

De bodemgesteldheid

De bodem van het Waddenzeedeel van het tracé bestaat uit fijn tot middelgrof zand (gemiddeld 150 - 250 μm) met minder dan 5% slib met een deeltjesgrootte van minder dan 63 μm [ICONA, 1992; RIN, 1989; Rijkswaterstaat, 1989]. In de bovenste 10 cm van de bodem van het Zoutkamperlaag wordt plaatselijk ook klei, schelpengruis en leem aangetroffen [Orca, 1995]. Om de kabel in te graven, wordt over een lengte van 4 km voorafgaand aan het *trenchen* gebaggerd; op de overige 11,5 km is *trenchen* voldoende, al moet bij zandribbels de bovenlaag worden verwijderd om de bodem vlak te maken. In het totaal wordt de bodem op een oppervlak van 0,37 km^2 (0,29% van het totale te beschouwen oppervlak in het kombergingsgebied) verstoord. De baggerspecie wordt gestort in het Westgat, circa 3,5 km ten noorden van het Rif. Deze stortlocatie ligt in de kustzone buiten het te bestuderen gebied. Indien bij de kruising van de leidingstraat naar Schiermonnikoog zinkstukken of stortsteen moeten worden gebruikt, wordt de bodem op maximaal vijf plaatsen over een oppervlak van 20 bij 20 m met stortsteen bedekt.

Het baggeren langs het Lauwersoogtracé neemt drie weken in beslag. Omdat een gebaggerde geul langs dit tracé erosie van de aangrenzende wadplaten kan veroorzaken, moet hij ook weer worden opgevuld. Ook dit duurt drie weken.

Uit modelstudie volgt dat het baggeren met twee baggerschepen in een groot gebied tussen Schiermonnikoog en Lauwersoog een extra sedimentatie van circa 0,5 mm/week veroorzaakt; in het kombergingsgebied is dat minder dan 0,1 mm per getijdecyclus [Waterloopkundig Laboratorium, 1997]. De sedimentatie ten noorden van Schiermonnikoog, ten gevolge van de tijdelijke stort in het Westgat, is verwaarloosbaar ten opzichte van de natuurlijke dynamiek van de zandbodem in het kustgebied.

Bij het opvullen van de geul wordt het gestorte materiaal weer opgebaggerd en teruggestort, zodat nogmaals sedimentatie optreedt. Deze sedimentatie wordt geschat op de helft van die als gevolg van het eerste baggerwerk, omdat het fijne slib al bij de eerste verplaatsing is uitgespoeld en omdat het terugstorten via een valpijp minder opwerveling veroorzaakt.

Het sediment in de bovenste bodemlaag van een wadplaat ten oosten van de Lauwerszeedijk is geanalyseerd om de gehalten zware metalen, PAK's en PCB's te bepalen. De concentraties van alle zware metalen zijn lager dan de MilBoWagrenswaarden. De som van de concentraties van 11 PAK's is ruim anderhalf maal zo hoog als de grenswaarde. De PCB-concentratie is lager dan de toetsingswaarde [Rijkswaterstaat, 1996]. Langs het tracégedeelte in de Zoutkamperlaag zal de bodem buiten de wadplaten minder verontreinigd zijn. Volgens de Evaluatienota Water [1994] zijn de gehalten contaminanten in de bodem van de Zoutkamperlaag en het Westgat lager dan de toetsingswaarde; de bodem valt daarom in kwaliteitsklasse I/II. Het extra sediment dat op de wadplaten neerslaat als gevolg van het baggeren zal minder verontreinigd zijn dan het sediment dat zich daar al bevindt.

De extra sedimentatie ten gevolge van baggeren langs het Lauwersoogtracé in de Waddenzee zal zich voordoen binnen het waddengebied. Het opgewerkte sediment dat met de getijdestroming naar de kustzone van de Noordzee wordt getransporteerd, blijft in de kustzone in suspensie en sedimenteert elders binnen de Waddenzee.

De waterkwaliteit

Langs het Lauwersoogtracé leidt normaal baggeren volgens de modelstudie in de omgeving van de baggerlocatie tot een verhoging van het ZSG met minder dan 25 mg/l. Het gebied waar het gehalte zwevend stof met 10 - 25 mg/l is verhoogd, strekt zich uit van de ebdelta tot en met de gehele Zoutkamperlaag en de Kuipersplaat. Bij de stortlocatie in het Westgat bedraagt de ZSG-toename 25 - 50 mg/l, over een grote oppervlakte ten noorden van Schiermonnikoog is dat circa 5 mg/l. Van het totale gebied met een verhoogd ZSG ligt circa een kwart in het waddengebied; de rest ligt in de kustzone ten noorden van de Waddeneilanden. Het gesuspendeerde materiaal is niet sterker verontreinigd dan het van nature opgewerkte bodemmateriaal.

De watermassa met een verhoogd ZSG beweegt zich met het getij over een afstand van circa 10 km heen en weer langs het tracé. In het beschouwde gebied van 90 km² neemt het gemiddelde ZSG daardoor toe met minder dan 25 mg/l, en de afname van de doorzichtdiepte bedraagt gemiddeld 1,5 - 2 cm (enkele procenten van de waarde voordat de werkzaamheden begonnen). Deze toename van het zwevend-stofgehalte is niet groter dan de natuurlijke fluctuaties in een getijdecyclus, en bedraagt slechts 5% van de toename door harde wind. De eventuele gevolgen voor het milieu van deze verhoging van het ZSG en de vermindering van doorzichtdiepte, bijvoorbeeld vermindering van de zuurstofconcentratie, zijn dan ook verwaarloosbaar.

De toename van het ZSG ten gevolge van baggeren langs het Lauwersoogtracé binnen de Waddenzee zal zich voordoen binnen het kombergingsgebied en daarnaast in de kustzone van de Noordzee binnen de 3-mijlszone, voornamelijk ten noorden van het Westgat en in de Ooster Buitengronden ten noorden van Schiermonnikoog. De toename van het ZSG zal binnen dit gebied gemiddeld 25 mg/l en zeer lokaal maximaal 50 mg/l bedragen. Dit leidt tot een afname van de doorzichtdiepte met gemiddeld 1,5 tot 2 cm.

Bij het opvullen van de geul wordt het gestorte materiaal weer opgebaggerd en teruggestort, zodat nogmaals extra vertroebeling optreedt. Deze vertroebeling wordt geschat op circa de helft van die als gevolg van het eerste baggerwerk, omdat het fijne slib al bij de eerste verplaatsing is uitgespoeld en omdat het terugstorten via een valpijp minder opwerveling veroorzaakt.

Het ecosysteem

Het Lauwersoogtracé loopt over een lengte van 15,5 km door het natuurmonument Waddenzee. Binnen dit natuurmonument ligt het tracé op de volgende afstanden tot de laagwaterlijn: 200 - 500 m bij KP 3 - 9,5, 250 m bij KP 10 en circa 200 m bij KP 11 - 12 (de Kuipersplaat). De 45 dB(A)-contour valt gedeeltelijk in het stiltegebied. De in deze paragraaf beschreven gevolgen van de aanleg voor het milieu zijn bepaald op basis van de gelijktijdige inzet van twee baggerschepen, die een bodemoppervlakte van 0,37 km² bewerken. Omdat de mobiele bodemfauna (garnalen, krabben en jonge platvis) zich bij verstoring in het zand verbergt en niet vlucht, wordt aangenomen dat deze dieren door het baggeren alle worden afgevoerd.

Na de sluiting van de Lauwerszee zette zich in de Zoutkamperlaag veel slib af en ontstond een rijke bodemfauna. Na enige jaren erodeerde het slib echter, en nu is de Zoutkamperlaag een diepe geul met een lage soortenrijkdom, waar het aantal individuen van elke soort klein is en ook de biomassa gering is (2 g asvrij drooggewicht per m² [ORCA, 1995]). Gezien de waterdiepte (5 - 15 m) zullen zich in de directe omgeving van de baggerlocatie vrijwel geen bentische algen of wieren bevinden. Langs en deels in de Zoutkamperlaag en tegen de Eilanderbult en het Brakzand, ten westen respectievelijk oosten van de Zoutkamperlaag, zijn wel gebieden met mosselzaad aangetroffen [Van der Land, 1995] en potentiële mosselpercelen aangegeven. Omdat het tracé nauwkeurig is gepland, worden deze niet doorsneden of zijn er uitwijkmogelijkheden beschikbaar (zie paragraaf 7.1.3). Nonnetjes leven langs het tracé in dichtheden van minder dan 1 per m². Spisulabanken en Sabellariariffen komen niet langs het tracé voor en worden ook voor de toekomst niet verwacht.

In de wadden vissen 90 garnalenvissers die elk ongeveer 160 visdagen per jaar maken. Door een garnalenvisser wordt per visdag circa 1,3 km² afgevist, waarbij in het voorjaar, de periode waarin de kabel door de Waddenzee zal worden aangelegd, gemiddeld 500 kg consumptiegarnaal wordt gevangen [mondelinge mededelingen door: De Wilde, LEI Den Haag en Van Wieren, visafslag Lauwersoog, 1997]. De bijvangst, bestaande uit jonge garnaal, jonge vis en krabben, wordt uitgezeefd en teruggezet. De overlevingskans van de teruggezette bijvangst is niet bekend, maar de sterftekans van teruggezette bijvangst van boomkorvisserij in de Noordzee kan oplopen tot 50 à 90% [Produktschap Vis, 1997]. Uit gegevens over bijvangst van Duitse garnalenvissers uit 1961-1967, volgt dat de totale vangst van een garnalenvisser voor gemiddeld 15% uit consumptiegarnalen, 20% uit jonge vis en krab en 65% uit jonge garnaal bestaat [Meijer-Waarden en Tiens, 1965; Tiens, 1971]. Deze percentages verschillen echter per jaar en per gebied.

Op basis van deze gegevens wordt geschat dat door het baggeren ten behoeve van de kabel een hoeveelheid garnaal, vis en krab wordt afgevoerd die overeenkomt met 28% (0,37 km²/1,3 km²) van de totale vangst van één garnalenvisser op één visdag, ofwel circa 140 kg consumptiegarnaal, 600 kg jonge garnaal en 170 kg jonge vis en krab. Op basis van gegevens over visdichtheden in de Waddenzee en langs de tracés [Dankers en De Veen, 1978; Dankers en Wintermans, 1996] kan berekend worden dat door het baggeren ten behoeve van de kabel dus circa 4.800 strandkrabben, 3.600 jonge schollen, 730 botjes en totaal 6.000 stuks puitaal, sprout en zandspiering worden afgevoerd. Deze aantallen zijn berekend op basis van gemiddelde populatiedichtheden in het kombergingsgebied. De werkelijke dichtheid van de bodemfauna kan van plaats tot plaats sterk verschillen. In ondiepe delen van de geulen is de dichtheid groter, in de diepe geulen kleiner [Beukema, 1997; Van Arker & Mulder, 1979; Dekker, 1989].

Het tracé ligt binnen een afstand van 1.500 m tot enkele zeehondenligplaatsen. Het tracé nadert bij de kop van Schiermonnikoog een ligplaats van circa 10 dieren tot 1.000 m, bij de Kuipersplaat een ligplaats van 20 tot 25 dieren tot 250 m en bij de Eilanderbult een ligplaats van enkele dieren tot 1.000 m (zie figuur 5.4.6.b). De ligplaats op de Kuipersplaat valt binnen de 40 dB(A)-contour van het baggeren. De zeehonden op de Kuipersplaat zullen tijdens baggeren en leggen van de kabel waarschijnlijk een andere ligplaats opzoeken. De dieren bij Schiermonnikoog en bij de Eilanderbult zullen waarschijnlijk ook een andere ligplaats opzoeken, maar de periode van verstoring is gering. Verder is verstoring van zwemmende zeehonden te verwachten. De verstoring valt geheel buiten de periode waarin zeehonden verharen. Op de ligplaatsen langs het tracé komen geen zogende wijfjes voor. De kortste afstand tussen het tracé en een ligplaats waarop ook jongen worden geboren is meer dan 2 km.



Het Lauwersoogtracé bevindt zich op een afstand van circa 1 km van broedgebieden, ruigebieden en hoogwatervluchtplaatsen. Hier komt de geluidsdruk als gevolg van de werkzaamheden niet boven de 40 dB(A), zodat geen vogels worden verstoord. Langs het Wierumerwad (tussen KP 3 en 9,5) nadert het tracé tot een afstand van circa 250 m de laagwaterlijn van de droogvallende plaat, waar veel steltlopers foerageren. Het eveneens vogelrijke Brakzand ligt op een afstand van 1 km van het tracé, zodat de vogels daar niet worden verstoord. Op de andere wadplaten langs het tracé wordt vrijwel niet gefoerageerd [C.J. Smit, mondelinge mededeling, 1997]. Onder de aanname dat vogels worden verstoord als werkschepen tot minder dan 500 m naderen, luidt de conclusie dat de aanwezigheid van het materieel tussen KP 3 en 9,5 bij laag water de foeragerende steltlopers over een oppervlak van circa 0,2 à 0,5 km² verstoort.

Watervogels worden langs het gehele tracé verstoord, zowel bij hoog als bij laag water, over een oppervlak van circa 1,5 km². Op basis van de vogeldichtheden rond het tracé [Rijkswaterstaat, 1989; Meltofte et al., 1994] is bepaald dat, gedurende de werkzaamheden bij het Wierumerwad, bij laag water 150 - 300 foeragerende steltlopers hun rust of voedsel elders moeten zoeken; dat geldt ook voor circa 100 watervogels, langs het hele tracé.

De mate waarin vissen en ongewervelde dieren worden verstoord, is niet te schatten, maar er zijn geen aanwijzingen dat zij er blijvende nadelige gevolgen van ondervinden.

De genoemde effecten op het ecosysteem ten gevolge van de aanleg van de kabel door de Waddenzee via het Lauwersoogtracé beperken zich tot het waddengebied.

De menselijke activiteiten

De aanleg van de verbinding op het gedeelte van het Lauwersoogtracé dat in de Waddenzee ligt, duurt zeven weken, afhankelijk van de omstandigheden bij de leidingenstraat tussen het Friese vasteland en Schiermonnikoog. De scheepvaart kan enige hinder ondervinden waar de kabel de vaargeul moet kruisen: ter hoogte van de Engelsmanplaat (bij KP 10, de vaargeul door de Zoutkamperlaag) en voor de haveningang van Lauwersoog (KP 0 - 2). Beide kruisingen samen vergen ongeveer drie dagen. De doorvaart wordt op geen enkel moment gestremd. Langs het tracé worden naast de beroepsvaart veel pleziervaartuigen verwacht, die minder op de vaargeulen zijn aangewezen en makkelijker kunnen uitwijken; zij zullen van de aanleg navenant minder hinder ondervinden.

De visserij zal weinig gevolgen van het kabelleggen ondervinden. Het tracé passeert ter hoogte van de Engelsmanplaat op een afstand van slechts circa 75 m een langgerekte schelpenwinlocatie in het Westgat en de Zoutkamperlaag; de winning kan hierdoor mogelijk iets worden beperkt.

Het Lauwersoogtracé kruist de NGT-gasleiding en de leidingenstraat naar Schiermonnikoog. Afhankelijk van de omstandigheden daar kan de aanleg één à twee weken langer duren dan de minimale vijf weken. Nadat de kabel is gelegd, zijn er geen beperkingen voor het aanleggen van eventuele nieuwe leidingen in de leidingenstraat. Olie- en gaswinningsinstallaties of proefboorlocaties liggen niet dicht bij het tracé.

De wadlooproute naar de Engelsmanplaat en het meest westelijke strand van Schiermonnikoog liggen op circa 2 km van het tracé, en daar zijn de werkzaamheden dus zichtbaar. De recreatievaart kan de werklocatie mijden indien met het uitzicht op het werk wenst te ontlopen. Het materiaal is tijdens de aanleg in de Waddenzee alleen voor de recreatievaart ten noorden van het Westgat ook van buiten het waddengebied zichtbaar. De zichtbaarheid van het materiaal is beperkt, tijdelijk en plaatselijk en verschilt weinig van die van de overige menselijke activiteiten langs het tracé.

7.1.6 Het Eemshaventracé

Het gedeelte van het Eemshaventracé binnen het natuurmonument Waddenzee en Eems-Dollardgebied heeft vanaf de aanlanding tot aan de grens van het te bestuderen gebied ten noorden van de Ballonplaat een lengte van 40 km. Het kombergingsgebied van de Eems (met inbegrip van de Dollard) heeft bij hoog water gemiddeld een wateroppervlak van 520 km²; bij laag water valt gemiddeld 200 km² droog. Het aanleggen van de verbinding beïnvloedt niet de gehele 420 km² die het kombergingsgebied gemiddeld omvat, maar slechts het gebied tussen de lijn Rottumeroog - Borkum en de lijn Hoogwatum - Pilsumer Watt, waar wordt gebaggerd en gestort. Dat heeft een gemiddeld wateroppervlak van 230 km² (160 km² bij laag water en 300 km² bij hoog water). De lengte van het tracédeel in dit gebied bedraagt 24 km. De totale werkzaamheden duren acht weken.

De bodemgesteldheid

De bodem op het tracé bestaat uit fijn zand met minder dan 5% slib met een deeltjesgrootte van minder dan $63\ \mu\text{m}$; hier en daar bevinden zich ook mariene klei en harde veenresten, en voor de Eemshaven komen kiezellagen voor [ICONA, 1992; RIN, 1989; RWS, 1989].

Voorafgaand aan het *trenchen* wordt over een lengte van 14 km gebaggerd; voor het restant is *trenchen* voldoende, al moet bij zandribbels de bovenlaag worden verwijderd om de bodem vlak te maken. In het totaal wordt de bodem op een oppervlak van $0,84\ \text{km}^2$ (0,36% van het totale oppervlak in beschouwing) verstoord. Voor het overige deel van het tracé in het Eems-Dollardgebied bedragen deze getallen; 3 km, $0,30\ \text{km}^2$ en 0,14%. De baggerspecie wordt gestort op een reguliere baggerstortlocatie die bij de aanvang van de werkzaamheden door het Wasser- und Schifffahrtsamt wordt aangewezen. Het gestorte materiaal blijft in het systeem. Door de ligging van de geulen langs platen die van nature aanzanden en door het grote natuurlijke sedimenttransport in het Eemsestuarium hoeven de geulen na het kabelleggen niet te worden opgevuld. Het baggeren duurt ongeveer zes weken.

Uit de modelstudie volgt dat het baggeren een extra sedimentatie van minder dan 2,0 mm/week veroorzaakt [Waterloopkundig Laboratorium, 1997]. Het storten van de baggerspecie geeft op een oppervlak van enkele km^2 rond de stortlocatie een extra sedimentatie van 2,5 - 5 mm/week.

Het sediment van wadplaten ten zuiden van Rottumerplaat is geanalyseerd om de concentraties zware metalen, PAK's en PCB's in de bovenste bodemlaag te bepalen. De concentraties van alle zware metalen zijn lager dan de grens- en streefwaarden volgens MilBoWa. De som van de concentraties van 11 PAK's is iets hoger dan de grenswaarde. De PCB-concentratie is lager dan de toetsingswaarde [Rijkswaterstaat, 1996b]. Langs het Eemshaventracé zal de bodem langs de vaargeul en buiten de wadplaten minder verontreinigd zijn. Volgens de Evaluatienota Water [1994] zijn de gehalten contaminanten in de bodem van de Oude Westereems lager dan de toetsingswaarde; het sediment valt daarom in kwaliteitsklasse I/II. Het extra sediment dat op de wadplaten neerslaat als gevolg van het baggeren zal minder verontreinigd zijn dan het sediment dat zich daar al bevindt.

De extra sedimentatie ten gevolge van baggeren langs het Eemshaventracé in de Waddenzee zal zich voordoen binnen het waddengebied. Het opgewerkte sediment dat met de getijdestroming naar de kustzone van de Noordzee wordt getransporteerd, blijft in de kustzone in suspensie en sedimenteert elders binnen de Waddenzee, voornamelijk binnen het Duitse waddengebied.

De waterkwaliteit

Langs het Eemshaventracé wordt het ZSG volgens de modelstudie als gevolg van het baggeren verhoogd. In het noordelijk deel van het kombergingsgebied (ten noorden van de Eemscentrale) bedraagt de ZSG-toename circa 25 mg/l. Alleen bij de stortlocatie is de toename over een oppervlak van enkele km² 25 - 50 mg/l. Hogere concentraties, van 50 - 100 mg/l, worden alleen in een straal van ongeveer 1 km om de stortlocatie aangetroffen en doen zich alleen voor tijdens de kentering van het tij. Buiten het te bestuderen gebied, ten noorden en oosten van Borkum, neemt over een oppervlak van circa 500 km² het ZSG met gemiddeld 15 mg/l toe. Het totale gebied met een verhoogd ZSG ligt voor circa 40 % in het te bestuderen gebied, voor circa 30% buiten het te bestuderen gebied in de kustzone ten noorden van Rottumeroog en Borkum, en voor circa 30% in het Duitse Nationalpark Niedersachsisches Wattenmeer (ten oosten en zuidoosten van Borkum). Het gesuspendeerde materiaal is niet sterker verontreinigd dan het van nature opgewervelde bodemmateriaal.

De watermassa met een verhoogd ZSG beweegt zich met het getij over een afstand van circa 15 km heen en weer langs het tracé. In het beschouwde gebied van 230 km² neemt het gemiddelde ZSG daardoor toe met minder dan 15 à 25 mg/l, en de afname van de doorzichtdiepte bedraagt gemiddeld 1 - 2 cm (circa 1 % van de gemiddelde natuurlijke waarde). De eventuele gevolgen voor het milieu van deze verhoging van het ZSG en de vermindering van doorzichtdiepte, bijvoorbeeld vermindering van de zuurstofconcentratie, zijn ook voor dit tracé niet meetbaar.

De toename van het ZSG ten gevolge van baggeren langs het Eemshaventracé binnen de Waddenzee zal zich voordoen binnen het kombergingsgebied en daarnaast in de kustzone van de Noordzee. De toename van het ZSG zal gemiddeld 15 mg/l en zeer lokaal maximaal 50 mg/l bedragen. Dit leidt tot een afname van de doorzichtdiepte met gemiddeld 1 tot 1,5 cm.

Het ecosysteem

Het Eemshaventracé loopt over een lengte van circa 2 km door het natuurmonument Waddenzee. Het tracé ligt op de volgende afstanden tot de binnen het natuurmonument vallende laagwaterlijn: 200 - 400 m bij KP 0 - 14 (behalve bij KP 9,5; 100 m), 400 - 750 m bij KP 14 - 17, 250 - 500 m bij KP 17 - 22 en meer dan 1.000 m voorbij KP 22. De in deze paragraaf beschreven gevolgen van de aanleg voor het milieu zijn bepaald op basis van de gelijktijdige inzet van drie baggerschepen, die een bodemoppervlakte van 0,84 km² bewerken. Omdat de mobiele bodemfauna (garnalen, krabben en jonge platvis) zich bij verstoring onder het zand verbergt en niet vlucht, wordt aangenomen dat deze dieren door het baggeren alle worden afgevoerd.

Het Doekegat, de Oude Westereems en het Horsborngat zijn diepe geulen met een lage soortenrijkdom, waar het aantal individuen van elke soort klein is en ook de biomassa gering is (1 - 2 g asvrij drooggewicht per m² [Kleef et al., 1992]). Gezien de waterdiepte (7 - 19 m) zullen zich in de directe omgeving van de baggerlocatie vrijwel geen bentische algen of wieren bevinden. De spisulabanken ten noorden van Rottumeroog en Rottumerplaat zijn na de overbevissing van 1992 - 1993 vrijwel geheel verdwenen. Ook bij onderzoek in februari 1995 werd geen spisula aangetroffen [Leopold, 1996]; het is echter niet onmogelijk dat zich tegen de tijd van de aanleg nieuwe banken hebben gevormd. Omdat hier alleen wordt *getrencht*, zal de eventuele schade aan de banken gering en relatief snel hersteld zijn. Nonnetjes komen langs het tracé in dichtheden van minder dan 1 per m² voor.

Langs het Eemshaventracé wordt in de Waddenzee over een oppervlakte van 0,84 km² gebaggerd. Dit is 65% van de oppervlakte die per visdag door een garnalenvisser wordt afgevist. Op dezelfde manier als voor het Lauwersoogtracé is voor het Eemshaventracé berekend dat 65% van de vangst op één dag vissen door één garnalenvisser overeenkomt met 320 kg consumptiegarnaal, 1.400 kg jonge garnaal en 380 kg jonge vis en krab. Op basis van gegevens over visdichtheden in de Waddenzee en langs de tracés [Dankers en De Veen, 1978; Dankers en Wintermans, 1996] worden door het baggeren ten behoeve van de kabel circa 13.000 strandkrabben, 8.400 jonge schollen, 1.670 botjes en totaal 2.700 stuks puitaal, sprout en zandspiering worden afgevoerd. Deze aantallen zijn berekend op basis van gemiddelde populatiedichtheden in het kombergingsgebied. De werkelijke dichtheid van de bodemfauna kan van plaats tot plaats sterk verschillen: in ondiepe delen van de geulen is de dichtheid groter, in de diepe geulen kleiner. In geulen dieper dan 8 m beneden GLW is de bodemfauna relatief arm [Beukema, 1997; Van Arkel & Mulder, 1979; Dekker, 1989]. Op slechts 2 km na is de waterdiepte langs het gehele tracé meer dan 8 m diep.

Zeehondenligplaatsen komen op een aantal plaatsen langs het tracé voor (zie figuur 5.4.6.b). Het tracé nadert bij het zuidelijk deel van het Horsbornzand de ligplaats van enkele dieren tot 750 m. Bij de Meeuwenstaart is een ligplaats van enkele dieren op meer dan 1.500 m van het tracé gelegen. Op deze ligplaatsen komen geen wijfjes met jongen voor. Bij Rottumeroog wordt de zeehondenligplaats langs het Sparregat tot op 1.250 m door het tracé benaderd. In 1997 zijn op deze ligplaats 100 tot 120 dieren geteld [P.J.H. Reijnders, mondelinge mededeling, 1997]. Verder komen langs de Oude Westereems op het Horsbornzand en op het Uithuizerwad onregelmatig zeehonden voor, in wisselende en meestal geringe aantallen. Deze incidentele ligplaatsen zijn niet in figuur 5.4.6.b opgenomen. Op de ligplaats langs het Sparregat bevinden zich tussen half juni en de tweede helft van augustus ook zogende wijfjes met jongen. De baggerschepen en hulpschepen naderen tijdens de werkzaamheden voor het leggen van de kabel deze ligplaats tot op minder dan 1.500 m. Daarom is naast enige verstoring van zwemmende zeehonden naar en van deze ligplaats ook verstoring van zeehonden op de ligplaats, met in de zoogperiode wijfjes met jongen, niet uit te sluiten. Dit zou consequenties kunnen hebben voor de populatie. Omdat drachtige wijfjes rustige gebieden opzoeken zullen ze overigens weinig of niet bij de ingang van het Sparregat, binnen 1.500 m van het tracé liggen.

Om echter verstoring van wijfjes met jongen zoveel mogelijk te voorkomen worden de werkzaamheden voor het leggen van de kabel door de Waddenzee in de periode april-mei uitgevoerd. Hierdoor is verstoring van wijfjes met jongen vrijwel uit te sluiten. Deze periode van werkzaamheden voorkomt ook verstoring van zeehonden in de verharingsperiode.

De zeehondenligplaats langs het Sparregat valt tijdens de werkzaamheden buiten de 40 dB(A)-geluidscontour die op circa 1.200 m van het tracé ligt. Ongeveer de helft van deze ligplaats valt binnen de 35 dB(A)-contour, maar deze geluidsdruk valt weg in het achtergrondniveau dat in de Waddenzee. Dit geldt niet bij windstil weer als het achtergrondniveau 30 tot 35 dB(A) bedraagt. De ligplaatsen ten noordwesten en zuidoosten van Borkum liggen op meer dan 5 km van het tracé. Van de twee stortplaatsen voor baggerspecie ten westen van Borkum ligt er één op ten minste 2 km en één waarschijnlijk binnen 1.000 m van de zeehondenligplaats bij de noordwestpunt van Borkum. Alleen bij het storten op deze laatste stortplaats kunnen de zeehonden in het Duitse Nationalpark Niedersachsisches Wattenmeer enigszins worden verstoord.

Het Eemshaventracé bevindt zich op een afstand van meer dan 1 km van broedgebieden, ruigebieden en hoogwatervluchtplaatsen. De geluidsdruk als gevolg van de werkzaamheden is op deze plaatsen minder dan 40 dB(A), zodat geen vogels worden verstoord. Langs het Uithuizerwad (tussen KP 5 en 14) en het Horsbornzand (tussen KP 15 en 19) nadert het tracé droogvallende platen. Het tracégedeelte tussen KP 5 en KP 10 loopt langs een zeer vogelrijk gedeelte van het Uithuizerwad, waar zich bij laag water veel foeragerende steltlopers bevinden. Op de andere platen komen weinig tot geen foeragerende steltlopers voor. Bij het Ra (het Eemswadje) bevinden zich vaak kokmeeuwen [C.J. Smit, *mondelinge mededeling*, 1997]. Watervogels komen langs het tracé niet veel voor. Onder de aanname dat vogels worden verstoord wanneer werkschepen zich op een afstand van minder dan 500 m bevinden, luidt de conclusie dat de aanwezigheid van het materieel bij KP 5 - 10 bij laag water de foeragerende steltlopers over een oppervlak van circa 0,4 km² verstoort. Watervogels worden langs het gehele tracé verstoord, zowel bij hoog als bij laag water, over een oppervlak van circa 1,5 km². Op basis van de vogeldichtheden rond het tracé [Rijkswaterstaat, 1989; Meltofte et al., 1994] is bepaald dat gedurende de werkzaamheden bij het Uithuizerwad bij laag water 200 - 400 foeragerende steltlopers hun rust of voedsel elders moeten zoeken; dat geldt ook voor circa 30 watervogels, langs het hele tracé.



De mate waarin vissen en ongewervelde dieren worden verstoord, is niet te schatten, maar er zijn geen aanwijzingen dat zij er blijvende nadelige gevolgen van ondervinden.

De genoemde effecten op het ecosysteem ten gevolge van de aanleg van de kabel door de Waddenzee via het Eemshaventracé beperken zich tot het waddengebied.

De menselijke activiteiten

De totale aanleg van de verbinding op het Eemshaventracé door het gebied Waddenzee/Eems kost circa negen weken. De scheepvaart kan enige hinder ondervinden waar de kabel de vaargeul moet kruisen. Dat is het geval voor de ingang van de Eemshaven en het Hubertgat (KP 36- 37, de secundaire vaargeul). Samen vergen deze kruisingen ongeveer tien dagen. De scheepvaart bestaat hier voor het grootste deel uit beroepsvaart; er is weinig extra drukte als gevolg van recreatie te verwachten. Ook de invloed van de aanleg op de recreatie wordt dus verwaarloosbaar geacht.

De visserij zal weinig gevolgen van het kabelleggen ondervinden. Olie- en gaswinningsinstallaties liggen niet dicht bij het tracé. Het Eemshaventracé ligt wel dicht bij de proefboorlocaties Rotummeroog I-B en II-F van de NAM. De proefboorlocatie Rotummeroog I-B brengt geen beperking ten aanzien van de tracering en aanlegmethode van de NorNed-kabel met zich mee. Deze proefboring vindt niet gelijktijdig met de installatie van de kabel plaats. De proefboring Rottummeroog II-F valt mogelijk wel samen met het leggen van de kabel, het tracé en de aanlegmethode zijn afgestemd hierop. Met de NAM zijn afspraken gemaakt voor afstemming van eventueel gelijktijdig uit te voeren werkzaamheden voor de proefboring en het leggen van de kabel.

De werkzaamheden in de Waddenzee zijn vrijwel alleen vanuit het Waddengebied zelf zichtbaar. Het materiaal is tijdens de aanleg in de Waddenzee alleen voor de recreatievaart ten noorden van Rottummeroog en Rottumerplaat zichtbaar. De zichtbaarheid van het materiaal is beperkt, tijdelijk en plaatselijk, merendeels éénmalig en verschilt weinig van die van de overige menselijke activiteiten langs het tracé.

7.1.7 Het Callantsoogtracé

Het Callantsoogtracé valt buiten het waddengebied. Om een vergelijking tussen de verschillende tracés te kunnen maken, wordt hier het gedeelte van het tracé beschreven dat in de 12-mijlszone ligt, met een lengte van 100 km, waarvan 7 binnen de 3-mijlszone valt. Dat gebied is enigszins vergelijkbaar met het deel van de waddentracés in de 12-mijlszone en dat in paragraaf 7.3 wordt besproken. Het is de verwachting dat de kuststrook in de toekomst tot staatsnatuurmonument wordt verklaard. Als referentie voor de beoordeling van de gevolgen van de aanleg wordt een gebied van circa 1.800 km² aangehouden. De baggerwerkzaamheden duren drie weken; het uitvoeren van de gestuurde boring onder de duinen (1.200 m) vergt inclusief voorbereidingen en afrondende werkzaamheden 11 weken. De werkzaamheden binnen de 12-mijlszone duren in totaal 17 weken.

De bodemgesteldheid

De bodem van de kuststrook bestaat uit grof tot middelfijn zand. Om de kabel in te graven, wordt tot circa 6 km uit de kust, over een lengte van circa 3 km gebaggerd; op de overige 97 km is *trenchen* voldoende, al moet plaatselijk de bodem wel vlak worden gemaakt. Om de aanlandingslocatie voor een groot kabellegschip toegankelijk te maken, wordt dicht onder de Noord-Hollandse kust extra gebaggerd. In het totaal wordt de bodem binnen de 12-mijlszone over een oppervlak van 0,22 km² verstoord.

Door de getijdestroming en de reststroming langs de kust (circa 3 km per dag) wordt het door het baggeren opgewoelde materiaal over een oppervlak van ten minste 50 km² verspreid. Daardoor is de verhoging van de sedimentatie verwaarloosbaar (minder dan 0,05 mm/week). Hetzelfde geldt voor de sedimentatie in de Waddenzee. De monsterlocaties voor het bepalen van de bodemverontreiniging liggen in de kustzone zeer verspreid; langs het Callantsoogtracé liggen er geen. Op monsterpunt Noordwijk, 2 km uit de kust, overschreden alleen de concentraties van de zware metalen kwik en zink in 1993 de streefwaarde; zij waren echter lager dan de grenswaarde. De PCB-concentratie was lager dan de streefwaarde, en hoewel de PAK-concentratie hoger was dan de grenswaarde, bleef deze beneden de toetsingswaarde [Rijkswaterstaat, 1996]. De baggerspecie valt in de kwaliteitsklasse II. Aangezien de extra sedimentatie als gevolg van het baggeren niet aantoonbaar is, zal ook de eventuele verontreiniging van het sediment niet aantoonbaar zijn.

De waterkwaliteit

Ten gevolge van het baggeren zal het ZSG met circa 5 mg/l toenemen binnen de 3-mijlszone. In de rest van de 12-mijlszone is de verhoging verwaarloosbaar (minder dan 1 mg/l). Hetzelfde geldt voor de Waddenzee/Eems. De doorzichtdiepte neemt in de 3-mijlszone met minder dan 1 cm af, in de andere twee gebieden is de invloed op de doorzichtdiepte verwaarloosbaar. De eventuele gevolgen voor het milieu, bijvoorbeeld vermindering van de zuurstofconcentratie, zijn dan ook verwaarloosbaar.

Het ecosysteem

Het Callantsoogtracé loopt deels door de Noordzee, kerngebied van de EHS. Door de werkzaamheden wordt in de kustzone een bodemoppervlak van 0,17 km² door baggeren verstoord. Ook voor dit tracé wordt aangenomen dat alle mobiele bodemfauna bij het baggeren wordt verwijderd.

Het tracé ligt tot KP 80 minder dan circa 6 km van de kust van respectievelijk Noord-Holland, Texel en Vlieland. Van de bodemfauna in deze kuststrook is het macrozoöbenthos (de grotere soorten) gemiddeld minder soortenrijk dan in de Waddenzee (10 - 30 soorten in plaats van 40 - 80), maar waarschijnlijk rijker dan in de wadgeulen. De dichtheid van de bodemfauna als geheel is in de kustzone aanzienlijk groter dan in de wadgeulen (5 - 30 g asvrij drooggewicht per m²).

Bentische algen komen in de Noord-Hollandse kustzone vrijwel niet voor, en over de populatiedichtheden van garnalen en krabben in de kustzone zijn geen gegevens beschikbaar. Spisulabanken komen in deze kuststrook veelvuldig voor en ook andere schelpdieren zijn er in redelijke aantallen [Leopold, 1996]. Als zich tijdens het kabelleggen spisulabanken op het tracé bevinden, worden deze over een relatief smalle strook verstoord. Bij de aanleg van de verbinding op het Callantsoogtracé kan, door de grote afstand waarover het tracé in de kustzone ligt, ten opzichte van de andere tracés meer schade aan spisulabanken worden veroorzaakt.

De gehele kustzone fungeert als kinderkamergebied voor tong en schol. Cijfers over de dichtheden van eenjarige tong en schol in de kustzone zijn slechts voorhanden in de vorm van relatieve dichtheden in de vangsten; deze kunnen dus niet worden vergeleken met de aantallen per m² die voor de Waddenzee bekend zijn. Wel is bekend dat de relatieve dichtheid van eenjarige schol in de Hollandse kustzone gelijk is aan die in de kustzone voor de waddeneilanden, en dat die van eenjarige tong in de Hollandse kustzone wat kleiner is.

Langs het Callantsoogtracé komen binnen een afstand van 6 km geen ligplaatsen van zeehonden voor, noch broedgebieden, ruigebieden, hoogwatervluchtplaatsen of belangrijke foerageergebieden voor vogels. In de winter en in het voorjaar kunnen de zwarte zee-eenden worden verstoord die dan in aantallen van vele tienduizenden in de kustzone tot de dieptelijn van 20 m kunnen voorkomen; ook eidereenden kunnen worden verstoord. De mate waarin vissen en ongewervelde dieren worden verstoord, is niet te schatten, maar er zijn geen aanwijzingen dat zij er blijvende nadelige gevolgen van ondervinden.

De menselijke activiteiten

Het Callantsoogtracé kruist, ongeacht de precieze ligging van het tracé, ten noorden van de waddeneilanden de doorgaande scheepvaartroute over de Noordzee (Terschelling-German Bight TSS). De kruising vergt circa 3 dagen aanlegtijd. Deze route wordt onder een vrijwel rechte hoek gekruist en schepen hebben er veel ruimte om uit te wijken, zodat zij nauwelijks wordt gehinderd. Verder is het tracé niet gebundeld met vaargeulen, zoals de tracés door de Waddenzee, maar ligt in open zee. Ook de kusterscheepvaart en visserij zal vrijwel geen hinder van de aanleg ondervinden.

Op het strand bij Callantsoog wordt gerecreëerd; deze recreanten zullen van het aanleggen van de NorNed-verbinding tijdelijk zicht hebben op de werkzaamheden. De zichtbaarheid van het materiaal is tijdelijk, plaatselijk en éénmalig.

Het Callantsoogtracé doorsnijdt een klein deel van zandwingebied Q2A, waardoor mogelijk enige beperking van de winning niet te vermijden is; de route is echter zo gekozen dat een eventuele beperking zeer gering is. Het tracé kruist ook gas- en telecommunicatieleidingen in de Nederlandse kustwateren. Dit zal geen noemenswaardige hinder geven. Olie- en gaswinningsinstallaties worden op grote afstand gepasseerd.

7.1.8 Aantasting kenmerken Waddenzee

In de PKB-Waddenzee worden kenmerken van het gebied genoemd die een duurzame bescherming vergen en die zich zo natuurlijk mogelijk moeten ontwikkelen, opdat het streefbeeld van de Waddenzee wordt verwezenlijkt en behouden. Deze kenmerken zijn in paragraaf 3.3.2 genoemd en in hoofdstuk 5 besproken. In het onderstaande wordt getoetst in hoeverre deze kenmerken van het gebied aantoonbaar worden beïnvloed door het leggen van de kabel op de tracés door de wadden.

- De waterbewegingen worden door het leggen van de kabel in de stroomgeulen niet beïnvloed. Ook het baggeren, dat op sommige plaatsen nodig is om de geulen dieper te maken, en het in voorkomende gevallen opvullen van de geulen na het kabelleggen hebben geen wezenlijke invloed op de waterbewegingen, noch op de geomorfologische en bodemkundige processen die daarmee gepaard gaan.
- De tijdelijke en zeer geringe verhoging van het ZSG die het gevolg is van de werkzaamheden heeft een verwaarloosbare invloed op de kwaliteit van het water.
- Door het leggen van de kabel wordt de bodem niet verontreinigd. De kwaliteit van het opgewervelde bodemmateriaal is zodanig dat op plaatsen waar dit materiaal sedimenteert de waterkwaliteit, de bodemgesteldheid en het ecosysteem niet aantoonbaar worden beïnvloed.
- Op het bodemoppervlak waar wordt gebaggerd, wordt alle flora en fauna verwijderd. Daartoe behoren ook jonge individuen van Noordzeevissen waarvoor de Waddenzee een kinderkamerfunctie heeft. De hoeveelheid verwijderde bodemflora en -fauna komt voor de Lauwersoog- en Eemshaventracés overeen met circa 28% respectievelijk 65% van dagvangst van een garnalenvisser. De invloed daarvan op de bodemfauna en de populatie jonge vissen langs de tracés is daardoor verwaarloosbaar.
- Op sommige plaatsen langs het Lauwersoogtracé worden 150 - 300 foeragerende steltlopers en circa 100 watervogels verstoord; voor het Eemshaventracé is dat 200 - 400 foeragerende steltlopers en circa 30 watervogels. Broed- en rustgebieden worden niet verstoord. De invloed van deze verstoringen op vogelpopulaties langs de tracés is verwaarloosbaar.
- De gebieden waar zeehonden hun jongen werpen en zogen worden niet noemenswaardig verstoord. De aanleg zal bovendien buiten de zoogperiode plaatsvinden. Langs het Lauwersoogtracé kunnen 40 rustende zeehonden worden verstoord, langs het Eemshaventracé slechts enkele. De invloed daarvan op de zeehondenpopulatie langs de tracés is verwaarloosbaar.
- De tracés doorsnijden geen kwelders of zeegrasvelden; de werkzaamheden beïnvloeden deze gebieden ook niet op een andere wijze.
- De landschappelijke kwaliteiten worden door het aanleggen van de NorNed-verbinding niet beïnvloed omdat het gebruikte aanlegmateriaal zich visueel niet belangrijk onderscheidt van de scheepvaart langs de tracés. 's Nachts wordt de werkverlichting geminimaliseerd tot hetgeen uit veiligheidsoverwegingen nodig is. Er worden geen lampen naar buiten (van het schip af) gericht.
- Het geluid en de nachtelijke verlichting heeft een verwaarloosbare invloed op de belevingswaarde van natuur en landschap.

Alle genoemde effecten zijn zeer beperkt tot verwaarloosbaar en merendeels tijdelijk, plaatselijk en éénmalig.

7.2 Gevolgen van het gebruik van de kabel in de Waddenzee

7.2.1 De gevolgen van gebruik in het algemeen

Gevolgen voor de bodemgesteldheid, de waterkwaliteit en de menselijke activiteiten

De gevolgen van het gebruik van de kabel zijn met name afhankelijk van de keuze van het type verbinding. Bij keuze van de MI-kabel is aanleg van zee-elektroden noodzakelijk omdat de verbinding dan monopolair wordt uitgevoerd. De zee-elektroden komen in dat geval buiten de 12-mijlszone. De kathode zal dan aan de Nederlandse kant worden geïnstalleerd en de anode nabij de Noorse kust. De milieuconsequenties van aanleg en gebruik van zee-elektroden voor de NorNed-kabel zijn in een separaat rapport beschreven [KEMA, 1997a]. Bij keuze van de FT-kabel wordt de verbinding bipolair uitgevoerd en zijn geen zee-elektroden noodzakelijk. De FT-kabel bevat wel een geringe hoeveelheid olie. Voor de olie in de FT-kabel kan worden gekozen tussen minerale olie en synthetische olie. In verband met de biologische afbreekbaarheid (bij eventuele lekkage) is gekozen voor minerale olie.

Het gebruik van de kabel kan continue en incidentele gevolgen hebben voor bodem en water. Continue gevolgen zijn het resultaat van warmte-afgifte aan de bodem of het uitlogen van kabelmateriaal; incidentele gevolgen zijn het resultaat van opnieuw ingraven of van beschadiging.

De menselijke activiteiten worden mogelijk incidenteel beïnvloed door opnieuw ingraven of reparaties; de gevolgen hiervan zijn hetzelfde als van vergelijkbare werkzaamheden bij de aanleg. Bij aanleg van een MI-kabel is de elektrodekabel tot aan de aftakking naar de zee-elektrode gebundeld met de hoofdkabel. Hierdoor worden tijdens het gebruik van de MI-kabel binnen het te bestuderen gebied geen kompasmiswijzingen veroorzaakt, de FT-kabel veroorzaakt nergens kompasmiswijzing [KEMA, 1995; KEMA, 1996].

De retourstroom tussen de zee-elektroden kan zwerfstromen veroorzaken in infrastructuur in de omgeving van de zee-elektroden. De FT-kabel zonder zee-elektroden veroorzaakt geen zwerfstromen.

Bij gebruik wordt in de kabel door het stroomtransport warmte ontwikkeld. Deze warmte wordt aan de omgeving afgegeven. De maximum temperatuur aan de buitenwand van een MI-kabel is 35°C en van een FT-kabel 30°C. De temperatuursverhoging in de bovenste bodemlaag tot 30 cm diepte, de bodemlaag waarin bodemfauna aanwezig is, is afhankelijk van de ingraafdiepte van de kabel. Aan het bodemoppervlak wordt de warmte direct aan het aangrenzende water afgegeven en is geen temperatuursverhoging meetbaar. De afgegeven warmte is bovendien te gering voor een meetbare temperatuursverhoging van het aangrenzende water. Bij een ingraafdiepte van 3 m is deze temperatuursverhoging op 30 cm diepte 0,5 K en de gemiddelde opwarming in de bovenste 30 cm van de bodem 0,3 K. Bij een ingraafdiepte van 2 m is de temperatuursverhoging op 30 cm diepte 0,9 K en de gemiddelde opwarming in de bovenste 30 cm van de bodem 0,5 K. Bij een ingraafdiepte van 1 m is dit respectievelijk 1,7 K en 0,9 K. Als de kabel bloot komt te liggen, wordt de in de kabel opgewekte warmte direct door het langsstromende water afgevoerd.

De kabelmantel van zowel de MI-kabel als de FT-kabel wordt beschermd door een bandage met bitumen van geïmpregneerd polypropeengaren met een levensduur van vele tientallen jaren, waaruit geen stoffen tot aantoonbare concentraties uitlogen. Bacteriën kunnen het bitumen net als andere organische materialen aantasten, maar deze aantasting is vrijwel verwaarloosbaar en de bacteriële afvalproducten zijn volledig afbreekbaar tot uiteindelijk water en kooldioxide. Hiervan is dus geen bodem- of waterverontreiniging te verwachten.

De kans dat de kabel door interne fouten beschadigd raakt, is zeer klein: 0,00015 maal per km per jaar. Als de kabel goed begraven ligt, is de kans op schade door externe oorzaken (ankerende schepen, hakende visnetten etc.) zelfs nog kleiner. Voor een blootliggende kabel is deze kans echter groter, maximaal 0,00035 maal per km per jaar [Alkyon, 1997].

Als de kabel breekt, treedt kortsluiting op; het stroomtransport wordt dan onmiddellijk gestopt. De elektrische ontlading heeft geen blijvend effect op de bodem of de waterkwaliteit. Als een MI-kabel wordt gebruikt, kan bij breuk geen noemenswaardige hoeveelheid olie uitstromen [Worzyk, 1996]. Bij een FT-kabel is dit wel het geval. Gezien hetgeen in paragraaf 6.3.2 over olie-uitstroom en olie-bestrijding is vermeld, kan ter bepaling van de daardoor mogelijk optredende milieu-effecten de uitstroom van 1.000 l olie als worst-case situatie beschouwd worden. In dit hoofdstuk wordt deze, in circa 100 uur vrijkomende hoeveelheid olie, daarom aangehouden voor de beschrijving van de milieu-effecten.

Omdat de breuk over het algemeen het (indirecte) gevolg is van blootliggen, stroomt de olie in het water en wordt de bodem nauwelijks verontreinigd. In het water in de Waddenzee vormt de olie een dunne laag op het oppervlak en wordt gelijktijdig gedispergeerd. Van de gedispergeerde olie wordt per cyclus 2% afgebroken en verdwijnt circa 10% naar de Noordzee. Per getijdecyclus verdwijnt 4% van de olie die op wadplaten neerslaat [AEA, 1997a]. Theoretisch is na 19 getijdecycli (circa 10 dagen) 90% van de olie uit het kombergingsgebied verdwenen (deels door biologische afbraak, deels door verspreiden naar de Noordzee). De maximum concentratie van in het water gedispergeerde olie wordt in vier dagen bereikt. In de praktijk worden binnen enkele uren maatregelen genomen en is binnen tien uur de olievlek binnen een oliescherm geconcentreerd en wordt de olie afgevoerd. Bij zeer harde wind kunnen geen maatregelen worden genomen, maar dispergeert de olie door de golfslag zo snel dat er geen olievlek van enige omvang wordt gevormd.

Afhankelijk van de situatie op de plaats van de breuk en de weersomstandigheden kan een reparatie enkele weken duren. In de Waddenzee is de kabel goed bereikbaar, dus is een periode van weken voldoende. Het repareren verstoort de bodem zeer lokaal en veroorzaakt een verwaarloosbare verhoging van het zwevend-stofgehalte in het water. Eventueel met olie verontreinigd bodemmateriaal wordt afgevoerd.

Door de kortsluiting bij kabelbreuk treedt een ontlading op waardoor een deel van de kabel, in de orde grootte van 1 m lengte, wordt vernietigd. De loodmantel en de koperen kern zullen bij de ontlading smelten en het isolatiemateriaal zal verbranden en/of smelten. Bij reparatie van de kabel worden deze verbrandings- en smeltingsresten afgevoerd. Omdat de kabels zo zijn ontworpen dat een eventuele kortsluiting altijd als eerste optreedt tussen de spanningvoerende kern en de afschermende geaarde mantel en de spanning bij kortsluiting direct uitvalt, bestaat geen gevaar voor de veiligheid van ankerende schepen en dergelijke.

Gevolgen van het gebruik voor het ecosysteem

In de Waddenzee, waar de kabel tot een diepte van 2 tot 3 m wordt ingegraven zijn geen effecten ten gevolge van warmte-afgifte door de kabel te verwachten. Een maximum temperatuurverhoging van minder dan 1 K en een gemiddelde temperatuurverhoging van 0,5 K zal niet tot negatieve effecten op de bodemfauna leiden. Op wadplaten bedraagt de natuurlijke variatie van de bodemtemperatuur in de bovenste bodemlaag binnen een getijde periode 1 - 2,5 K [Baretta en Ruurdij, 1988].

Gevolgen van het uitlogen van kabelmateriaal zijn voor het ecosysteem evenzeer verwaarloosbaar als voor bodem en water. Geluid wordt tijdens normaal gebruik alleen bij de inspecties gemaakt, en de daarbij gebruikte kleine vaartuigen veroorzaken slechts een zeer geringe verstoring. De gebruikte schepen zijn vergelijkbaar met de schepen van de normale scheepvaart langs het tracé. Door de afscherming door de metalen kabelommanteling heerst buiten de kabel geen meetbaar elektrisch veld.

Het opgewekte magnetisch veld, dat statisch is omdat het een gelijkstroomverbinding betreft, kan echter niet worden afgeschermd. Als een FT-kabel wordt gebruikt, wordt het magnetisch veld van de getransporteerde stroom voor het grootste deel gecompenseerd door de retourstroom en heerst buiten de kabel een zeer zwak magnetisch veld, met een veldsterkte op de zeebodem, afhankelijk van de ingraafdiepte, van 1 tot 7 μT . Een MI-kabel wordt in de *Waddenzee met de elektrodekabel gebundeld*, zodat daar ook slechts sprake is van een zeer zwak veld buiten de kabel (2 tot 12 μT). Om een niet gebundelde MI-kabel (circa 65 km ten noorden van de waddeneilanden) heerst echter een relatief sterk magnetisch veld [Telstad, 1995].

Als de kabel opnieuw wordt ingegraven, is de invloed op flora en fauna in de omgeving even groot als bij het *trenchen* tijdens de aanleg. De verhoging van het zwevend-stofgehalte heeft een verwaarloosbare invloed op het ecosysteem. Verstoring van zeehonden of vogels tijdens het opnieuw ingraven is afhankelijk van de lokale omstandigheden. Door veranderingen in de ligging van geulen en wadplaten kunnen zeehonden of foeragerende vogels zich tijdens het *retrenchen* op andere plaatsen langs het tracé bevinden dan tijdens de aanleg.

De gevolgen van een elektrische ontlading als gevolg van kabelbreuk zijn vergelijkbaar met die van blikseminslag. Tot op enige afstand van de breuk kan dat dodelijk zijn voor vissen en bodemfauna.

Bij een eventuele breuk van een FT-kabel zal minerale olie vrijkomen. De schade aan organismen van olie in oppervlaktewater heeft fysische en toxicologische aspecten.

De fysische aspecten zijn:

- bij contact van het kieuwenoppervlak van vissen en ongewervelde dieren met olie wordt de zuurstofopname belemmerd;
- bentische algen en bentische fauna op droogvallende wadplaten kunnen door een oliefilm van de lucht worden afgesloten;
- de veren van watervogels die in contact komen met een oliefilm verliezen hun waterafstotend vermogen waardoor de vogels hun drijfvermogen verliezen en water tot op de huid kan doordringen waardoor de vogels te sterk afkoelen en verdrinken;
- zoöplankton kan gedispergeerde oliedruppeltjes opnemen waardoor de darmen verstopen.

De toxicologische aspecten zijn:

- bepaalde componenten uit minerale olie en eventueel toegevoegde additieven kunnen bij opname via het voedsel voor aquatische organismen direct giftig zijn.

Voor de levensgemeenschappen op wadplaten, op de wadbodem, en voor plankton, vissen en vogels, is de kans op fysische of toxicologische schade door olie binnen het betreffende kombergingsgebied berekend [AEA, 1997a]. De berekende waarden zijn vergeleken met het maximaal toelaatbare risico-niveau (MTR) of de maximale toelaatbare concentratie (MTC). Het MTR is gelijk aan aantasting van 5% van de aanwezige soorten [VROM, 1991; CRMH, 1992]. Dit betekent dat tenminste aan 95% van de soorten in een ecosysteem bescherming wordt geboden. Een kans op schade die 1% van het MTR bedraagt kan als verwaarloosbaar risico gekwalificeerd worden. Uit berekeningen volgt dat bij het uitstromen van 1.000 l olie, zonder dat maatregelen worden genomen tegen verspreiding van de olie, alleen de fysische aspecten enige rol spelen. De kans op toxicologische schade na weglekken van 1.000 l olie is circa 2.000 maal kleiner dan de kans op fysische schade. Normaliter worden wel maatregelen genomen tegen de verspreiding van olie (zie paragraaf 6.3.2).

De fysische risico's van weggelekte olie voor het ecosysteem zijn bepaald voor schade aan vogels en schade aan wadplaten door contact met een olievlek en voor schade aan het aquatisch ecosysteem ten gevolge van een te hoge concentratie gedispergeerde olie. Voor vogels wordt aangenomen dat elk contact met een olievlek tot de dood van de vogel leidt en is de kans berekend dat een passerende vogel met olie in contact komt. Voor wadplaten is de kans berekend dat ten gevolge van een olievlek van een bepaalde omvang olie op wadplaten terecht komt in een hoeveelheid waarbij meer dan 5% van de aanwezige soorten schade ondervinden.

Voor het aquatisch ecosysteem is $79 \mu\text{g/l}$ een indicatieve maximaal toelaatbare concentratie (MTC) gedispergeerde olie en de concentratie waar beneden geen effecten optreden is $10 \mu\text{g/l}$ [Scholten et al., 1993, 1996]. De verspreiding en afbraak van olie in het water en op de wadplaten is berekend met het door TNO Den Helder ontwikkelde model "WADOIL", dat voor een specifiek kombergingsgebied is geparameteriseerd. Het model berekent de risico's ten gevolge van vorming van een olie-drijflaag, ten gevolge van gedispergeerde olie in het water en ten gevolge van afzetting van olie op wadplaten. De kans is berekend dat de MTC wordt overschreden ten gevolge van het vrij komen van olie uit de kabel. De resultaten zijn in paragraaf 7.2.2, 7.2.3 en 7.2.4 opgenomen.

Zeehonden kunnen met olie besmeurd raken tijdens zwemmen in een drijflaag en tijdens voortbewegingen op platen met aangespoelde olie. Hoewel er in het verleden olierampen zijn geweest in de nabijheid van leefgebieden van jonge zeehonden zijn er weinig meldingen van sterfte ten gevolge van olie [AEA, 1997a]. Het milieurisico van een potentiële olie lekkage wordt normaal bepaald door het product van de frequentie van het vrij komen van olie en de kans dat door de vrij gekomen olie milieuschade ontstaat. Dit product geeft dan de gemiddelde kans per jaar op aantasting van het milieu weer. Aangezien er echter geen referentiewaarde (toetsingskader) voor dit milieurisico bestaat, is deze koppeling hier niet gemaakt en worden kans op kabelbreuk en kans op milieuschade naast elkaar bepaald.

Als kabelbreuk optreedt in de kustzone buiten de Waddenzee, heeft dit geen aantoonbare negatieve effecten op het ecosysteem in de Waddenzee.

Langs het Lauwersoogtracé zal binnen de gebruiksperiode van de kabel vijf tot acht maal *retrenchen* noodzakelijk zijn. *Retrenchen* zal voornamelijk nodig zijn tussen KP 10 en KP 13, een afstand van 3 km. *Retrenchen* zal voornamelijk binnen de eerste tien jaar nodig zijn. Dit betekent dat gedurende de eerste tien jaar *retrenchen* elke één tot twee jaar noodzakelijk kan zijn.

De bodemgesteldheid

Gezien de geringe opwarming van de bovenste bodemlaag en omdat de uitloging van de kabelmantel verwaarloosbaar is, zijn geen continue milieu-effecten tijdens gebruik van de kabel te verwachten.

Bij een calamiteit met een FT-kabel is verontreiniging van de bodem met olie in principe mogelijk bij een schade door een interne oorzaak. Bij schade door een externe oorzaak zal de kabel in het algemeen bloot liggen. In deze situatie treedt geen bodemverontreiniging op. De faalkans door een interne oorzaak voor een kabel via het Lauwersoogtracé is voor het PKB-gebied Waddenzee (kilometer 0-15,5) eens per 430 jaar [AEA, 1997a].

Tijdens reparatie van de kabel en bij het opnieuw in de bodem brengen van de gerepareerde kabel zal lokaal verstoring van de bodem optreden. De frequenties waarop reparaties verwacht kunnen worden, staan hierboven weergegeven. Met olie verontreinigd bodemmateriaal zal worden afgevoerd.

Schade aan de kabel door een interne oorzaak kan bodemverontreiniging in de Waddenzee veroorzaken. Deze verontreiniging zal zich, door de beperkte hoeveelheid olie en de afbreekbaarheid daarvan, niet tot buiten de Waddenzee verspreiden.

De waterkwaliteit

De totale faalfrequentie voor een kabel via het Lauwersoogtracé is in het PKB-gebied Waddenzee (kilometer 0-15,5) eens per 129 jaar [AEA, 1997a].

Theoretisch vormt 1.000 l in het water vrij gekomen olie een olievlek van 3.300 m². Door gelijktijdige dispersie van olie in het water wordt de oliedrijflaag in de praktijk niet groter dan 532 m². Na 1,5 dag is de drijflaag zo goed als verdwenen. Zonder directe maatregelen bereikt de gedispergeerde olie na circa 4 dagen een maximum concentratie van 6,3 µg/l, een concentratie die geen effecten veroorzaakt in het marine ecosysteem. Hierbij is rekening gehouden met een achtergrondconcentratie in de Waddenzee van 4 µg/l. Door een kabelbreuk wordt deze achtergrondconcentratie lokaal 1,5 maal verhoogt. Binnen 10 dagen is 90% van de olie uit het kombergingsgebied verdwenen en binnen 25 dagen geheel verdwenen (deels door biologische afbraak, deels door verspreiding naar de Noordzee [AEA, 1997a]). Zoals uit paragraaf 6.3.2 blijkt, betreft het cijfers voor de worst-case situatie.

Waternverontreiniging ten gevolge van schade aan de kabel langs het Lauwersoogtracé binnen de Waddenzee door een interne of externe oorzaak strekt zich uit tot in de kustzone van de Noordzee door transport met getijdenstroming van gedispergeerde olie uit de Waddenzee. Deze effecten zijn verwaarloosbaar.

Het ecosysteem

Tijdens gebruik van de kabel zal het tracé de eerste jaren tweemaal per jaar worden geïnspecteerd, daarna waarschijnlijk minder frequent. De inspectie met een kleine boot kan tot enige geringe verstoring leiden.

Tijdens *retrenchen* zal enige verstoring optreden van ten tijde van het *retrenchen* in de omgeving van het tracé verblijvende zeehonden, foeragerende steltlopers op het Wierumerwad en op het zuidelijk deel van de Kuipersplaat en watervogels boven het te *retrenchen* tracégedeelte. Daarnaast zal binnen een smalle strook waarin de kabel opnieuw wordt ingespoten enige verstoring van aquatische organismen optreden. De verhoging van het ZSG is daarbij verwaarloosbaar.

Bij een calamiteit met een FT-kabel is verontreiniging van de bodem met olie in principe mogelijk bij een schade door een interne oorzaak. De in de bodem vrijkomende olie kan in principe deels in het water terecht komen. De kans op schade door een interne oorzaak is echter zeer gering [AEA, 1997a]. De totale faalfrequentie voor een kabel via het Lauwersoogtracé binnen het te bestuderen gebied is 0,0005 faalgebeurtenissen per km per jaar. Dit betekent voor het tracé in het PKB-Waddenzeegebied (kilometer 0-15,5) een schadeverwachting van eens per 129 jaar.

Het risico voor schade aan het ecosysteem is berekend voor de situatie dat circa 1.000 l zich in de Waddenzee kan verspreiden (worst-case). Het berekende risico op schade aan vogels is bij vrijkomen van circa 500 l $8,6 \cdot 10^{-7}$, bij vrijkomen van circa 1.000 l olie $9,5 \cdot 10^{-7}$. Dit risico is lager dan $5 \cdot 10^{-4}$, 1% van het maximaal toelaatbare risico (MTR). De kans op schade door aanspoelende olie op wadplaten of kwelders is $4,3 \cdot 10^{-6}$. Ook dit is minder dan 1% van het MTR en derhalve verwaarloosbaar. Als olie op wadplaten spoelt zal de totale met olie bedekte oppervlakte 280 m² bedragen (een totale vlek met een doorsnede van 20 m). De kans op schade aan aquatische biota door gedispergeerde olie is bij vrijkomen van 1.000 l olie $4,3 \cdot 10^{-4}$ en dus minder dan 1% van het MTR [AEA, 1997a; Scholten, 1993, 1996].

Zoals gezegd betreffend deze cijfers de worst-case situatie. Bovendien zullen de menselijke activiteiten in verband met de oliebestrijding bij de olievlek er voor zorgen dat aanwezige vogels worden verjaagd uit het risicogebied en dat passerende dieren uit dit gebied weg zullen blijven. Gezien de bovengenoemde risico's voor vogels en wadplaten zullen ook de risico's ten aanzien van zeehonden zeer gering zijn.

Bij een kabelbreuk langs het Lauwersoogtracé binnen de Waddenzee wordt gedispergeerde olie vanuit de Waddenzee naar de kustzone van de Noordzee getransporteerd. De concentratie van deze gedispergeerde olie is te laag om tot een ecologisch risico te leiden.

Tijdens *retrenchen* van de kabel wordt niet gebaggerd, maar wordt het blootliggende stuk kabel opnieuw ingespoten. Dit geeft over de lengte waarover *retrenchen* noodzakelijk is bodemberoering binnen een strook met een breedte van circa 0,5 m. Hierbij kan het ZSG in het water ter plaatse van het *retrenchen* in geringe mate toenemen. Dit zal niet leiden tot een meetbare verhoging van sedimentatie.

Na beschadiging of breuk van de kabel wordt de kabel gerepareerd. Tijdens reparatie kan, afhankelijk van de plaats van de te repareren schade, enige verstoring optreden van in de omgeving verblijvende zeehonden en vogels. Het leidt tot bodemberoering met als gevolg een geringe toename van de zwevendestofconcentratie ter plaatse. Verontreinigde bodem zal worden afgevoerd. Een reparatie zal ongeveer 5 weken in beslag nemen.

Menselijke activiteiten

Retrenchen en eventuele reparatie van een beschadigde kabel vindt waarschijnlijk plaats buiten de vaargeul en zal daardoor geen hinder voor de scheepvaart geven. Tijdens de werkzaamheden kan op de plaats van de werkzaamheden niet worden gevisd, waardoor de visserij kortdurend en zeer lokaal wordt gehinderd. Zand- en schelpenwinning, baggeractiviteiten en olie en gaswinning worden niet gehinderd. De werkzaamheden kunnen zichtbaar zijn voor recreanten.

De effecten van *retrenchen* of van reparatie aan de kabel langs het Lauwersoogtracé binnen de Waddenzee op bodem, water, ecosysteem en op menselijke activiteiten beperken zich tot de Waddenzee.

7.2.3 Gevolgen van het gebruik langs het Eemshaventracé

Langs het Eemshaventracé zal binnen de gebruikperiode van de kabel nul tot drie maal *retrenchen* noodzakelijk zijn. *Retrenchen* zal voornamelijk nodig zijn tussen KP 10 en KP 24 en zal voornamelijk binnen de eerste tien jaar nodig zijn. Dit betekent dat gedurende de eerste tien jaar *retrenchen* maximaal elke drie jaar noodzakelijk kan zijn.

De bodemgesteldheid

Gezien de geringe opwarming van de bodem en aangezien uitloging van de kabelmantel verwaarloosbaar is zijn geen continue milieu-effecten tijdens gebruik van de kabel te verwachten.

De faalkans door een interne oorzaak voor een kabel via het Eemshaventracé, waarbij olie in de bodem kan stromen, is voor het PKB-gebied Waddenzee (kilometer 0-24) eens per 278 jaar [AEA, 1997a].

Door reparatie van de kabel zal verstoring optreden en zal bodemberoering plaatsvinden bij het opnieuw in de bodem brengen van de gerepareerde kabel. De frequentie waarop reparaties verwacht worden, staan hierboven weergegeven.

Bodemverontreiniging ten gevolge van schade aan de kabel langs het Eemshaventracé binnen de Waddenzee door een interne oorzaak beperkt zich tot de Waddenzee.

De waterkwaliteit

De totale faalfrequentie voor een kabel via het Eemshaventracé is in het PKB-Waddenzeegebied (kilometer 0-24) eens per 83 jaar [AEA, 1997a]. Ook binnen het kombergingsgebied van de Eems zal bij vrijkomen van 1.000 l olie een oliedrijflaag ontstaan van maximaal 532 m² die na 1,5 dag zo goed als verdwenen is. Na circa tien dagen is meer dan 90% van de olie uit het kombergingsgebied verdwenen en binnen 25 dagen geheel verdwenen (deels door biologische afbraak, deels door verspreiding naar de Noordzee). Zonder directe maatregelen bereikt de gedispergeerde olie na circa 4 dagen een maximum concentratie van 4,3 µg/l ofwel van 0,3 µg/l boven de achtergrondconcentratie van 4 µg/l [AEA, 1997a]. De kans dat de olievlek het gebied bereikt dat binnen het Duitse Nationalpark Niedersachsischen Wattenmeer valt, op tenminste 5 km afstand van het tracé, is vrijwel uit te sluiten. Zoals uit paragraaf 6.3.2. blijkt, is hier de worst-case situatie beschreven.

Waterverontreiniging ten gevolge van schade aan de kabel langs het Eemshaventracé binnen de Waddenzee door een interne of externe oorzaak strekt zich uit tot in de kustzone van de Noordzee door transport met getijdenstroming van gedispergeerde olie uit de Waddenzee. Deze effecten zijn verwaarloosbaar.

Het ecosysteem

Tijdens gebruik van de kabel zal het tracé de eerste jaren tweemaal per jaar worden geïnspecteerd, daarna waarschijnlijk minder frequent. De inspectie met een kleine boot kan tot enige verstoring leiden.

Tijdens *retrenchen* of reparatie van de kabel zal enige verstoring optreden in de omgeving van het tracé verblijvende zeehonden langs het Sparregat, foeragerende steltlopers op het Horsbornzand en watervogels. Daarnaast zal binnen een smalle strook enige verstoring van aquatische organismen optreden. De verhoging van het ZSG is daarbij verwaarloosbaar.

Bij een calamiteit met een FT-kabel is verontreiniging van de bodem met olie in principe mogelijk bij een schade door een interne oorzaak. De in de bodem vrijkomende olie zal kan dan deels in het water terecht kunnen komen. De kans op schade door een interne oorzaak is echter zeer gering [AEA, 1997a]. Bij schade door een externe oorzaak komt olie vrij in het oppervlaktewater. De totale faalfrequentie voor een kabel via het Eemshaventracé binnen het te bestuderen gebied is 0,0005 faalgebeurtenissen per km per jaar. Dit betekent voor het tracé in het PKB-gebied Waddenzee (kilometer 0-24) een schadeverwachting van eens per 83 jaar.

Het berekende risico op schade aan vogels is bij het zich in de Waddenzee verspreiden van circa 1.000 l olie $9,5 \cdot 10^{-7}$. Dit is minder dan 1% van het MTR en derhalve verwaarloosbaar. Er zullen (statistisch) 0,03 geen vogels die het kombergingsgebied passeren in contact komen met de olie.

De kans op schade door aangespoelde olie op wadplaten of kwelders is $8,7 \cdot 10^{-7}$. Dit is minder dan 1% van het MTR en derhalve verwaarloosbaar. Als olie op wadplaten spoelt, zal de totale met olie bedekte oppervlakte 280 m² bedragen (een totale vlek met een doorsnede van 20 m). De kans op schade aan aquatische biota door gedispergeerde olie is $1,6 \cdot 10^{-4}$, minder dan 1% van het MTR [AEA, 1997a; Scholten, 1993, 1996].

Evenals opgemerkt bij het Lauwersoogtracé betreffen deze cijfers de worst-case situatie. Bovendien zullen eventuele vogels en zeehonden in de omgeving van de olievlek door de menselijke activiteiten in verband met de oliebestrijding uit het risico-gebied worden verjaagd en passerende dieren wegblijven uit de omgeving van de olievlek.

Bij een kabelbreuk langs het Eemshaventracé binnen de Waddenzee wordt gedispergeerde olie vanuit de Waddenzee naar de kustzone van de Noordzee getransporteerd. De concentratie van deze gedispergeerde olie is te laag om tot een ecologisch risico te leiden.

Menselijke activiteiten

De effecten van *retrenchen* van de kabel of van reparatie bij beschadiging of breuk van de kabel langs het Eemshaventracé binnen de Waddenzee zijn gelijk aan die van het Lauwersoogtracé (zie paragraaf 7.2.2). Deze effecten beperken zich tot de Waddenzee.

7.2.4 Gevolgen van het gebruik langs het Callantsoogtracé

De bodemgesteldheid

Gezien de geringe opwarming van de bodem en aangezien uitloging van de kabelmantel verwaarloosbaar is, zijn geen continue milieu-effecten tijdens gebruik van de kabel te verwachten.

Bij het Callantsoogtracé zal *retrenchen* (statistisch) nul tot twee maal nodig zijn in de eerste tien jaar.

De faalfrequentie door interne oorzaak, waarbij olie in de bodem kan stromen, voor een kabel naar Callantsoog is binnen de 3-mijlszone (KP 0-7) eens per 952 jaar en voor de rest van het gebied binnen de 12- mijlszone (KP 7-100) is dit eens per 72 jaar.

Door reparatie van de kabel zal verstoring optreden en zal bodemberoering plaatsvinden bij het opnieuw in de bodem brengen van de gerepareerde kabel. De frequentie waarop reparaties verwacht worden, staat hierboven weergegeven.

De waterkwaliteit

De totale faalfrequentie voor een kabel naar Callantsoog is binnen de 3-mijlszone eens per 286 jaar en voor de rest van het gebied binnen de 12-mijlszone is dit eens per 22 jaar. De mogelijke gevolgen van een eventuele kabelbreuk voor de waterkwaliteit staan in paragraaf 7.3.2 beschreven.

Het ecosysteem

Bij een calamiteit met een FT-kabel is verontreiniging van de bodem met olie in principe mogelijk bij een schade door een interne oorzaak. De in de bodem vrijkomende olie kan dan deels in het water terecht komen. De kans hierop is echter zeer gering [AEA, 1997b]. In waterdiepten van minder dan 15 m bestaat een zeer geringe kans op het ontstaan van een oliedrijflaag. In water dieper dan 15 m zal geen drijflaag ontstaan. Een drijflaag in de kustzone zal onder alle omstandigheden kleiner zijn dan 532 m². In de kustzone kunnen grote aantallen, tot vele tienduizenden, zwarte zeeëenden verblijven. Aangezien de totale faalfrequentie voor de kabel naar Callantsoog in een waterdiepte van minder dan 15 m (de eerste 9 km) eens in de 222 jaar is, is de kans op schade aan watervogels in de kustzone zeer gering. De totale faalfrequentie voor de kabel in de diepere delen van het Callantsoogtracé is groter, maar hier zal geen drijflaag ontstaan. De concentratie gedispergeerde olie is onder alle omstandigheden binnen de 12-mijlszone te gering om schade te veroorzaken aan aquatische biota. In de kustzone bij Callantsoog komen geen bijzondere natuurwaarden voor die schade zouden kunnen ondervinden door aanspoelende olie.

Menselijke activiteiten

De gevolgen van *retrenchen* van de kabel of bij reparatie van een kabelbreuk zijn gelijk aan die van het Lauwersoogtracé (zie paragraaf 7.2.2).

7.2.5 Aantasting kenmerken Waddenzee

In paragraaf 3.3.2 zijn de in de PKB-Waddenzee genoemde kenmerken vermeld waarvan de duurzame bescherming en een zo natuurlijk mogelijke ontwikkeling bijdraagt aan het bereiken en behouden van het streefbeeld van de Waddenzee. Hierna wordt beschreven in hoeverre deze kenmerken worden beïnvloed door aanwezigheid van de kabel langs de waddentracés.

Tijdens *retrenchen* treedt enige verstoring van de bodem, fauna en de belevingswaarde van natuur en landschap op. Evenals bij het leggen van de kabel leidt *retrenchen* slechts tot een verwaarloosbare beïnvloeding van een van de relevante kenmerken van de Waddenzee.

Bij toepassing van een FT-kabel zal bij eventuele breuk in het waddengebied olie vrijkomen in dit gebied. De kans op breuk is echter gering. Bij een breuk is de hoeveelheid uitstromende olie gering en is de kans op fysische of toxicologische schade aan vogels, aan het ecosysteem van wadplaten en op het aquatisch ecosysteem minder dan 1 % van het maximaal toelaatbaar risico. Dit betekent dat een eventuele breuk van een FT-kabel slechts tot een verwaarloosbare aantasting van één van de genoemde kenmerken leidt. Bij toepassing van een MI-kabel stroomt bij breuk geen noemenswaardige hoeveelheid olie uit.

Temperatuurverhoging in de bovenste bodemlaag en aan de bodem optredende magnetische velden hebben geen ecologische consequenties en tasten daarmee ook geen relevante kenmerken wezenlijk aan.

Het landschap en de belevingswaarde daarvan worden niet noemenswaardig beïnvloed, omdat het gebruikte onderhoudsmaterieel incidenteel en kortstondig aanwezig is en zich visueel niet belangrijk onderscheidt van de scheepvaart langs de tracés.

Alle genoemde effecten zijn zeer beperkt tot verwaarloosbaar en plaatselijk. De effecten van onderhoud en kabelbreuk zijn bovendien tijdelijk.

7.3 Gevolgen voor het milieu in de Noordzee

7.3.1 Gevolgen van de aanleg

Binnen de 12-mijlszone

Door geen van de drie tracés worden in de 12-mijlszone natuurmonumenten doorkruist.

Op het Lauwersoogtracé zal de aanleg binnen de 3-mijlszone circa drieënhalve week duren en in het overige deel binnen de 12-mijlszone circa twee weken. Via het Eemshaventracé duurt de aanleg binnen de 3-mijlszone circa twee weken en in de 3- tot 12-mijlszone circa één week. Aanleg van het Callantsoogtracé duurt circa elf weken in de 3-mijlszone en circa negen weken in het overige deel van de 12-mijlszone.

Bij het ingraven van de kabel wordt de bodem verstoord. Baggeren over een geringe tracélengte nodig en wordt de kabel verder door alleen *trenchen* ingegraven, waardoor slechts een smalle strook zeebodem, met een breedte van 0,5 m, wordt verstoord. Daarom wordt slechts een kleine hoeveelheid bodemmateriaal in suspensie gebracht. De sedimentatie in de omgeving van het tracé neemt als gevolg daarvan niet merkbaar toe, het ZSG in slechts geringe mate en er wordt slechts zeer weinig eventueel verontreinigd bodemmateriaal opgewerveld.

Door de bodemberoering wordt een toename van de ZSG-concentratie veroorzaakt waardoor de doorzichtdiepte zal afnemen. Zoals in paragraaf 7.1.5 onder 'Waterkwaliteit' is aangegeven, wordt langs het Lauwersoogtracé het ZSG in de kustzone binnen de 3-mijlszone met gemiddeld 25 mg/l en zeer lokaal met maximaal 50 mg/l verhoogd. Door deze toename van het ZSG neemt de doorzichtdiepte met gemiddeld 1,5 tot 2 cm af. Dezelfde effecten zullen zich na het leggen van de kabel opnieuw voordoen ten gevolge van het terugstorten van het opgebaggerde materiaal in de gebaggerde geul. De omvang van deze effecten zal dan naar verwachting circa de helft daarvan zijn doordat het fijne slib reeds bij de eerste verplaatsing grotendeels is uitgespoeld. In de 3- tot 12-mijlszone wordt het ZSG alleen verhoogd door het *trenchen* om de kabel in de bodem te brengen. Dit leidt tot een verhoging van het ZSG met gemiddeld 5 mg/l en maximaal 10 mg/l en een vermindering van de doorzichtdiepte met gemiddeld minder dan 1 cm.

Binnen de 3-mijlszone zal de toename van het ZSG gemiddeld 15 mg/l en zeer lokaal maximaal 50 mg/l bedragen, met als gevolg een afname van de doorzichtdiepte met gemiddeld 1 tot 1,5 cm. In de 3- tot 12-mijlszone is een toename van het ZSG met gemiddeld 5 mg/l en maximaal 25 mg/l, met als gevolg een afname van de doorzichtdiepte met gemiddeld minder dan 1 cm. De sedimentatie ten gevolge van opgewerveld bodemmateriaal tijdens het leggen van de kabel zal binnen de 12-mijlszone verwaarloosbaar zijn (minder dan 0,05 mm per week). De verwaarloosbare extra sedimentatie en de geringe toename van het ZSG zal geen aantoonbare gevolgen hebben voor het ecosysteem in de kustzone van de Noordzee.

Bij aanleg via het Lauwersoogtracé wordt de bodem binnen de 3-mijlszone over een oppervlakte van 0,16 km² beroerd en in de rest van de 12-mijlszone, waar alleen wordt *getrencht*, is dit 0,01 km². Bij aanleg via het Eemshaventracé vindt binnen de 3-mijlszone bodemberoering plaats over een oppervlakte van 0,3 km² en in de rest van de 12-mijlszone over een oppervlakte van 0,01 km². Voor het Callantsoogtracé vindt bodemberoering plaats over een oppervlakte van 0,17 km² binnen de 3-mijlszone en in de rest van de 12-mijlszone over een oppervlakte van 0,05 km².

In de kustzone zijn weinig meetpunten waarin de verontreinigingstoestand van de waterbodem regelmatig wordt bepaald. Uit de Evaluatienota Water [1994] volgt echter uit kaart 5.3.1 'Overzicht van de verontreinigingstoestand van de waterbodems in de Rijkswateren' dat in het algemeen kan worden gesteld dat de verontreinigingstoestand van de waterbodem in de kustzone in de kwaliteitsklasse I of II en dus beneden de toetsingswaarde valt.

In de 12-mijlszone ten noorden van de waddeneilanden komen meer soorten grote bodemdieren voor dan bij de Noord-Hollandse kust; ook de biomassa daarvan is er groter. De soortenrijkdom aan kleine bodemdieren is juist bij de Noord-Hollandse kust groter; de dichtheid daarvan is in beide gebieden gelijk.

De gevolgen van het leggen van de kabel zijn voor de Lauwersoog- en Eemshaventracés enigszins verschillend [ICONA, 1992; Leopold, 1996]. Op het Eemshaventracé bevinden zich geen gebieden met spisulabanken; wel kruist het tracé gebieden waar zich in het verleden spisulabanken bevonden en waar ze ook zouden kunnen terugkeren, zoals de kustzone ten noorden van Rottumeroog en Rottumerplaat. Langs het deel van het Lauwersoogtracé in het Westgat is de kans dat spisulabanken worden doorsneden ook gering, maar iets noordelijker, boven de Ooster Buitengronden, is de kans daarop groter. Het kruisen van een spisulabank heeft geen ingrijpende gevolgen omdat hier niet wordt gebaggerd en slechts een smalle strook bodem van 0,5 m breedte en daarna een gering gedeelte van eventueel aanwezige spisulabanken wordt verstoord.

Binnen de 12-mijlszone is de biomassa van de bodemfauna in grammen asvrij drooggewicht per m² langs het Lauwersoogtracé ongeveer twee maal zo hoog als langs het Eemshaventracé en het Callantsoogtracé [ICONA, 1992]. De oppervlakte van de bodem die binnen de 12-mijlszone tijdens aanleggen van de kabel wordt *geroerd*, is langs het Eemshaventracé bijna twee maal zo groot en langs het Callantsoogtracé ongeveer één en een kwart maal zo groot als langs het Lauwersoogtracé. Als wordt aangenomen dat alle bodemfauna binnen de geroerde oppervlakten verdwijnt, betekent dit een totaal verlies aan bodemfauna binnen de 12-mijlszone, uitgedrukt in kg asvrij drooggewicht, van circa 5.000 kg langs het Lauwersoogtracé, circa 3.500 kg langs het Eemshaventracé en circa 2.500 kg langs het Callantsoogtracé. Deze hoeveelheden bodemfauna bestaan voor het grootste deel uit wormen, schelpdieren, krabben en stekelhuidigen (zeesterren en zeeklitten) en daarnaast uit garnalen en jonge bodemvissen. Op basis van gemiddelde vangsten van een garnalenvisser per dag per km², waarbij geen rekening wordt gehouden met eventuele verschillen in aantallen garnalen en jonge bodemvis per m² langs de verschillende tracés, verdwijnt door aanleg van de kabel langs het Lauwersoogtracé 13% van de dagvangst van een garnalenvisser, langs het Eemshaventracé 25% en langs het Callantsoogtracé 17%.

Uit het bovenstaande volgt dat verwijdering van bodemfauna door aanleg van de kabel binnen de 12-mijlszone voor geen van de tracés gevolgen zal hebben voor het ecosysteem in de kustzone.

In het kustgebied ten noorden van de waddeneilanden kunnen zwemmende zeehonden en watervogels (met name zwarte zee-eenden, eidereenden, alkachtigen, een aantal soorten meeuwen en sterns) door de werkzaamheden enigszins worden verstoord. De grootste aantallen vogels verblijven in de periode december - maart in het kustgebied; het aantal individuen is in deze periode ongeveer drie maal zo groot als in de zomerperiode. De mate waarin zwemmende zeehonden en watervogels door het langzaam varende kabellegschip worden verstoord, is echter gering en dit zal dus geen aantoonbare gevolgen hebben. In de 12-mijlszone bij de Noord-Hollandse kust komen slechts sporadisch zeehonden voor; er kunnen tijdelijk echter vele tienduizenden zwarte zeeëenden en grote aantallen eidereenden voorkomen. Bij aanwezigheid van vogelconcentraties langs het Callantsoogtracé zal ook hier enige verstoring optreden.

De aanleg van de kabel kan bij de kruising van de grote doorgaande scheepvaartroute ten noorden van de waddeneilanden, de Terschelling-German Bight TSS net boven de 12-mijlszone, mogelijk gedurende drie dagen tot enige hinder van de scheepvaart leiden. Deze scheepvaartroute wordt door het Noordzeegedeelte van zowel de beide waddentracés als het Callantsoogtracé gekruist.

Het landschap en de belevingswaarde daarvan worden nauwelijks beïnvloed, omdat het gebruikte legmaterieel zich visueel niet belangrijk onderscheidt van de scheepvaart langs de tracés. Dit geldt ook buiten de 12-mijlszone.

Door de baggeractiviteiten in de kustzone direct buiten de Waddenzee kan tijdens vloed water met een verhoogd ZSG de Waddenzee binnenstromen en tot enige extra sedimentatie in de Waddenzee leiden. Deze effecten zullen aanzienlijk geringer zijn dan de effecten van het baggeren langs de tracés binnen de Waddenzee en zullen geen aantoonbare ecologische gevolgen hebben. Andere genoemde gevolgen voor het ecosysteem door aanleg van de kabel in de kustzone zullen zich beperken tot de kustzone.

Buiten de 12-mijlszone

Als de elektrische energie met een monopolair systeem wordt getransporteerd, wordt een MI-kabel gebruikt en wordt de retourstroom door het zeewater en de zeebodem teruggeleid. Daarvoor is aan elk einde van de verbinding een zee-elektrode nodig; de kathode komt dan aan de Nederlandse kant, op circa 65 km ten noorden van de waddeneilanden en dus buiten dat deel van de kustzone dat een kinderkamerfunctie heeft voor jonge vis. De milieu-aspecten van zee-elektroden voor de NorNed-kabel zijn in een separaat rapport beschreven [KEMA, 1997a]. De belangrijkste gevolgen van het aanleggen van een zee-elektrode zijn het resultaat van het aanbrengen van de stortsteenbedekking, waarbij op een oppervlak van 1.500 - 3.000 m² de bodemfauna verloren gaat; het steenoppervlak is ook niet meer beschikbaar als foerageergebied voor vissen. De hoeveelheid bodemfauna die verloren gaat, is afhankelijk van de populatiedichtheden ter plaatse.

De 12-mijlszone

In de Noordzee wordt de kabel vrijwel overal tot circa 1 m diepte in de bodem gebracht. In een strook van circa 2 m breedte zal de bovenste bodemlaag op 30 cm diepte meer dan 1°K worden opgewarmd, met een maximum opwarming van 1,7°K. In deze strook is een geringe verandering in de soortensamenstelling van de bodemfauna niet uit te sluiten. Het aantal warmte-minnende soorten kan eventueel toenemen, ten koste van soorten met een lager temperatuur-optimum. De kabelmantel van zowel de MI-kabel als de FT-kabel wordt beschermd door een bandage met bitumen van geïmpregneerd polypropeengaren met een levensduur van vele tientallen jaren, waaruit geen stoffen tot aantoonbare concentraties uitlogen. Bacteriën kunnen het bitumen net als andere organische materialen aantasten, maar deze aantasting is vrijwel verwaarloosbaar en de bacteriële afvalproducten zijn volledig afbreekbaar tot uiteindelijk water en kooldioxide. Hiervan is dus geen bodem- of waterverontreiniging te verwachten.

Incidentele gevolgen van het gebruik zijn het resultaat van schade aan de kabel. Als een FT-kabel wordt gebruikt en deze breekt, wordt de uitstromende olie door de stroming en de golfslag sneller gedispergeerd dan in de Waddenzee. Op water dat meer dan 15 m diep is, ontstaat geen olievlek en in ondieper water zal de vlek klein zijn en snel verdwijnen. De concentratie gedispergeerde olie wordt maximaal 6,5 µg/l. Dit is aanzienlijk minder dan het maximaal toelaatbaar risico van 79 µg/l en minder dan 10 µg/l, de concentratie waar beneden ook op de meest gevoelige organismen geen schade is waargenomen. In de kustzone zijn bovendien geen wadplaten aanwezig, waardoor de ecologische consequenties van een kabelbreuk daar kleiner dan in de Waddenzee en verwaarloosbaar zijn. Een breuk van de kabel in de kustzone heeft door de grote verdunning en de natuurlijke afbraak geen negatieve gevolgen voor de Waddenzee.

Bij een breuk van de kabel in de zeebodem door interne oorzaak vindt zowel bodemverontreiniging als waterverontreiniging plaats. Voor een kabel via het Lauwersoogtracé is de faalkans door interne oorzaak binnen de 3-mijlszone eens per 784 jaar en binnen de rest van de 12-mijlszone eens per 417 jaar. Voor een kabel via het Eemshaventracé zijn de faalkansen door interne oorzaak binnen de 3-mijlszone eens per 417 jaar en binnen de rest van de 12-mijlszone eens per 404 jaar. Voor het Callantsoogtracé zijn deze faalkansen door interne oorzaak respectievelijk eens per 952 jaar en eens per 72 jaar.

Bij breuk door een externe oorzaak, bij blootligende kabel, vindt alleen waterverontreiniging plaats. De totale faalkans, met waterverontreiniging als gevolg, is voor het Lauwersoogtracé binnen de 3-mijlszone eens per 235 jaar en binnen de rest van de 12-mijlszone eens per 125 jaar. Voor het Eemshaventracé zijn deze faalkansen respectievelijk eens per 125 jaar en eens per 121 jaar en voor het Callantsoogtracé respectievelijk eens per 286 jaar en eens per 22 jaar [AEA, 1997b].

Bij het vrijkomen van olie door een kabelbreuk binnen de 3-mijlszone kan tijdens vloed olie de Waddenzee binnen stromen. De effecten hiervan op het ecosysteem in de Waddenzee zullen geringer zijn dan de effecten van een kabelbreuk binnen de Waddenzee en dus aanzienlijk geringer zijn dan 1 % van het maximaal toelaatbaar risico zoals aangegeven in de paragrafen 7.2.2 en 7.2.3.

Buiten een FT- of MI-kabel heerst geen elektrisch veld. De metalen bewapening schermt het elektrische veld volledig af maar het magnetisch veld van de kabel wordt hierdoor niet afgeschermd. Binnen de 12-mijlszone, waar de hoofdkabel en elektrodekabel zijn gebundeld, heffen de magnetische velden van beide kabels elkaar in belangrijke mate op en is de veldsterkte op de zeebodem boven de kabels $47,6 \mu\text{T}$ en op 3 m boven de zeebodem $3 \mu\text{T}$. In de bipolaire FT-kabel wordt het magnetisch veld ten gevolge van de energiestroom vrijwel geheel gecompenseerd door het magnetisch veld ten gevolge van de retourstroom. Op de zeebodem, op 1 m afstand van de kabel, is de veldsterkte $28,7 \mu\text{T}$, op 3 m boven de zeebodem nog slechts $1,8 \mu\text{T}$.

Het landschap en de belevingswaarde daarvan worden nauwelijks beïnvloed, omdat het gebruikte onderhouds- en reparatiematerieel incidenteel en kortstondig aanwezig is en zich visueel niet belangrijk onderscheidt van de overige scheepvaart langs de tracés.

Buiten de 12-mijlszone

Buiten de 12-mijlszone zijn de gevolgen van het gebruik van de kabel door het opwarmen van de bodem gelijk aan die in de 12-mijlszone. Hetzelfde geldt voor de gevolgen van uitloging en een eventuele olie lekkage.

Bij gebruik van een MI-kabel met zee-elektroden loopt tussen de zee-elektroden een retourstroom door het zeewater en de zeebodem. Hierdoor ontstaat in de zee een elektrisch veld, waarvan de veldsterkte afneemt met toenemende afstand tot de elektroden. Boven de afdekking van de kathode is de elektrische veldsterkte 1 tot $1,5 \text{ V/m}$. Als de retourstroom alleen door het zeewater zou verlopen, is de berekende elektrische veldsterkte midden tussen de zee-elektroden $51 \mu\text{V/m}$ [Telstad, 1995]. Reeds op enkele tientallen kilometers van de elektroden verloopt echter tenminste 90% van de stroom door de zeebodem en is de elektrische veldsterkte in het zeewater afgenomen tot minder dan $5 \mu\text{V/m}$, minder dan 20% van natuurlijke elektrische velden die in de Noordzee ontstaan door beweging van zeestromen door het aardmagnetisch veld [M. Feydt, mondelinge mededeling, 1997]. Boven een 1 m dikke afdekking van een als kathode gebruikte zee-elektrode is de magnetische veldsterkte maximaal $320 \mu\text{T}$ en op 6 m afstand van de kathode (5 m boven de afdekking) maximaal $53 \mu\text{T}$, ongeveer gelijk aan de veldsterkte van het aardmagnetisch veld.

Op korte afstand van een kathode kan het elektrisch veld vissen afstoten, maar boven de afdekking van de kathode is al geen vluchtreactie meer te verwachten. Door een magnetisch veld met veldsterkte of richting die afwijkt van het aardmagnetisch veld, kan het gedrag of de oriëntatie van sommige vissoorten mogelijk worden verstoord. Een eventuele verstoring van oriëntatiegedrag van vissen door het magnetisch veld is niet te verwachten buiten een afstand van enkele meters tot de kabel. Het is theoretisch mogelijk dat het elektrisch veld ten gevolge van de zee-elektroden van de MI-kabel het gedrag of oriëntatievermogen tijdens migratie van kraakbeenvissen (bijvoorbeeld haaien en roggen) tot op een afstand van enkele kilometers van de zee-elektroden kan beïnvloeden. In welke vorm een invloed op het gedrag van deze vissoorten zich voor zal doen, vlucht of aantrekking of verandering van zwemrichting, is niet bekend. Buiten het invloedsgebied van de zee-elektrode zal heroriëntatie optreden.

Als voor de verbinding een FT-kabel wordt gebruikt, loopt de retourstroom door de tweede ader van de kabel en zijn geen zee-elektroden nodig en ontstaat geen elektrisch veld in de Noordzee van een retourstroom tussen zee-elektroden.

Buiten een FT- of MI-kabel heerst geen elektrisch veld. De metalen bewapening schermt het elektrisch veld volledig af, maar het magnetisch veld van de kabel wordt hierdoor niet afgeschermd. Bij gebruik van een MI-kabel wordt door de hoofdkabel een statisch magnetisch veld opgewekt dat op de zeebodem, op een afstand van 1 m van de kabel, bij een stroomtransport van 1600 A een veldsterkte heeft van $320 \mu\text{T}$. Op 5 m boven de zeebodem is de veldsterkte afgenomen tot $53 \mu\text{T}$ en op 20 m boven de zeebodem tot $15 \mu\text{T}$, ongeveer 30% van de aardmagnetische veldsterkte. Tot aan de elektrode zijn de hoofdkabel en elektrodekabel gebundeld, daar heffen de magnetische velden van beide kabels elkaar in belangrijke mate op en is de veldsterkte op de zeebodem boven de kabels $47,6 \mu\text{T}$ en op 3 m boven de zeebodem $3 \mu\text{T}$. In de bipolaire FT-kabel wordt het magnetisch veld ten gevolge van de energiestroom vrijwel geheel gecompenseerd door het magnetisch veld ten gevolge van de retourstroom. Op de zeebodem, op 1 m afstand van de kabel, is de veldsterkte $28,7 \mu\text{T}$, op 3 m boven de zeebodem nog slechts $1,8 \mu\text{T}$.

Bij toepassing van de monopolaire MI-kabel is de hoofdkabel in de Noordzee, voorbij de zee-elektrode, niet meer gebundeld met de elektrodekabel. Het door de hoofdkabel opgewekte magnetische veld zal dan in de directe omgeving van de kabel leiden tot kompaswijziging. De mate van kompaswijziging is afhankelijk van de magnetische veldsterkte aan het wateroppervlak en daarmee van de afstand tot de kabel of de waterdiepte ter plaatse. Bij een waterdiepte van 30 m bedraagt de kompaswijziging in de Noordzee boven de kabel 28° en bij een diepte van 50 m is dit 18° . Kompaswijziging treedt op binnen een relatief smalle strook boven de kabel met een breedte van circa 100 m.

Het landschap en de belevingswaarde daarvan worden nauwelijks beïnvloed, omdat het gebruikte onderhouds- en reparatiematerieel incidenteel en kortstondig aanwezig is en zich visueel niet belangrijk onderscheidt van de overige scheepvaart langs de tracés.

7.4 Gevolgen voor het milieu op het vasteland en in het IJsselmeer

7.4.1 Gevolgen van de aanleg

Op het vasteland wordt de kabel in een sleuf op circa 1 m diepte gelegd. Als voor de verbinding een MI-kabel wordt gebruikt, worden de hoofd- en elektrodekabels in verband met de warmte-ontwikkeling 2 m van elkaar geplaatst. Bij de aanleg wordt in een strook met een breedte van circa 12 m de vegetatie aangetast of verwijderd, dit in verband met de noodzakelijke toegang van het aanlegmateriaal. De menselijke (in hoofdzaak agrarische) activiteiten kunnen daardoor tijdelijk worden gehinderd. Met de landeigenaren worden (voor zover daartoe aanleiding is) regelingen getroffen.

Als de kabel op het Lauwersoogtracé wordt gelegd, loopt hij over land van Lauwersoog naar de Eemshaven; de gevolgen daarvan worden hierna besproken. Bij een keuze voor het Eemshaventracé komt de kabel vanaf de dijk kruising 2 kilometer door het industriegebied van de Eemshaven waarbij de bodem over een oppervlakte van 0,02 km² wordt beroerd. Dit heeft weinig of geen gevolgen voor het milieu en dit tracédeel wordt daarom niet nader besproken. Als de kabel op het Callantsoogtracé wordt gelegd, loopt hij van Callantsoog tot Medemblik door de Kop van Noord-Holland, en vandaar door het IJsselmeer naar het station bij Lelystad waar hij wordt aangesloten op het 380 kV-net. De gevolgen daarvan voor het milieu worden ook in het onderstaande besproken.

Het landgedeelte van het Lauwersoogtracé

Na de dijk kruising bij de haven van Lauwersoog loopt de kabel over een landtracé met een lengte van circa 50 km door voornamelijk grootschalig open agrarisch gebied (kleigrondpolders) naar de Eemshaven. De aanleg van het landgedeelte van het Lauwersoogtracé zal circa zes maanden in beslag nemen. Hierbij wordt de bodem over een oppervlakte van circa 0,6 km² beroerd. Omdat de kabeltemperatuur meer dan 5°C moet bedragen om zonder schade te kunnen buigen, moet de aanleg buiten de winterperiode plaatsvinden. Daardoor zijn de mogelijkheden om in de planning rekening te houden met de langs het tracé aanwezige natuurwaarden en (voornamelijk agrarische en recreatieve) gebruiksfuncties beperkt. De milieu-effecten zijn beperkt, plaatselijk en deels ook slechts tijdelijk omdat:

- de ingreep beperkt is (ondiepe sleuf);
- het gebruikte materieel zich niet belangrijk onderscheidt van materieel dat in het algemeen voor de aanleg van kabels en leidingen wordt gebruikt (vrachtwagens, draglines). Het enige (visueel) afwijkende element is de kabelspoel;
- bij de tracékeuze gevoelige gebieden zijn vermeden;
- de werkzaamheden relatief snel voortschrijden (gemiddeld 300 tot 400 m per dag). De verstoring is dus per locatie zeer tijdelijk.

Naast de fysieke ingreep in de bodem, hebben de effecten voornamelijk betrekking op de verstoring van vogels. De aard daarvan zal niet veel verschillen van die door andere menselijke activiteiten in het gebied (met name gebied en zichtbaarheid van machinale agrarische activiteiten).

In het voorjaar kunnen tot begin april pleisterende ganzen, alsmede kleine en wilde zwanen worden verstoord. *Verstoring van rotganzen is mogelijk tot in mei.* In de broedperiode (eind maart tot en met begin juni) kunnen ook broedende vogels worden verstoord, waaronder ook kluten (met name in de Negenboerenpolder, Noordpolder, Westpolder en Julianapolder, maar bijvoorbeeld ook op het haventerrein van de Eemshaven). Gedurende de zomerperiode is enige verstoring van grauwe ganzen en andere bij hoogwater binnendijs verblijvende vogels zoals scholeksters, zilverplevieren, eenden en meeuwen mogelijk (onder andere in Emmapolder en Linthorst-Homanpolder).

Voor de tracé-specifieke populatiegegevens wordt verwezen naar paragraaf 5.8.1. Hoeveel vogels worden verstoord, is afhankelijk van het tracégedeelte, de periode en toevalligheden zoals het aantal aanwezige dieren (mede afhankelijk van de aanwezigheid van andere verstoringsbronnen). Voor zover het rustende of foeragerende dieren (ook standvogels) betreft, kunnen deze eenvoudig tijdelijk uitwijken naar de ruimere omgeving, die zich vrijwel nergens belangrijk onderscheidt van het tracé zelf. Alleen bij broedende vogels kan enige blijvende schade ontstaan, voor zover ze niet in staat zijn een tweede legsel groot te brengen.

Het land- en IJsselmeergedeelte van het Callantsoogtracé

Vanaf de aanlanding loopt het tracé tot Medemblik over een lengte van circa 35 km door voornamelijk agrarisch gebied. Voor de aanleg van dit landgedeelte zal over een oppervlakte van circa 0,42 km² de bodem worden beroerd. Vanaf Medemblik loopt het tracé over een lengte van circa 40 km door het IJsselmeer naar de Flevocentrale bij Lelystad, waar de kabel wordt aangesloten op het ringvormige 380 kV-koppelnets. De aanleg van het landgedeelte zal circa 5 maanden in beslag nemen en de aanleg door het IJsselmeer duurt circa 11 weken.

Na aanlanding van de kabel bij Callantsoog worden de duinen gepasseerd via een gestuurde boring, waardoor de natuurwaarden van dit staatsnatuurmonument niet worden aangetast. Door het land- en IJsselmeergedeelte van het Callantsoogtracé worden verder geen natuurmonumenten doorsneden. Langs het strand en in de duinen bij Callantsoog bevinden zich veel meeuwen en in de duinen komt, afhankelijk van de tijd van het jaar, een groot aantal soorten broedvogels en pleisterende vogels voor. Zij worden naar verwachting niet door de gestuurde boring verstoord. Het tracé passeert de Zijperdijk en Slikkerdijk rond de Zijpe- en Hazepolder. Deze dijken zijn cultuurhistorisch waardevolle elementen en ecologische verbindingzones. Na passage van de kabel worden deze dijken in de oude toestand hersteld. In de kop van de Zijpe- en Hazepolder wordt over een afstand van 3 km een voor weidevogels belangrijk gebied doorkruist. Afhankelijk van de tijd van het jaar waarin de kabel door deze polder wordt aangelegd, kan hier verstoring van weidevogels optreden. Door een gunstige keuze van aanlegperiode kan verstoring van broedvogels worden voorkomen. Hierbij moet echter worden gezien of een gunstige periode ten aanzien van broedvogels niet strijdig is met een gunstige aanlegperiode ten aanzien van landbouwactiviteiten. *Ook langs de rest van het landgedeelte van het tracé is, afhankelijk van de aanlegperiode, enige verstoring van broedvogels of pleisterende vogels mogelijk.*

In het IJsselmeer wordt niet gebaggerd, maar wordt de kabel via trenchen in de bodem gebracht. Het *trenchen* van de kabel verstoort de bodem op een oppervlak van ongeveer 0,02 km², oftewel circa 0,002% van het totale oppervlak van het IJsselmeer. Driehoeksmosselen vormen een belangrijk deel van de bodemfauna en komen in grote delen van het IJsselmeer voor. Driehoeksmosselen vormen een belangrijk voedsel voor duikeenden. Door het *trenchen* wordt enige schade aan driehoeks-mosselafzettingen veroorzaakt.

Door het ontbreken van stroming slaat opgewoeld bodemmateriaal in de onmiddellijke omgeving van het tracé neer. Voor de bodemkwaliteit wordt verwezen naar paragraaf 5.8.3. De invloed op het ZSG en de doorzichtdiepte is verwaarloosbaar. Ook de sedimentatie wordt niet noemenswaardig verhoogd. Er komt bodemmateriaal met relatief hoge concentraties zware metalen in suspensie. Omdat slechts een kleine hoeveelheid bodemmateriaal wordt opgewoeld, zijn de gevolgen hiervan verwaarloosbaar.

De mate waarin de watervogels op het IJsselmeer worden verstoord, is afhankelijk van de periode waarin de kabel wordt gelegd; het betreft daarbij vooral duikeenden, waarvan er gedurende een groot deel van het jaar in het totaal wel 300.000 kunnen voorkomen.

Het landschap en de belevingswaarde daarvan worden nauwelijks beïnvloed, omdat het gebruikte legmateriaal zich niet belangrijk onderscheidt van de rest van de (beroeps)scheepvaart langs het tracé.

Het tracégedeelte door het IJsselmeer kruist de scheepvaartroutes bij Enkhuizen en Lelystad. De hinder die de beroepsscheepvaart daar van het aanleggen van de verbinding ondervindt, is beperkt en van dezelfde aard als in de Waddenzee. De recreatiescheepvaart op het IJsselmeer is echter met name 's zomers zeer intensief en zal plaatselijk door de werkzaamheden worden gehinderd.

Door de beperkte dynamiek van het milieu in het IJsselmeer is het relatief, in verhouding tot de Waddenzee, eenvoudig een tracé te selecteren waarmee schade aan belangrijke natuurwaarden wordt vermeden.

7.4.2 Gevolgen van het gebruik

Het landgedeelte van de kabel wordt circa 1 m diep ingegraven; onderhoud is in principe niet nodig. Via het Lauwersoogtracé loopt het landgedeelte van de kabel geheel door een kleibodem. Via het Callantsoogtracé loopt het tracé na de gestuurde boring onder de duinen over een afstand van 3 tot 4 km door een zandbodem, de rest van het tracé naar Lelystad loopt door een kleibodem. De opwarming van een kleibodem door de kabel zal in een strook van circa 2 m breedte in de bovenste bodemlaag op 30 cm diepte meer dan 1 K bedragen, met een maximum opwarming van 1,7 K. In een zandbodem (met een betere warmte-afgifte) is de strook met een opwarming van meer dan 1 K op 30 cm diepte circa 1,5 m breed en is de maximum opwarming op 30 cm diepte 1,2 K. Deze opwarming is vergelijkbaar met de opwarming van de bodem door 150 kV-wisselstroomkabels waarvan circa 700 km in de Nederlandse bodem ligt.

Verwarming van de bodem heeft effecten op de kieming van zaden en gewasontwikkeling en op de waterhuishouding in de bodem. In het Agrotherm-proefproject in Duitsland werd vastgesteld dat een verhoging van de bodemtemperatuur in het open veld met 7 tot 10 K een 40 tot 70% opbrengstverhoging gaf van een aantal verschillende landbouwgewassen [Bundesministerium für Forschung und Technologie, 1976]. In dit proefproject werd voor voldoende watertoevoer gezorgd. Opwarming van de bodem zal in droge perioden eerder tot uitdroging van de bodem kunnen leiden. Effecten van uitdroging van de bodem ten gevolge van opwarming door kabels kan zich in zeer droge perioden voordoen op humusarme zandbodems, maar doet zich niet voor op kleibodems. Als grenswaarde voor temperatuursverhoging in de bodem ten gevolge van kabels en leidingen, ter voorkoming van droogteschade aan akkerbouwgewassen en graslanden, geldt een opwarming van 2 K op 20 cm diepte [Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 1983]. Boven de NorNed-kabel is de maximum opwarming op 20 cm diepte 1 K. De verhoging van de bodemtemperatuur langs het landgedeelte van de kabeltracés kan leiden tot een geringe verhoging van de gewasopbrengst en zal niet leiden tot uitdrogingsverschijnselen.

Bij breuk in het landgedeelte van de kabel zal olie in de bodem stromen. Aangezien binnen enkele uren adequate maatregelen zullen worden genomen zal de hoeveelheid vrijgekomen olie hoogstens een paar honderd liter bedragen. In de korte periode tussen breuk en maatregelen is de verspreiding van de olie in de bodem gering en kan tijdens reparatie de met olie verontreinigde bodem worden afgevoerd. De faalkans van de op het land in de bodem gebrachte kabel is voor het landgedeelte van het Lauwersoogtracé eens per 40 jaar, voor het landgedeelte van het Eemshaventracé eens per 1.000 jaar en voor het landgedeelte van het Callantsoogtracé eens per 57 jaar [KEMA, 1997b].

De kans dat de kabel in het IJsselmeer als gevolg van de visserij schade oploopt, is klein omdat bij het vissen fuiken en hoekwanten worden gebruikt in plaats van boomkorren die over de bodem slepen. Gezien de grootte van de schepen op het IJsselmeer is kans op schade als gevolg van ankeren ook gering. Verder is de bodem van het IJsselmeer stabiel en morfologische verandering vormen daarom geen bedreiging voor de kabel; onderhoud (*retrenchen*) is niet nodig. De faalfrequentie van de verbinding als gevolg van externe oorzaken is in het IJsselmeer daarom veel kleiner dan die van een even lang tracédeel in de zee. De totale faalfrequentie voor het gedeelte van de kabel in het IJsselmeer, waarbij olie in (de bodem van) het IJsselmeer terecht komt, kan daarom geschat worden op veel lager dan eens per 50 jaar.

Als in het IJsselmeer olie vrijkomt, blijft de olievlek op het water zonder maatregelen waarschijnlijk langer bestaan dan op de Waddenzee of de Noordzee, omdat de olie door de geringe golfhoogte niet zo snel wordt gedispergeerd. Door de mogelijke vorming van een drijfslag is het risico voor de vogels op het IJsselmeer, dus ook groter dan op de Waddenzee of de Noordzee. Bovendien kan de aquatische biota enige schade ondervinden [AEA, 1997a]. De gemiddelde achtergrondconcentratie van olie in het IJsselmeer is $62 \mu\text{g/l}$, aanzienlijk hoger dan in de Waddenzee of Noordzee [AEA, 1997a].

Aangezien bij kabelbreuk binnen enkele uren adequate maatregelen worden genomen, zullen de schade aan het ecosysteem en nadelige consequenties voor innemen van drinkwater beperkt blijven. Als de kabel in het IJsselmeer wordt beschadigd op een plaats in de omgeving van de drinkwaterinlaat bij Andijk, zou een eventuele olie lekkage tot gevolg kunnen hebben dat de drinkwaterinname tijdelijk moet worden gestaakt.

Voor het vasteland geldt dat de magnetische veldsterkte boven een MI-kabel die circa 1 m diep in de grond ligt, ter hoogte van het maaiveld $320 \mu\text{T}$ bedraagt. Elektrische stroompjes die door een magnetisch veld in het lichaam van passerende mensen worden opgewekt, kunnen bij een hoge stroomsterkte zenuwen of spieren prikkelen. De International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection [ICNIRP, 1994] heeft grenswaarden van 40 en 200 mT voorgesteld, voor respectievelijk continue blootstelling van de algemene bevolking en tijdelijke, beroepsmatige blootstelling. Boven de kabel bedraagt de blootstelling 0,8% van deze grenswaarde. De magnetische veldsterkte boven een FT-kabel is circa tien maal lager ($29 \mu\text{T}$).

7.5 Cumulatie van gevolgen voor het milieu

Als gevolg van aanleg en gebruik van de kabel voor de NorNed-verbinding wordt geen belangrijke cumulatie van gevolgen verwacht. In dit hoofdstuk worden de beperkte, mogelijke cumulatieve gevolgen van het aanleggen van de verbinding besproken.

Dat zijn:

- geluidsemissies die het gevolg zijn van de werkzaamheden bij de aanleg, in combinatie met de geluidsemissies als gevolg van eventuele proefboringen, normale scheepvaartbewegingen, militaire activiteiten en mijnbouw;
- verhogingen van het zwevend-stofgehalte die het gevolg zijn van het ingraven van de kabel, in combinatie met de verhogingen als gevolg van het baggeren om de scheepvaartroutes te onderhouden; en
- veranderingen van de zuurstofconcentratie in het oppervlaktewater die het gevolg zijn van het vrijkomen van organische stoffen uit de bodem bij het ingraven van de kabel, in combinatie met veranderingen van de zuurstofconcentratie als gevolg van andere baggerwerkzaamheden en de eventuele toevoer van organische stoffen door het lozen van afvalwater;
- zichtbaarheid van het materieel voor het leggen van de kabel in combinatie met die van andere activiteiten.

7.5.1 Cumulatie van geluid

Bij het aanleggen van de verbinding wordt zowel boven als onder water geluid gemaakt.

Veel zeedieren maken voor hun sociale communicatie als alarmsignalen gebruik van akoestische signalen. Vooral bij zeezoogdieren spelen geluiden een belangrijke rol; zij produceren zowel laag- als hoogfrequente geluiden [Kraan & Van Etten, 1995]. Vissen maken vooral laagfrequent geluid [Hawkins, 1993]. Het natuurlijke achtergrondniveau van het onderwatergeluid kan vrij hoog zijn, bijvoorbeeld als gevolg van de golven bij storm en in de omgeving van de branding. Niettemin kunnen door mensen geproduceerde geluiden de zeedieren verstoren, zodat ze vluchten of anderszins hun gedrag veranderen. Deze reacties kunnen door cumulatie van geluidsemissies worden versterkt of over een groter gebied optreden.

De voortplanting van geluid onder water is sterk afhankelijk van de frequentie van het geluid: geluid van 100 Hz plant zich tot tientallen kilometers van de bron voort; bij een frequentie van 1 - 10 kHz is dat enkele kilometers en voor meer dan 100 kHz slechts enkele meters. In ondiep water zoals in de Waddenzee en het Noordzeekustgebied dooft geluid door de invloed van de bodem snel uit [Verboom, 1991].

Over de geluidsemissies onder water die het gevolg zijn van menselijke activiteiten zijn geen meetgegevens beschikbaar. Waarschijnlijk raken veel dieren in zekere mate gewend aan veel voorkomende geluiden, zoals die van de scheepvaart.

Kabelleggen gecombineerd met proefboringen

Het Eemshaventracé passeert de proefboorlocatie Rottumeroog II-F van de NAM op circa 250 m. Hier kan mogelijk cumulatie van geluid optreden. De geluidsemissies van beide activiteiten kunnen tijdelijk samenvallen. De geluidsimissie van de proefboring bedraagt op een afstand van 1 km 45 - 50 dB(A); de geluidemissie van het kabelleggen is op een afstand van 800 m 40 dB(A). Als het kabelleggen samenvalt met de proefboring zal de geluidsimissie op 800 m ten zuiden van de werkzaamheden voor het kabelleggen daardoor met circa 3 dB(A) toenemen. Bij de overige boorlocaties zal geen, of verwaarloosbare, cumulatie optreden.

Kabelleggen gecombineerd met normale scheepvaart

Door de Zoutkamperlaag passeren gemiddeld 60 schepen per dag, door de Oude Westereems gemiddeld 15. Het merendeel van de genoemde 60 schepen langs het Lauwersoogtracé behoren tot de recreatievaart, langs het Eemshaventracé passeert overwegend beroepsvaart [Rijkswaterstaat, 1989]. Hoe deze aantallen zich tot het jaar 2000 ontwikkelen, is niet bekend; volgens de statistieken over het havenverkeer nemen de aantallen de laatste jaren echter duidelijk af, vooral door de teruglopende visserij.

Op het Eemshaventracé wordt bij het kabelleggen ter hoogte van het Doekegat over een afstand van ongeveer 5 km vanaf het aanlandingspunt gewerkt op korte afstand van de vaargeul waardoor vrijwel alle scheepvaart passeert. Schepen die door het Randzelgat verder varen, blijven op een afstand van 2 - 8 km (gemiddeld 3 km) van het tracé; daarom hoeft voor het bepalen van de cumulatieve gevolgen verder langs het tracé alleen rekening te worden gehouden met het verkeer dat het Doekegat, de Oude Westereems en het Hubertgat gebruikt en het tracé dus op korte afstand passeert.

De geluidsemissie van een motorschip bedraagt op een afstand van 1 km circa 35dB(A) [Van de Rijke, 1995]. De passerende schepen hebben een gemiddelde snelheid van ongeveer 10 knopen, zodat deze extra geluidsemissie per schip gedurende circa zes minuten aan de emissie als gevolg van de werkzaamheden wordt toegevoegd.

Kabelleggen gecombineerd met militaire activiteiten en schelpenwinning

Militaire activiteiten vinden hoofdzakelijk plaats op oefenterrein Marnewaard en op de laagvliegroute tussen Schiermonnikoog en Ameland. Daarom kunnen alleen op het Lauwersoogtracé cumulatieve geluidsemissies optreden. Op het oefenterrein wordt 14 weken per jaar drie dagen per week geschoten. Om cumulatie met andere activiteiten in de omgeving zoveel mogelijk te voorkomen, wordt het tijdstip van de oefeningen vooraf bekend gemaakt. In perioden dat in het gebied veel wordt gevisd of gerecreëerd, worden in de praktijk geen oefeningen gehouden [ICONA 1992].

De kortste afstand van het oefenterrein tot het tracé is 2,5 km. Het knallen van een boordkanon van 25 mm geeft op een afstand van 2,5 km een geluidsimmissie van L_p 72 dB(A) (zie tabel 5.7.1). Aan de rand van het uitzonderingsgebied, op circa 5,5 km van de bron, is de geluidimmissie 60 dB(A). Op dergelijke afstanden overheerst het geluid van de knallen dat van de werkzaamheden voor de NorNed-verbinding; pas als de afstand tot de oefeningen groter is dan 10 km zijn de geluidsimmissies van de knallen en de werkzaamheden ongeveer even groot. Omdat de kabel met een snelheid van circa 7 km per dag wordt gelegd en daarna met ongeveer dezelfde snelheid wordt ingegraven, zijn de geluidsimmissies van de beide activiteiten gedurende twee etmalen ongeveer gelijk. Tijdige aanmelding van de werkzaamheden voor de NorNed-kabel bij Defensie voorkomt cumulatie.

Vanaf KP 7 ligt het Lauwersoogtracé geheel op de laagvliegroute. Het geluidsniveau op 1 km van de laagvliegroute is 77 dB(A), en overheerst dat van de werkzaamheden volledig. Alleen als een vliegtuig is gepasseerd en het geluid wegsterft, kunnen de twee bronnen merkbare cumulatieve gevolgen hebben.

Tussen KP 11 en KP 13 bevindt zich op circa 75 m van het Lauwersoogtracé een schelpenwingsgebied. Het is moeilijk te schatten of tegelijk met de werkzaamheden voor de NorNed-verbinding schelpen worden gewonnen. De cumulatieve gevolgen voor het milieu kunnen worden beperkt door het winnen van schelpen in overleg buiten de aanlegperiode te plaatsvinden.

7.5.2 Cumulatie van zwevend-stofgehalte en zuurstofconcentratie

De waterbewegingen onder invloed van de getijden en de wind veroorzaken fluctuaties in het zwevend-stofgehalte in de Waddenzee en het Noordzeekustgebied, doordat in turbulent water bodemmateriaal wordt opgewoeld en het in rustig water bezinkt. Een verhoging van het ZSG leidt op twee manieren tot een afname van de zuurstofconcentratie in het water. Ten eerste verkleint een toegenomen hoeveelheid stof in het water de doorzichtdiepte, zodat algen en wieren minder licht krijgen; daardoor gaat hun primaire productie van biomassa en hun zuurstofproductie omlaag. Ten tweede komt met het opgewoelde bodemmateriaal dood organisch materiaal in suspensie, en de bacteriën die dat consumeren verbruiken zuurstof.

Naast natuurlijke omstandigheden zoals getijden en wind kunnen ook menselijke activiteiten leiden tot een verhoogd ZSG, bijvoorbeeld doordat scheepsschroeven bodemmateriaal opwoelen, doordat bij de visserij sleepnetten en boomkorren worden gebruikt en doordat wordt gebaggerd. Ook het ingraven van de NorNed-kabel heeft gevolgen voor het ZSG, en deze gevolgen kunnen, opgeteld bij die van bijvoorbeeld gelijktijdig baggerwerk voor het onderhoud van scheepvaartroutes, cumulatieve gevolgen voor het milieu hebben. De effecten van die activiteiten zijn reeds in de achtergrondconcentratie verwerkt. De effecten blijken verwaarloosbaar te zijn (zie paragraaf 7.1).

Voor stortlocaties geldt het volgende. In tegenstelling tot het Lauwersoogtracé doorkruist het Eemshaventracé ten noorden van de Ballonplaat en de Westereems over een lengte van 250 m een baggerstortgebied. Als daar gedurende de aanlegfase baggermateriaal wordt gestort, heeft dit naar verwachting cumulatieve gevolgen voor de omgeving. Dergelijke cumulatieve gevolgen zijn echter te voorkomen door de baggerwerkzaamheden goed af te stemmen met het aanleggen van de verbinding.

Als de werkzaamheden voor de verbinding samenvallen met lozingen van niet of onvolledig gezuiverd afvalwater, neemt het gehalte organisch materiaal in het water zowel toe doordat organisch materiaal uit de bodem in suspensie wordt gebracht als door de lozingen. Dat kan cumulatieve gevolgen hebben voor het milieu. Langs het Eemshaventracé wordt geen afvalwater geloosd en dus kunnen daar geen cumulatieve gevolgen optreden. Bij Lauwersoog wordt afvalwater geloosd dat circa 200 inwonerequivalenten zuurstofbindende stoffen bevat. Deze lozing wordt gestopt na gereed komen van de rioolwaterzuiveringsinstallatie bij Ulrum, waarschijnlijk rond 2000 [Gemeente De Marne, 1997]. Op het Lauwersoogtracé kunnen de lozing en de werkzaamheden in de directe omgeving van de aanlanding dus mogelijk enige cumulatieve gevolgen voor de zuurstofhuishouding hebben. Aantoonbare negatieve gevolgen voor het ecosysteem zijn door te lage zuurstofconcentraties echter niet te verwachten.

De proefboring Rottumeroog II-F kan mogelijk samenvallen met het leggen van de kabel. De proefboorlocatie wordt tussen KP 23 en KP 24 op een afstand van 200 tot 300 m gepasseerd. Voor het leggen van de kabel moeten tussen KP 23 en KP 24 mogelijk lichte baggerwerkzaamheden worden uitgevoerd met geringe tot verwaarloosbare effecten op het zwevend-stofgehalte. Op kleine schaal vindt plaatselijk vertroebeling plaats tijdens het plaatsen van de poten van het hefeiland, bij het inbrengen van de conductor in de bodem en bij het uitvoeren van lodingen. De vertroebeling die bij deze activiteiten optreedt is naar verwachting zo klein en tijdelijk dat ze niet in beschouwing zijn genomen bij het voorspellen van de milieu-effecten.

Als de baggerwerkzaamheden voor de kabel en een proefboring voor de NAM op korte afstand van het kabeltracé eventueel samenvallen, zal dus nauwelijks sprake zijn van een cumulatief effect op verhoging van het ZSG. Dit zal ook geen aantoonbare effecten hebben op de zuurstofconcentratie ter plaatse.

7.5.3 Cumulatie van zichtbaarheid

Tijdens het kabelleggen zijn de langzaam varende werkschepen zichtbaar van de NorNed-kabel langs een vaargeul met normale scheepvaart. Hierbij is slechts in zeer geringe mate sprake van cumulatie met andere activiteiten. De baggerwerkzaamheden voor de kabel kunnen eventueel samenvallen met een proefboring voor de NAM op korte afstand van het kabeltracé. De proefboorlocatie is een duidelijk zichtbaar statisch object ten zuiden van de vaargeul, met normale scheepvaart ten noorden van de locatie. Bij samenvallen van de activiteiten zal de zichtbaarheid van de proefboring gedurende twee etmalen worden gecombineerd met het zicht op varende werkschepen voor het kabelleggen die de proefboorlocatie aan de zuidzijde op korte afstand passeren.

Na afloop van de economische levensduur wordt de kabel in principe (afhankelijk van de dan geldende inzichten met betrekking tot de milieu-effecten en het overheidsbeleid) geruimd. Dit zal langs het kabeltracé verstoring geven van de bodem, effecten veroorzaken op de waterkwaliteit door opwervelen van bodemmateriaal en verstoring geven van bodemfauna, vissen, vogels en zeehonden. Deze milieu-effecten zijn afhankelijk van de technieken die over circa 25 (of meer) jaar beschikbaar zijn, van de gronddekking van de kabel en van de aanwezigheid en populatiedichtheid van bodemfauna, vissen, vogels en zeehonden op dat moment langs het tracé. Door de dynamiek in het waddengebied is dit nu niet vast te stellen. Voorlopig mag worden aangenomen dat de milieu-effecten door het ruimen van de kabel van dezelfde orde van grootte kunnen zijn als de milieu-effecten ten gevolge van het leggen. In hoeverre deze verstoring verschilt voor de verschillende alternatieven is nu niet vast te stellen. Indien wordt overgegaan tot het ruimen van de kabel, kan het vrijkomende metaal worden *gerecycled*.

8.1 Inleiding

In paragraaf 8.2 en 8.3 worden voor respectievelijk de aanleg- en gebruiksfase van de NorNed-kabel de milieu-effecten van de tracé-alternatieven vergeleken met elkaar, met de bestaande situatie en met algemene milieukwaliteitsdoelstellingen.

In paragraaf 8.4 worden de activiteiten en hun milieu-effecten aan het betrokken gebiedsgericht beleid getoetst. Dit verschilt per tracé, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen:

- Waddenzee;
- Noordzee (3- en 12-mijlszone);
- IJsselmeer;
- Vasteland.

Bij het vergelijken van de alternatieven is gekozen voor een eenvoudige aanpak, waarbij per milieu-aspect wordt onderzocht in hoeverre sprake is van verschillen tussen de alternatieven en wat de mogelijke betekenis voor de besluitvorming is.

In paragraaf 8.5 worden de alternatieven getoetst aan bedrijfsmatige criteria. In paragraaf 8.6 worden vervolgens de belangrijkste conclusies getrokken.

Hierna wordt eerst kort ingegaan op een aantal afwegingsaspecten die reeds eerder in het MER aan de orde zijn gekomen.

Kabeltypen

De in aanmerking komende kabeltypen (FT- en MI-kabel) zijn tracé-onafhankelijk en in hoofdstuk 4 voorgeselecteerd. Bij deze voorselectie is ook geconcludeerd dat de FT-kabel het meest milieuvriendelijk alternatief is, mede omdat de effecten van olieverlies bij een calamiteit (kabelbreuk) verwaarloosbaar zijn, hetgeen in hoofdstuk 7 is toegelicht. De FT-kabel is tevens het voorkeursalternatief voor wat betreft de kabelkeuze.

In hoofdstuk 8 is de definitieve kabelselectie aan de orde. De kabelkeuze is indirect van invloed op een deel van de aanlegactiviteiten, doordat voor een MI-kabel tevens elektroden en elektrodekabels moeten worden geïnstalleerd. De elektroden worden dan in de Noordzee, buiten de 12-mijlszone geplaatst.

Tracés

De meest in aanmerking komende tracé-alternatieven, met aanlandingen te Lauwersoog, Eemshaven en Callantsoog, zijn reeds in hoofdstuk 4 voorgeselecteerd. In het voorliggende hoofdstuk 8 is de definitieve tracéselectie aan de orde. In figuur 8.1 zijn de drie tracé-alternatieven weergegeven.