zijn de wadplaten sterker verontreinigd dan de geulen.

Sinds de jaren '70 is de waterkwaliteit in de Rijn en de Maas sterk verbeterd, zodat de aanvoer van verontreinigende stoffen naar de Waddenzee is afgenomen. Uit analyses van het sediment op wadplaten blijkt dat in het oostelijk deel van de Waddenzee de concentraties zware metalen in de bovenste bodemlaag onder de streefwaarden volgens MilBoWa blijven. De kwikconcentratie vormt hierop de uitzondering; deze overschrijdt plaatselijk de streefwaarde, maar blijft onder de grenswaarde. Voor een aantal van de organische microverontreinigingen waarvan de concentratie is bepaald (PAK's en PCB's), wordt de grenswaarde overschreden; de concentraties blijven echter ruim onder de toetsingswaarde volgens MilBoWa [Rijkswaterstaat, 1996b]. De concentraties zware metalen en organische microverontreinigingen zijn op de slibrijke wadplaten hoger dan in de geulen, waar zich veel minder slib bevindt. Met alle concentraties lager dan de toetsingswaarden heeft het langs de tracés opgebaggerde materiaal de kwaliteitsklasse I/II; dat klopt met de beoordeling in de Evaluatienota Water [1994]. De specie kan daarom zonder meer als gebiedseigen materiaal op de aangewezen stortplaatsen worden gestort [Stuurgroep Beheersplan Waddenzee, 1995]. Bodemmateriaal dat tijdens baggerwerkzaamheden in de over het algemeen minder verontreinigde geulen wordt gesuspenderd en elders, voornamelijk op wadplaten, sedimenteert, is ten hoogste even verontreinigd als de bodem waarop het neerslaat.

7.1.2 De waterkwaliteit

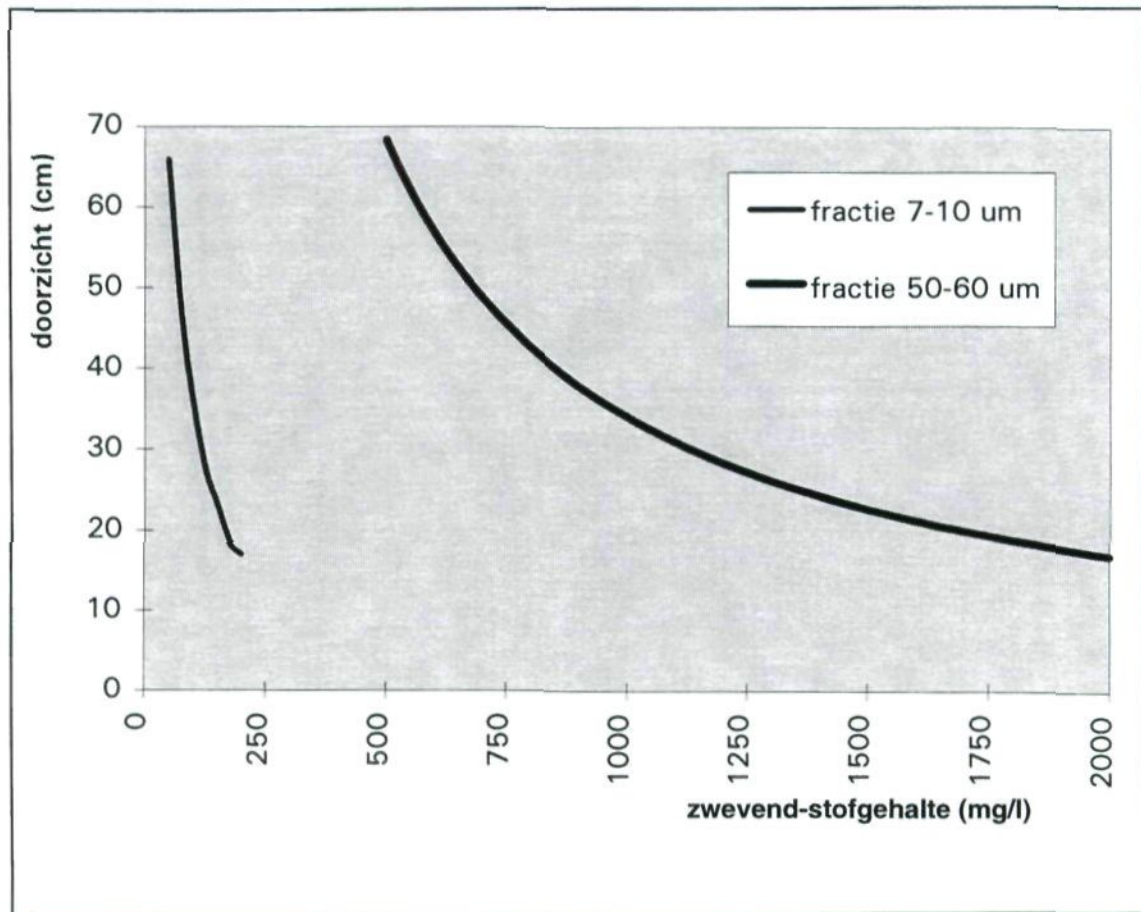
Zwevend-stofgehalte en doorzichtdiepte

De Waddenzee is een dynamisch gebied waar voortdurend bodemmateriaal sedimenteert en wordt gesuspenderd, als gevolg van zee- en getijdestromingen, van turbulentie die ontstaat door wind en van menselijk handelen (bijvoorbeeld baggeren, storten van baggerspecie, visserij en scheepvaart in ondiepe wateren). Het ZSG is van nature hoog (circa 100 mg/l) en de doorzichtdiepte, de diepte tot waar licht in het water doordringt, is gering. De natuurlijke variatie in ruimte en tijd is echter aanzienlijk. In een getijdencyclus kan het ZSG met een factor drie variëren (gemiddeld 40 - 120 mg/l) [Rijkswaterstaat, 1992]; het is laag bij de lage stroomsnelheden tijdens de kenteringen en hoog tijdens opkomend of afgaand tij, als de stroomsnelheden hoog zijn (circa 1,5 m/s). Ook het weer heeft een sterke invloed: bij rustig weer bedraagt het ZSG in de Waddenzee gemiddeld 25 - 50 mg/l, bij wind 100 - 200 mg/l, bij storm tot 500 mg/l en bij zware storm zelfs 800 - 1.000 mg/l [Essink en van den Wijngaarden, 1985].

Slib dat bij de aanleg van de NorNed-verbinding wordt opgewoeld, veroorzaakt een toename van het ZSG. Bij *trenchen* is deze ZSG-toename door de geringe materiaalverplaatsing verwaarloosbaar; bij baggeren is zij afhankelijk van het aantal gebruikte baggervaartuigen: meer vaartuigen veroorzaken een sterkere toename maar bekorten de periode met een verhoogd ZSG. Zoals eerder opgemerkt is de te verwachten toename van het ZSG als gevolg van baggeren ten behoeve van de kabelaanleg voor de waddentracés modelmatig berekend [Waterloopkundig Laboratorium, 1997]. Gemiddeld bedraagt deze minder dan 25 mg/l. Rond de baggerlocatie is de ZSG-toename circa 50 mg/l; in de omgeving van de stortlocaties is de ZSG-toename 25 - 50 mg/l. Tijdens de kentering en binnen een afstand van 1 km tot de stort- of baggerlocatie kunnen zich iets hogere waarden voordoen.

De vermindering van de doorzichtdiepte als gevolg van de ZSG-toename is afhankelijk van de samenstelling van het opgewerkte materiaal: hoe fijner de opgewerkte deeltjes, hoe sterker de vermindering van de doorzichtdiepte. Een ZSG van 100 mg/l met deeltjes van 7 - 10 μm geeft bijvoorbeeld eenzelfde doorzichtdiepte als 1.000 mg/l deeltjes van 50 - 60 μm (zie figuur 7.1.2).

Het baggeren voor de verbinding zal voornamelijk langs de geulen plaatsvinden, waar zich minder slib bevindt dan op de slibrijke wadplaten. Op grond van de sedimentsamenstelling in de geulen wordt aangenomen dat de deeltjes die daar bij baggerwerkzaamheden worden gesuspenderd een grootte hebben van 50 - 60 μm , hetgeen bij de verwachte gemiddelde ZSG-toename als gevolg van het baggeren (15 tot 25 mg/l) een afname van de doorzichtdiepte van 1 - 2 cm tot gevolg heeft. Ter vergelijking: een door storm veroorzaakte toename van het ZSG tot 500 mg/l kan, bij eenzelfde samenstelling van het opgewerkte materiaal, leiden tot een afname van de doorzichtdiepte met een halve meter. En: de gemiddelde doorzichtdiepte in de Zoutkamperlaag is circa 0,5 m, maar kan bij rustig weer 1 m zijn, en bij storm enkele centimeters. De afname van de doorzichtdiepte als gevolg van baggerwerkzaamheden voor het aanleggen van de NorNed-verbinding is dus verwaarloosbaar ten opzichte van de natuurlijke fluctuaties.



Figuur 7.1.2 Doorzichtdiepte en ZSG van twee verschillende sedimentfracties [Postma, 1961, in: Rijkswaterstaat, 1992]

Zuurstofconcentratie

Het in het zeewater gesuspendeerde materiaal is deels anorganisch (kleideeltjes) en deels organisch van aard. Oxidatie van organisch materiaal verlaagt de zuurstofconcentratie in het water. Gemiddeld is de zuurstofverzadiging in de Waddenzee echter vrijwel 100%, omdat door stromingen en golfslag gemakkelijk zuurstof uit de atmosfeer wordt opgenomen (aëratie) en omdat plankton bij voldoende licht zuurstof produceert. De grote variatie van het ZSG gedurende een getijdeperiode leidt bovendien tot slechts kleine veranderingen van de zuurstofconcentratie omdat de afbraak van organisch materiaal een langere tijd vergt. Door baggeren wordt extra bodemmateriaal gesuspendeerd. Hierdoor kan het gehalte organisch materiaal van het water toenemen en kan de zuurstofconcentratie door oxidatie plaatselijk en tijdelijk dalen. Door de goede aëratie is dit effect echter zeer klein.

Vervuiling

Het ontstaan van vervuiling, doordat tijdens de aanleg schadelijke stoffen van vaartuigen afspoelen, zal worden voorkomen door schrob-gaten en dergelijke af te dichten en waswater en dergelijke te bufferen. De uitloging van schadelijke stoffen uit de kabelmantel is verwaarloosbaar. Ook de effecten van opwerveling en verspreiding van mogelijk licht verontreinigd bodemmateriaal zijn verwaarloosbaar.

7.1.3 Het ecosysteem

Ecologisch waardevolle gebieden langs de tracés

Als de kabel door natuurgebieden of andere ecologisch waardevolle gebieden wordt gelegd, kan de aanleg in beginsel meer schade veroorzaken dan in andere gebieden het geval zou zijn. De uit ecologisch oogpunt meest waardevolle delen van deze gebieden zijn de delen die het gehele jaar of een deel daarvan zijn gesloten, evenals de zeegrasvelden, de kwelders, de wadplaten en de mossel-, kokkel- en spisulabanken.

De kabel wordt bijna geheel buiten de betonde vaargeulen gelegd. Het is daarom niet te vermijden dat op bepaalde delen van het tracé bagger- en andere werkzaamheden worden uitgevoerd in het natuurmonument Waddenzee. Daarbij worden de ecologisch meest waardevolle gebieden echter gemeden: geen van de tracés doorsnijdt gesloten gebieden, zeegrasvelden, kwelders, wadplaten of mossel- of kokkelbanken. Aangezien ook geen gebieden worden doorsneden waar zich in het verleden mossel- of kokkelbanken bevonden en waar deze opnieuw zouden kunnen ontstaan, is de kans klein dat zich nieuwe mossel- of kokkelbanken vormen die bij de aanleg worden doorsneden [Van der Land, 1995]. De enige uitzondering hierop is een klein deel van het Lauwersoogtracé; dat kruist over een lengte van 250 m een gebied dat als potentiële mosselbank is aangemerkt. Dit leidt echter niet tot problemen. Indien er zich daar vóór aanleg van de kabel een mosselbank ontwikkeld, kan het tracé iets naar het noorden worden verplaatst zodat de bank alsnog wordt vermeden.

In de Waddenzee worden geen spisulabanken doorsneden. Spisulabanken bevinden zich in de kustzone voor de waddeneilanden vooral in water met een diepte van 7 - 12 m, en minder voor de ingang van de zeegaten. De vindplaatsen kunnen van jaar tot jaar sterk wisselen. Massale broedval, later gevolgd door massale sterfte door predatie en menselijke activiteiten, maken dat de spisulastand snel kan variëren. Van de factoren die bijdragen aan de sterfte is het een en ander bekend, maar welke zaken de vestiging en het succes van broedval bepalen, is nog niet bekend.

Spisulabanken voor de kust van Terschelling en Ameland, die in de winter van 1992 - 1993 en het najaar van 1993 voor een belangrijk deel door de beroepsvisserij waren weggevist, hadden zich in 1995 gedeeltelijk hersteld. Gezien de grootte van de dieren was dit herstel in 1994 begonnen. Hieruit blijkt dat beschadigde spisulabanken zich wel herstellen, maar dat dit afhankelijk van de aangebrachte schade één tot twee seizoenen kan duren [Leopold, 1996].

In de Duitse Waddenzee bevinden zich Sabellariariffen. Deze worden gevormd door kolonies Sabellariawormen, waarvan de aaneensluitende kokertjes riffen vormen van poreus, zandsteenachtig materiaal. De riffen kunnen een omvang hebben van enkele hectares. Ook in de Nederlandse Waddenzee zouden deze riffen kunnen ontstaan.

Langs de tracés komen zeer waarschijnlijk geen Sabellariariffen voor, mede als gevolg van de intensieve garnalenvisserij [De Vlas, mondelinge mededeling, 1997]. Tijdens het onderzoek langs het tracé voorafgaande aan de aanleg van de kabelverbinding kunnen eventuele aanwezige Sabellariariffen worden opgespoord; ze worden dan bij de aanleg van de verbinding zoveel mogelijk ontzien.

Baggeren

Bij het verwijderen van bodemmateriaal worden ook het microfytobenthos (op de waterbodem groeiende planten), de vastzittende wieren en de niet-mobiele bodemfauna verwijderd die zich op die plaats bevinden. Mobiele bodemfauna, zoals garnalen, krabben en bodemvissen, kan deels vluchten maar wordt voor een deel ook opgebaggerd. Voor het kwantificeren van de gevolgen hiervan (zie de paragrafen 7.1.5, 7.1.6 en 7.1.7) wordt aangenomen dat alle mobiele bodemdiersoorten door het baggeren worden verwijderd. Soort en populatiedichtheid zijn hierbij de belangrijke variabelen.

Door de vervuiling in het verleden kunnen dieper gelegen bodemlagen sterker verontreinigd zijn dan de bovenste sedimenten. Bij het baggeren worden ook deze dieper gelegen lagen omgewoeld, waardoor bij het storten van de baggerspecie schadelijke stoffen mogelijk weer gedeeltelijk in het water worden gesuspenderd of opgelost en dus in het ecosysteem kunnen worden opgenomen. Langs de tracés verwijderde baggerspecie is echter van klasse I/II: relatief licht verontreinigd en zonder meetbare nadelige gevolgen voor het milieu.

Opgewoeld bodemmateriaal wordt door de waterbeweging verspreid en sedimenteert vooral in rustig water, zoals op wadplaten. Waar veel materiaal neerslaat, worden op en in de bodem levende organismen bedekt, hetgeen de ademhaling en de voedselopname bemoeilijkt. De gevolgen verschillen voor verschillende organismen. Diatomeeën (kiezelalgen, de belangrijkste bentische algensoort op de wadplaten) verplaatsen zich tijdens de getijdecyclus 0,5 - 1,0 mm op en neer door de bovenste bodemlaag, en kunnen zowel door passief als door actief transport een diepte van 10 cm in het sediment bereiken. Daar treedt een soort ruststadium in; zodra ze weer in het licht komen, begint hun fotosynthese echter onmiddellijk. Als bij storm de bovenste laag van wadplaten wegspoelt, komen deze dieper gelegen diatomeeën aan de oppervlakte en dus in het licht, en zorgen voor herstel van de diatomeeënlaag op de platen [Cadée, 1976]. Hieruit mag de conclusie worden getrokken dat een geringe verhoging van de natuurlijke sedimentatie ten gevolge van het leggen van de kabel (minder dan 0,4 mm per getijdecyclus, of zelfs minder dan 5 mm/week [Huisman en van Vliet, 1997]), niet leidt tot schade aan de populatie bentische algen op de wadplaten, maar slechts tot een geringe, kortdurende en niet te kwantificeren groeivertraging. De bentische fauna ondervindt pas schade bij een sterke toename van de sedimentatie. Het wadslakje is het gevoeligst voor bedekking en ondervindt schade bij een afzetting van 1 cm binnen een korte periode. Voor schelpdieren is dit 5 - 10 cm en voor wormen meer dan 15 cm [Essink, 1993; Haskoning, 1995]. De gevolgen voor algen en bodemfauna van een zeer lokale extra sedimentatie van maximaal 5 mm/week (0,35 mm/getijdecyclus) of van een meer verspreide extra sedimentatie van maximaal 2,0 mm/week (0,16 mm/getijdecyclus) zijn in de praktijk niet kwantificeerbaar.

Een verhoogde sedimentatie kan leiden tot schade aan de visstand als de eieren door sediment worden bedekt, waardoor de kans afneemt dat ze uitkomen. In tabel 7.1.3.a worden de vissen genoemd die in de kustzone en in Waddenzee paaïen en hun eieren op het substraat afzetten; ook hun paaïperiode is vermeld. Welke vissoorten eventueel schade ondervinden van het baggeren is afhankelijk van de periode waarin de verbinding wordt aangelegd. Gezien de geringe extra sedimentatie worden echter geen effecten verwacht.

vissoort	paaiperiode
botervis	november - januari
grondel	in de zomermaanden
dikkopje	in de zomermaanden
zeedonderpad	september - januari
snotolf	maart - april
koornaarvis	april - juli
geep	mei - september

Tabel 7.1.3.a In de Waddenzee paaiende vissen en hun paaiperiode

Zowel bij het baggeren als bij het storten van de baggerspecie wordt bodemmateriaal opgewerveld, waardoor het ZSG van het water toeneemt en de doorzichtdiepte afneemt. Dit kan verschillende gevolgen hebben voor het milieu:

- in suspensie gebrachte organische bestanddelen worden door bacteriën afgebroken, waardoor de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater afneemt;
- bij een hoger ZSG dringt minder licht in het water door, zodat de primaire productie (de groei van groene planten: wieren, vrij zwevende algen en algen op de bodem) afneemt;
- het bodemmateriaal kan in de kieuwen van zoöplankton, schelpdieren en (jonge) vissen komen, waardoor de ademhaling wordt bemoeilijkt;
- de voedselopname van *filterfeeders*, bijvoorbeeld schelpdieren, wordt door troebel water bemoeilijkt omdat meer onverteerbaar materiaal moet worden afgescheiden;
- de jacht van op zicht jagende dieren (bijvoorbeeld sommige vissen en duikende watervogels) wordt door troebel water bemoeilijkt, hetgeen kan leiden tot een geringere voedselopname en een groter energieverbruik bij het jagen.

Omdat de afname van de doorzichtdiepte als gevolg van het baggeren gemiddeld slechts 1 - 2 cm bedraagt, hetgeen verwaarloosbaar is ten opzichte van de natuurlijke fluctuaties, zullen deze gevolgen voor het milieu in de praktijk niet meetbaar zijn.

De lange-termijngevolgen van een tijdelijke ZSG-toename lijken voor vissen verwaarloosbaar te zijn (zie paragraaf 5.4.4). Als het ZSG een bepaalde waarde overschrijdt, kan schade aan de kieuwen wel leiden tot een slechte conditie of sterfte. In de omgeving van baggeractiviteiten is echter nooit enige vissterfte van betekenis waargenomen; wel is waargenomen dat vissen deze gebieden mijden [Baveco, 1988].

Verstoring door aanwezigheid, licht en geluid

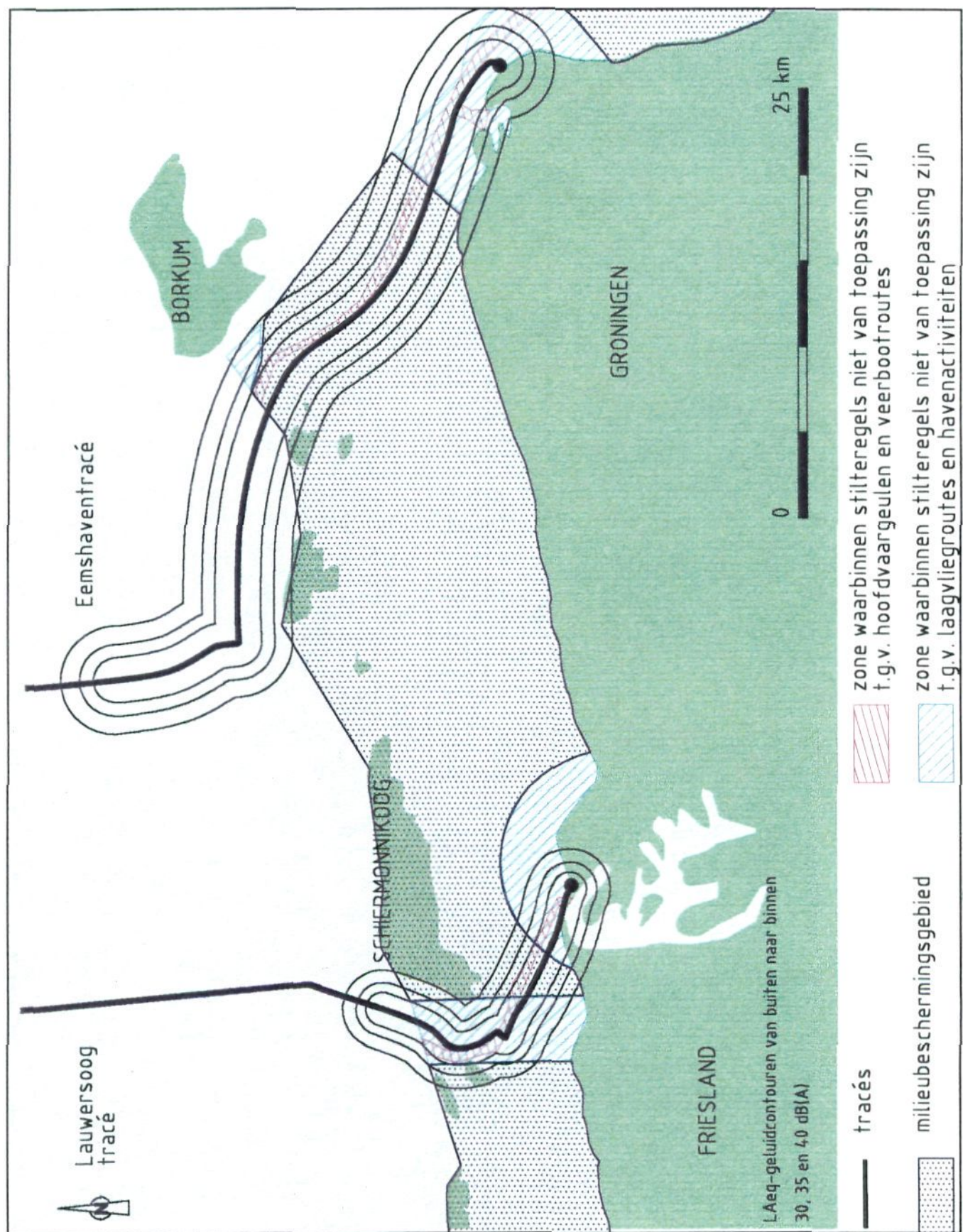
De dieren in het gebied waar wordt gewerkt, kunnen in principe worden verstoord door de fysieke aanwezigheid en de bewegingen van vaartuigen, door geluid (onder en boven water) dat daar wordt gemaakt, en door het licht dat bij nachtelijke werkzaamheden nodig is. Verschillende diersoorten ondervinden verschillende gevolgen van deze verstoringen. De tracés zijn zo gekozen dat de verstoring zo klein mogelijk is. De verstoringseffecten zijn gering, tijdelijk en plaatselijk en verschillen niet wezenlijk van de effecten van de andere activiteiten.

In tabel 7.1.3.b staan de geluidsvermogens van het aanlegmateriaal vermeld. Uitgaande van deze geluidsvermogens zijn de resulterende geluidscontouren van de verschillende activiteiten tijdens de aanleg van de kabel (op een beoordelingshoogte van 1 m boven de waterspiegel) berekend [Peutz, 1997]. Tijdens het baggeren en egaliseren treden de hoogste geluidsniveaus op. In figuur 7.1.3 zijn de geluidscontouren van het baggeren en egaliseren weergegeven. Dit zijn L_{Aeq} -geluidscontouren van 30 tot en met 40 dB(A). De 45 dB(A)-contour is niet weergegeven om de figuur overzichtelijk te houden.

Langs het Eemshaventracé ligt de 40 dB(A)-contour van het baggeren en egaliseren op circa 1.200 m van het tracé. Voor de 35 en 45 dB(A)-contour is dat 2.000, respectievelijk 750 m. Andere activiteiten veroorzaken minder geluid waardoor de contouren van 35, 40 en 45 dB(A) op circa 1.500, 750 à 1.000 en 400 m liggen. Langs het Lauwersoogtracé zijn deze afstanden kleiner.

Omschrijving	L _w in dB per octaafband								L _w in dB(A)
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Caterpillar crane	104	108	101	101	98	98	94	92	105
Vrachtwagen	112	105	104	99	100	98	91	88	104
Onderzoeksvaartuig									
- hoofdgenerator (2x)	99	105	100	77	71	67	66	62	94
- hoofdmotor (2x)	112	105	104	99	100	98	91	88	104
- boegschroef	83	95	88	84	95	94	89	69	99
Hopperzuiger									
- pomp dieselmotor (2x)	113	106	105	100	101	99	92	89	105
- schroef dieselmotor	113	106	105	100	101	99	92	89	105
- boegschroef	83	95	88	84	95	94	89	69	99
- generator (2x)	99	105	100	77	71	67	66	62	94
Snijkopzuiger									
- pomp dieselmotor (2x)	114	107	106	101	102	100	93	90	106
- generator (2x)	99	105	100	77	71	67	66	62	94
Sleepboot									
- hoofdgenerator (2x)	99	105	100	77	71	67	66	62	94
- hoofdmotor (2x)	118	111	110	109	106	104	97	94	110
- boegschroef	83	95	88	84	95	94	89	69	99
Caterpillar carrier	105	109	102	102	99	99	95	93	106
Power-pack (2 dieselmotoren)	99	105	100	77	71	67	66	62	94
geïsoleerd									
Mobiele kraan op ponton	108	110	103	103	100	100	96	92	106
Kabeltreklier op land	109	115	110	87	81	77	76	72	104
Kabellegger (ondiep water)									
- lieren (4x) geïsoleerd	99	105	100	77	71	67	66	62	94
- generator (2x) geïsoleerd	99	105	100	77	71	67	66	62	94
- hydro-elektromotor geïsoleerd	72	85	85	97	90	84	79	74	95
Sleepboot (ondiep water)	111	104	103	98	99	97	90	87	103
Sleepboot (ondiep water), ander type	108	101	100	95	96	94	87	84	100
Groot kabellegschip	118	111	110	109	106	104	97	94	110

Tabel 7.1.3.b Geluidsvermogens van het aanlegmateriaal



Figuur 7.1.3 Geluidscontouren baggeren en egaliseren

Vissen

Vissen (zowel bodemvissoorten als vrij van de bodem levende - pelagische - soorten) en ongewervelde dieren kunnen worden verstoord door het geluid dat de bij de aanleg betrokken vaartuigen onder water maken. Vele soorten maken ook zelf geluiden; bij sommige vissen is aangetoond dat dat voor onderlinge communicatie is [Kraan en Van Etten, 1995]. Het is niet bekend bij welke geluidsdruk, frequentie en afstand vissen worden verstoord door onderwatergeluiden, of in hoeverre gewenning optreedt. De tracés bevinden zich echter in de directe omgeving van druk bevaren vaargeulen waar veel onderwatergeluiden wordt geproduceerd. De extra geluidsbelasting door de aanleg van de NorNed-verbinding is daarom van weinig invloed.

Vogels

De gevoeligheid van vogels voor verstoring is afhankelijk van de soort. De verstoring van broedende vogels is het meest ingrijpend omdat hierdoor het broedsel verloren kan gaan. Vogels die op droogvallende wadplaten foerageren (voornamelijk steltlopers), ondervinden minder nadelige gevolgen van verstoring dan rustende vogels op hoogwatervluchtplaatsen, omdat het foerageren enkele honderden meters verderop kan worden voortgezet terwijl andere hoogwatervluchtplaatsen vaak veel verder verwijderd zijn. Hoogwatervluchtplaatsen zijn ook belangrijker omdat daar veel ruiende en daardoor kwetsbare vogels verblijven. Tenslotte zijn de meeste vogelsoorten tijdens de najaarstrek (vanaf eind augustus) gevoeliger voor verstoring: verzwakking door een verminderde voedselopname heeft op dat moment ernstiger consequenties dan in de zomer.

De mate waarin vogels worden verstoord, is afhankelijk van de verstorende factor en van de afstand tot de vogels. De kritische afstand voor verstoring bedraagt, naar gelang de vogelsoort, 50 - 400 m. Omdat de tracés voor de verbinding minimaal 1 km van broedgebieden en hoogwatervluchtplaatsen liggen, kunnen alleen op wadplaten foeragerende steltlopers en in het water rustende en foeragerende watervogels worden verstoord. De in aantal belangrijkste soorten steltlopers die zich in de periode april - september op de wadplaten bevinden, zijn: bonte strandloper, kanoetstrandloper; kluut, rosse gutto, scholekster, tureluur en wulp.

Voor wat de aantallen betreft, zijn belangrijkste watervogels die zich in deze periode in de geulen bevinden: bergeend, eidereend, wilde eend, smient, rotgans, grote stern, visdief, kokmeeuw, stormmeeuw en zilvermeeuw.

Het is niet precies bekend in hoeverre nachtverlichting een verstorende werking heeft, maar omdat het licht alleen op de dekken van de schepen schijnt en zoveel mogelijk met afscherming wordt voorkomen dat het verder uitstraalt, wordt niet verwacht dat vogels worden verblind, of dat hun migratiegedrag wordt beïnvloed. De visuele aspecten van het gebruikte materieel verschillen zowel overdag als 's nachts niet belangrijk van die van de overige scheepvaart.

Zeehonden

De enige zeehondensoort die in de omgeving van de tracés voorkomt, is de gewone zeehond. Deze dieren zijn zowel op drooggevalen wadplaten als in het water gevoelig voor verstoring. De mate van verstoring is afhankelijk van de vorm en de grootte van het verstorende element, de snelheid waarmee dat zich beweegt en de geluiden die het maakt (onder en boven water). Ook het licht dat bij nachtelijke werkzaamheden nodig is, kan een verstorende factor zijn. De gevolgen van verstoring zijn mede afhankelijk van de periode van het jaar waarin de verstoring optreedt.

Bij het leggen van de kabel worden grote, langzaam bewegende vaartuigen en kleine, snelle hulpvaartuigen gebruikt. Naar de relatie tussen grootte, snelheid en verstoring is nog geen onderzoek verricht, maar grote, langzaam varende schepen leiden in het algemeen pas op kleinere afstand tot verstoring van zeehonden dan kleine, snel varende schepen. Als de dieren echter eenmaal door grote langzame schepen zijn verstoord, blijven ze langer in het water (tot twee getijdenperioden). Uit onderzoek door Brasseur en Reijnders [1994] blijkt dat ten aanzien van verstoring van zeehonden door motorkruisers met een motorvermogen tot 150 pk en een snelheid van 15 km/uur 1.200 m als veilige afstand aangemerkt kan worden. De afstand tot deze verstoringsbronnen waarbij de zeehonden te water gaan bedraagt, met een betrouwbaarheid van 95%, ongeveer 500 m.

Extrapolatie van deze gegevens naar andere, niet onderzochte verstoringsbronnen is met enige voorzichtigheid geoorloofd. Verwacht wordt dat de verstoringsafstand bij grotere, meer luidruchtige bronnen groter zal worden. In het algemeen veroorzaken schepen op een afstand van meer dan 1.500 m geen reacties bij zeehonden op wadplaten en zullen op een afstand van meer dan 900 m geen vluchtreactie veroorzaken waarbij de zeehonden te water gaan. De kans dat de grote, langzaam varende (bagger)schepen met kleinere hulpvaartuigen, ten behoeve van het leggen van de NorNed-kabel, op een afstand van meer dan 1.500 m tot verstoring leiden, is zeer gering en het is zeer onwaarschijnlijk dat zeehonden op deze afstand tot de verstoringsbronnen het water in vluchten.

Verstoring kan leiden tot stress en kan daardoor het hormonale evenwicht van de dieren beïnvloeden. Drachtige wijfjes zoeken daarom rustige gebieden op en worden naar mate de geboorte van de jongen nadert vanaf begin juni in toenemende mate verstoringsgevoelig, met een toenemend risico voor de nakomelingen. Het verstoren van zogende wijfjes (half juni - tweede helft van augustus) vermindert de overlevingskans van de jongen.

Tijdens het verharen, tussen begin juni en half september, liggen zeehonden meer dan anders op de zandplaten (*haul out*-gedrag). Als de dieren dan door grote, langzame schepen worden verstoord en dus langer in het water blijven, is dat nadelig. Of dat ook buiten de verharingsperiode nadelig is, is niet bekend; wel is waargenomen dat zeehonden die gedwongen langer in het water bleven een *herstelperiode* nodig hadden en langer op het droge bleven [Brasseur et al., 1996]. In het algemeen zijn eenmaal verstoorde zeehonden alerter en eerder opnieuw verstoord dan niet eerder verstoorde zeehonden [Reijnders, mondelinge mededeling].

Over verstoring van zeehonden in het water zijn weinig gegevens beschikbaar, en het is niet bekend of dit primair afhankelijk is van de vorm en de grootte van het versturende object of van de geluiden die het maakt. Zeehonden in het water *naderen vissersboten en veerboten regelmatig tot op 30 - 50 m, kijken naar de boten en zwemmen dan na korte tijd weer weg; uit het snelle wegzwemmen wordt afgeleid dat de schepen op deze afstand als verstoring worden ervaren.* Verstoring in het water kan interfereren met het foerageer- en migratiegedrag, zowel in het foerageergebied als op de routes daarheen.

Gewone zeehonden maken onder water ook zelf geluiden, vooral tijdens de paartijd [Brasseur en Reijnders, 1994], en hun communicatie kan dus in principe door ander onderwatergeluid worden gestoord [Kraan en Van Etten, 1995]. Opgemerkt dient te worden dat branding, golfslag en zware regen ook een aanzienlijke geluidsdruk geven en dat de gevolgen van onderwatergeluiden sterk afhankelijk zijn van de frequentie. Verboom geeft in zijn op literatuuronderzoek en geluidsmetingen in de Waddenzee gebaseerde studie naar de effecten van geluiden van schepen op zeehonden en bruinvissen [1991] aan dat geluid met een lage frequentie zich in water verder voortplant dan geluid met een hoge frequentie. Zeehonden kunnen vooral geluiden met een lage frequentie (tot 50 Hz) waarnemen; volgens de berekeningen neemt een zeehond een groot vrachtschip waar op een afstand van 300 m. In hoeverre gewenning optreedt, is niet bekend. De tracés bevinden zich echter in de directe omgeving van druk bevaren vaargeulen waar veel onderwatergeluid wordt geproduceerd, en de extra geluidsbelasting door de aanleg van de NorNed-verbinding is dus verwaarloosbaar.

Gevoelige perioden

De maanden waarin de werkzaamheden in het waddengebied de meeste gevolgen hebben, zijn voor verschillende diergroepen genoemd in tabel 7.1.3.c. Zeehonden zijn vooral gevoelig voor verstoring in de periode kort voordat de jongen worden geboren, tijdens de geboorte, tijdens de zoogperiode en in de verharingsperiode. Vogels zijn vooral gevoelig voor verstoring in de broedtijd, in de ruitijd (vooral de zwarte zee-eend) en tijdens de najaarstrek. Vogels op hoogwatervluchtplaatsen en broedende vogels worden niet verstoord omdat de tracés voor de verbinding zich op minstens 1 km van hoogwatervluchtplaatsen en broedplaatsen bevinden. De geluidsemissie van de baggerschepen is op 1 km afstand circa 40 dB(A); dat is vergelijkbaar met het volume van de normale achtergrondgeluiden en leidt dus niet tot verstoring. Voor vissen is de paaitijd, als de eieren worden afgezet, de gevoeligste periode omdat bij een verhoogde sedimentatie de eieren kunnen worden bedekt. Algen en wieren zijn alleen in de winter relatief ongevoelig voor verstoring. Voor ongewervelde dieren is niet aan te geven wanneer zij duidelijk meer of minder gevolgen van de menselijke activiteiten ondervinden.

Zoals in paragraaf 6.3.1 is vermeld, heeft de periode mei tot een met augustus uit (civiel) technisch oogpunt de voorkeur voor de aanleg van de kabel. Uit tabel 7.1.3.c blijkt dat de periode april - mei het minst ongunstig is voor de fauna in het waddengebied. Weliswaar is dat de broedperiode van vogels, maar de tracés liggen te ver van de broedplaatsen om er verstoring te veroorzaken. Vier vissoorten zijn in de periode april - mei gevoelig omdat hun eieren zich dan in de Waddenzee bevinden. De snotolf zet eieren af in februari - maart, op een harde zandbodem; het mannetje bewaakt ze tot ze uitkomen. De koornaarvis zet in april - juni eieren af en de geep en de zeestekelbaars in mei - juni. Koornaarvissen en gepen plakken hun eieren aan draadalgen en wieren, en zeestekelbaarsen bouwen nesten in zeegrasvelden. De kans dat hun eieren door sedimentatie bedekt raken, is daardoor zeer klein. De kans dat ze als gevolg van baggeractiviteiten verloren gaan, is dus zeer klein en waarschijnlijk verwaarloosbaar, en als dat al gebeurt, ondervindt alleen de snotolf geringe, lokale schade.

Op basis van deze gegevens is, in overleg met bevoegd gezag, besloten het werk in het waddengebied in de periode april - mei uit te voeren (in het PKB-gebied Waddenzee). De navolgende bespreking van de gevolgen langs de verschillende tracés is daarop gebaseerd.

diergroep	voor verstoring gevoelige perioden											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
zeehonden wifjes met jongen verharend						x x	x x	x x	x x			
vogels broedende vogels ruiende vogels najaars- en wintergasten, hoogwatervlucht- plaatsen	x	x	x	x	x	x x	x x	x x	x x	x x	x x	x x
vissen botervis grondel dikkopje zeedonderpad snotolf koornaarvis geep zeestekelbaars	x					x x	x x	x x			x x	x x

Tabel 7.1.3.c Voor verstoring gevoelige perioden

7.1.4 De menselijke activiteiten

De NorNed-verbinding heeft voornamelijk tijdens de aanlegfase invloed op andere menselijke activiteiten in het waddengebied. Tijdens de gebruiksfase kan retrenchen of eventuele reparatie aan de kabel plaatselijk van invloed zijn op andere menselijke activiteiten. Zowel in de aanlegfase als in de gebruiksfase is deze invloed van tijdelijke aard.

Scheepvaart

Voor het kabelleggen worden schepen en ander materieel ingezet die door het overige scheepvaartverkeer moeten worden gemeden; ze worden daartoe met de geëigende navigatiekenmerken aangegeven. De waddentracés liggen vrijwel overal parallel aan de vaargeulen, maar wel daarbuiten. Daarom wordt de scheepvaart niet gehinderd door de aanlegwerkzaamheden, behalve op die plaatsen waar de scheepvaartroutes en havenmonden moeten worden gekruist. De doorvaart wordt ook daar niet gestremd, maar omdat de manoeuvreerruimte er tijdens de werkzaamheden beperkter is dan normaal moet het scheepvaartverkeer wel voorzichtiger zijn dan anders, en dat kan enige hinder veroorzaken. Het realiseren van een kruising duurt naar schatting een halve tot anderhalve week (niet aaneengesloten); het geheel van de aanleg vergt vijf tot negen weken. De intensiteit van het scheepvaartverkeer is langs het Eemshaventracé circa 15 scheepspassages per dag; rond het Lauwersoogtracé is de drukte in de periode van aanleggen door recreatie groter dan rond het Eemshaventracé: circa 60 scheepspassages per dag [Rijkswaterstaat, 1989]. Bij aanleg via het Callantsoogtracé zal enige hinder van de kustvisserij en van scheepvaart in de kustzone kunnen optreden.

Visserij; zand- en schelpenwinning; baggeren

Het leggen van de kabel kan de visserij op twee manieren storen: tijdens de werkzaamheden kan op het tracé niet worden gevisst en door de werkzaamheden kunnen de schelpdierenpopulaties slinken, hetgeen tot vangstvermindering kan leiden. Het beperken van de mogelijkheid tot vissen is van zeer tijdelijke en lokale aard en daarom verwaarloosbaar. Omdat de tracés alle mossel- en kokkelbanken mijden en de extra sedimentatie geen gevolgen heeft, worden de populaties van deze schelpdieren niet beïnvloed; ook daarvan heeft de visserij dus geen nadeel. Verder is de hoeveelheid garnalen die bij het baggeren wordt verwijderd ongeveer gelijk aan één- tot twee-derde deel van de hoeveelheid die door één garnalenvisser op één dag wordt gevangen of minder dan 0,5% van de jaarlijkse opbrengst van één garnalenvisser. Deze hoeveelheid is gering ten opzichte van de opbrengst van normale garnalenvisserij langs het tracé.

Het Lauwersoogtracé passeert een schelpenwingebied op korte afstand. In verband met de aan te houden veiligheidszone kan dit mogelijk tot enige beperking van de winning leiden. Het Callantsoogtracé kruist over een geringe lengte een zandwinningsgebied. Afhankelijk van de mogelijkheid de grens van dit gebied aan te passen, kan mogelijk geringe beperking van de zandwinning optreden. Het Eemshaventracé passeert of kruist geen gebieden voor zand- of schelpenwinning. *Op plaatsen waar regelmatig wordt gebaggerd, met name op de scheepvaartroutes en bij de haveningenangen, wordt de kabel minimaal 0,5 m onder de gegarandeerde vaardiepte ingegraven, zodat toekomstige baggerwerkzaamheden niet worden gehinderd.*

Infrastructuur; olie- en gaswinning; militaire activiteiten

De bestaande infrastructuur (gas- en elektriciteitsleidingen, telecommunicatielijnen) wordt bij voorkeur bovenlangs gekruist. Bij de aanleg is het beschadigingsrisico van dergelijke leidingen door de, in overleg met de eigenaren gekozen, zorgvuldige werkwijze, verwaarloosbaar. In de gebruiksfase is er geen kans dat ze worden beschadigd. Voor het leggen van toekomstige leidingen zijn er geen beperkingen.

De NorNed-kabel wordt op voldoende afstand van de al bestaande en nog geplande oliewinningsinstallaties gelegd. De kans bestaat dat de werkzaamheden voor één van de proefboringen van de NAM in de directe omgeving van het Eemshaventracé (Rottumeroog II-F) samenvallen met het leggen van de kabel. Met de NAM zijn afspraken gemaakt voor afstemming van eventueel gelijktijdig uit te voeren werkzaamheden voor de proefboring en het leggen van de kabel.

Het Ministerie van Defensie heeft een schietoefengebied in de Marnewaard nabij de aanlandingsplaats van het Lauwersoogtracé. Door overleg te plegen over het tijdstip van de aanlegwerkzaamheden voor de kabelverbinding, kan hinder voor de militaire activiteiten worden voorkomen.

Recreatie

De recreatie in de gebieden rond de tracés is extensief. Eventuele hinder door de aanleg van de verbinding raakt derhalve geen grote aantallen recreanten. Bij de tracés door de Waddenzee kunnen die vormen van recreatie waarbij natuurbeleving centraal staat (bijvoorbeeld het laten droogvallen van platbodems) enige zicht- en geluidshinder ondervinden. Aanleg op het Callantsoogtracé heeft tijdelijke gevolgen voor de strandrecreatie bij de aanlandingslocatie en de watersport op het IJsselmeer.



De belevingswaarde van natuur en landschap

De belevingswaarde van de natuur en het landschap in het waddengebied, met als belangrijkste aspecten de rust en de ruimte, wordt beïnvloed door de fysieke aanwezigheid van bagger- en werkschepen. Het geluid en ('s nachts) het licht dat het materieel produceert, speelt daarbij ook een rol. De beïnvloeding is echter gering, tijdelijk en plaatselijk en verschilt weinig van die als gevolg van de overige menselijke activiteiten langs de tracés.

7.1.5 Het Lauwersoogtracé

Het gedeelte van het Lauwersoogtracé dat in de Waddenzee ligt, is 15,5 km lang, gemeten vanaf de grens van het te bestuderen gebied in het Westgat tot de haven. Het kombergingsgebied Friese Zeegat heeft bij hoog water gemiddeld een wateroppervlak van 130 km²; bij laag water valt gemiddeld 62% droog [Rijkswaterstaat, 1982] en is het wateroppervlak 50 km². Om de gevolgen van de aanleg van de verbinding te beoordelen, wordt het gemiddelde wateroppervlak beschouwd: 90 km². De werkzaamheden langs het tracégedeelte in het waddengebied duren zeven weken.