

Aan

De Voorzitter van de Tweede Kamer der  
Staten-Generaal  
Binnenhof 4  
2513 AA 's-GRAVENHAGE

Datum	Uw kenmerk	Ons kenmerk	Bijlage(n)
23 mei 2008		ET/EM / 8062663	4

Onderwerp

Randstad 380 kV verbinding: keuze voor het tracé van Wateringen naar Zoetermeer  
(Zuidring)

Conform de toezegging van de Minister van Economische Zaken, tijdens het notaoverleg van 5 november 2007, informeren wij u hierbij over de afwegingen met betrekking tot de keuze van het tracé voor de Randstad 380 kV verbinding tussen Wateringen en Zoetermeer. Zoals u weet wordt, bij de inwerkingtreding van de nieuwe Wro per 1 juli 2008, op de aanleg van deze verbinding de rijkscoördinatieregeling toegepast. Dit betekent dat wij gezamenlijk het besluit over het tracé nemen en dit vastleggen in een zogenaamd Rijksinpassingsplan.

Over het noordelijke tracé van Zoetermeer naar Beverwijk zullen wij u, conform afspraak, later dit jaar berichten. In de pkb Randstad 380 kV<sup>1</sup> verbinding is er uitdrukkelijk voor gekozen de besluitvorming over de Zuidring los te knippen van die van de Noordring. Reden hiervoor is de urgentie van de Zuidring. Deze moet eind 2010/begin 2011 zijn gerealiseerd. Dit blijkt uit de scenariostudies van TenneT. Om de leveringszekerheid ook vanaf 2009 te kunnen waarborgen worden reeds nu tijdelijke maatregelen genomen om de tijd tot realisatie van de Zuidring te overbruggen. Hierbij wordt uitgegaan van eind 2010/begin 2011. De Zuidring dient dus uiterlijk in 2011 gereed te zijn om de elektriciteitsvoorziening in de regio te kunnen waarborgen. Dit is ook noodzakelijk om ervoor te zorgen dat alle nieuwe duurzame productiecapaciteit direct kan worden aangesloten en te voorkomen dat er congestie op kan treden.

---

<sup>1</sup> Partiële herziening van het Tweede Structuurschema Elektriciteitsvoorziening (Randstad 380 kV verbinding), TK 30892, nr. 2

Bezoekadres  
Bezuidenhoutseweg 30

Doorkiesnummer  
070-379 7065

Hoofdkantoor  
Bezuidenhoutseweg 30  
Postbus 20101  
2500 EC 's-Gravenhage

Telefoon (070) 379 89 11  
Telefax (070) 347 40 81  
Email ezpost@minez.nl  
Website www.minez.nl

Behandeld door  
**Mw. mr. J.C. van Dalen**

*Verzoeken bij beantwoording van deze brief ons kenmerk te vermelden*

Bij de afweging van de keuze van het tracé in de Zuidring speelt een aantal aspecten een rol. Dit betreft techniek, kosten, milieu en ruimtelijke ordening. Alvorens in te gaan op de gemaakt keuze worden deze aspecten nader toegelicht.

### **Techniek**

Ondergrondse aanleg (verkabeling) van hoogspanningsverbindingen met een soortgelijk spanningsniveau krijgt internationaal steeds meer aandacht. Ook bijvoorbeeld in Oostenrijk, Denemarken en Japan is de discussie over ondergrondse aanleg in volle gang. Op dit moment wordt ervaring in Japan, Denemarken en Spanje opgedaan met 380 kV trajecten met een lager vermogen. Hierover vindt veelvuldig internationaal overleg plaats. In bovengenoemde landen zijn reeds studies gedaan naar de mogelijkheden van ondergrondse aanleg. Uit deze studies blijkt dat ondergronds aanleg van hoogspanningsverbindingen van deze hoge capaciteit risicovol kan zijn wanneer over grote afstanden wordt verkabeld. Naar aanleiding van deze onderzoeken en de discussies over de Randstad 380 kV verbinding heeft TenneT ook nader onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van ondergrondse aanleg in het Nederlandse 380 kV net. TenneT concludeert dat aan het over grote afstanden verkabelen nettechnische risico's verbonden zijn. Reden hiervan is dat de technische en operationele haalbaarheid op de langere termijn nog niet volledig zijn aangetoond bij grote lengtes ondergrondse kabelverbindingen in vermaasde 380 kV-transportnetten. Kabels op een dergelijk spanningsniveau vergen compensatiemiddelen voor de zogenoemde "blindstroom" (parallelcompensatie) en compensatiemiddelen om de vermogenstromen te sturen en de kortsluitstromen te beheersen (seriecompensatie). De combinatie van kabels met op grote schaal toegepaste compensatiemiddelen levert onzekerheden voor de spanningsstabiliteit (o.a. resonantie).

Daarnaast wordt de hersteltijd van storingen negatief beïnvloed. Gezien de cruciale functie van het transportnet moet in de Randstadregio de hersteltijd tot een minimum worden beperkt. De maatschappelijk-economische schade van storingen is groot. Zoals wij uw Kamer al eerder hebben bericht, blijkt uit SEO-onderzoek dat één uur stroomuitval in de Randstad 72 miljoen euro kost. Ervaring met kabelverbindingen leert dat de tijdsduur dat een circuit na een storing uit bedrijf is, varieert tussen 2 en 20 dagen per onderbreking. De reparatieduur van bovengrondse verbindingen duurt tussen de 8 en 48 uur.

TenneT is van mening dat de netstabiliteit bij grotere lengten verkabeling niet kan worden gegarandeerd. TenneT heeft mij daarom geadviseerd om voor het gehele traject van Wateringen tot Beverwijk (totaal ± 85 kilometer) 20 kilometer als richtinggevend te hanteren bij de keuze voor het ondergronds aanleggen van delen van de verbinding. Wij hebben het Belgische bureau Tractebel verzocht een contra-expertiseonderzoek uit te voeren om zeker te zijn dat het aantal kilometers dat ondergronds kan worden aangelegd in het Nederlandse net niet meer ruimte laat. Tractebel geeft in zijn rapport aan dat het technisch gezien mogelijk moet zijn ook over grote afstanden ondergronds te verkabelen. Echter wel staat vast dat dit zeer innovatief is.

Wij vinden het wel belangrijk om innovatief te zijn en zoveel mogelijk van de geconstateerde knelpunten in de Zuidring en de Noordring op te lossen. Vast staat wel dat verantwoord met de geschetste risico's moet worden omgegaan. Met het aanleggen van 20 kilometer ondergronds is Nederland meteen koploper in de wereld.

### **Milieu-effectrapport**

Het definitieve MER zullen wij u deze zomer doen toekomen. Hoewel de milieueffectbeoordeling op zichzelf gereed is, moet het MER nog worden aangevuld vanwege een optimalisatie van de alternatieven met betrekking tot een tracé richting een alternatieve locatie voor het station Bleiswijk. Het 380kV station Bleiswijk dient uitgebreid te worden om de Zuidring en de Noordring te kunnen verbinden. De Minister van Economische Zaken is daarom samen met TenneT in overleg getreden met de gemeente Lansingerland en Zoetermeer om over de mogelijkheden van deze uitbreiding te praten. Deze gemeenten willen op de locatie van het huidige 380kV transformatorstation een treinstation realiseren dat de Randstadrail en de lijn Den Haag-Utrecht met elkaar verbindt. Om het station moet een hoogwaardig bedrijventerrein gerealiseerd worden. De gemeenten zijn daarom op zoek gegaan naar een alternatieve locatie voor het transformatorstation. Dit alternatief ligt ten zuidoosten van het huidige station in de gemeente Lansingerland. Binnenkort nemen de gemeenten een beslissing over de verplaatsing van het station en de bijbehorende kosten. Om geen vertraging op te lopen met betrekking tot de uitbreiding van het station (het station moet immers gereed zijn op het moment dat de Zuidring in gebruik wordt genomen), heeft TenneT in overleg met de gemeenten nu voor beide locaties de vergunningen aangevraagd. Op dit station is de uitvoeringsmodule van de rijksprojectenprocedure (uit de huidige WRO) van toepassing, dit betekent dat de Minister van Economische Zaken als projectminister de vergunningverlening coördineert met oog op een tijdige realisatie van het station. In de bijgevoegde samenvatting wordt een korte toelichting gegeven op de milieueffecten van de tracéalternatieven die in de milieueffectrapportage zijn onderzocht.

### **Kosten**

In de beantwoording van de schriftelijke vragen ter voorbereiding van het notaoverleg zijn de kosten beschreven zoals TenneT ze heeft berekend voor zowel ondergrondse als en bovengrondse aanleg van de 380 kV verbinding. De kosten van een bovengrondse 380 kV verbinding bedragen circa 2,3 miljoen euro per kilometer en ondergronds circa 12,3 miljoen euro per kilometer. De kosten voor een opstijgpunt (een overgang tussen boven- en ondergronds) bedragen ongeveer 3,2 miljoen euro. In dezelfde beantwoording is uw Kamer toegezegd een onafhankelijk internationaal onderzoek in te stellen naar de kostenaspecten van boven- en ondergrondse aanleg van een 380 kV verbinding. Ook dit onderzoek is uitgevoerd door Tractebel en is als bijlage bij de brief gevoegd. Samengevat concludeert Tractebel dat de kosten zoals voorgesteld door TenneT juist weergegeven zijn.

### **Tracékeuze**

Vanwege bovengenoemde beperkte mogelijkheden voor ondergrondse aanleg is een voorzichtige benadering gewenst. Aangezien de gehele verbinding van Wateringen naar Beverwijk ongeveer 85 kilometer lang is, is een geheel ondergrondse verbinding in dat perspectief niet mogelijk. Wij hebben zoals aangegeven de uitdrukkelijke wens om zoveel mogelijk knelpunten in zowel de Zuidring als de Noordring op te lossen. Van de Noordring is nog niet het complete plaatje aanwezig maar dit is wel voldoende substantieel ingevuld om een verantwoorde keuze in de Zuidring te kunnen maken. Vast staat dat ook in de Noordring sprake is van een aantal aandachtspunten zoals Haarlemmermeer en het Groene Hart. Vast staat dat in ieder geval vanwege de vereiste doorvaarthoogte een boring onder het Noordzeekanaal noodzakelijk is (circa 1 kilometer). Keuzes in de Zuidring hebben gevolgen voor de mogelijkheden om knelpunten op te lossen in de Noordring.

Rekening houdend met de mogelijke knelpunten in de Noordring, hebben wij ervoor gekozen in de Zuidring ongeveer 10 kilometer ondergronds aan te leggen. De kosten voor het volledige tracé in de Zuidring bedragen daarmee ongeveer €160 miljoen euro. Op bijgaande kaart is aangegeven hoe de verbinding komt te lopen. De onderbouwing van deze keuze is als volgt:

#### *Deelgebied 3 (Zuidpolder ± 3,5 kilometer ondergronds)*

De meest prangende knelpunten in de Zuidring doen zich voor in de deelgebieden 3 en 4. Deelgebied 3 (Zuidpolder van Delfgauw, het open landschap tussen Delft en Pijnacker) is het ecologisch en landschappelijk meest kwetsbare gebied van de Zuidring. Dit gebied vormt onderdeel van de Groenblauwe Slinger, een regionaal waterrijk natuur- en recreatiegebied in ontwikkeling. De Zuidpolder is daarbij een relatief belangrijk gebied voor diverse vogels, waaronder kleine zwaan en grote zilverreiger. Dit gebied is tevens deels aangemerkt als provinciale ecologische hoofdstructuur.

Vanwege de landschappelijke, ecologische en recreatieve waarde van dit gebied is in het bijzonder een zorgvuldige inpassing van de verbinding vereist. Uit het milieueffectrapport is gebleken dat dit bovengronds niet goed mogelijk is: de drie bovengrondse alternatieven die zijn onderzocht, hebben alle aanmerkelijke negatieve gevolgen voor een of meer milieuaspecten. Deze combinatie van factoren brengt ons ertoe de verbinding in de Zuidpolder ondergronds te willen aanleggen.

#### *Deelgebied 4 (Klapwijkse Knoop ± 1,5 kilometer ondergronds)*

Ten oosten van de Zuidpolder loopt de verbinding tussen twee woonwijken van Pijnacker en Berkel en Rodenrijs, door een gebied dat wel wordt aangeduid als de Klapwijkse Knoop. Dit is een knooppunt van infrastructuur dat de Groenblauwe Slinger doorkruist en de openheid daarvan aantast. De verbinding zou hier relatief dicht bij woningen komen te lopen. Een bovengrondse lijn zou uit oogpunt van gezondheid (elektromagnetische velden) op veilige afstand van de woningen mogelijk zijn, maar zou wel een verdere verrommeling van dit voor bewoners belangrijke groene gebied tot gevolg hebben en zo de leefomgevingskwaliteit benadelen. Deze combinatie van leefomgeving,

landschappelijke, natuur- en recreatiewaarden brengt ons ertoe de verbinding in de Klapwijkse Knoop ondergronds te willen aanleggen. Wij vinden het belangrijk dat de ondergrondse verbinding wordt verlengd met ongeveer 1 kilometer in deelgebied 5 met het oog op verbetering van leefomgeving in combinatie met de te ontwikkelen Groenzone (deel van de Groenblauwe Slinger).

*Deelgebied 5 (Pijnacker-Zoetermeer ± 6 kilometer (waarvan circa 1 kilometer ondergronds)*

Tot station Bleiswijk (deelgebied 5) zal een bovengronds verbinding worden aangelegd. In dit gebied doen zich geen bijzondere omstandigheden voor die ondergrondse aanleg rechtvaardigen. Een bovengrondse verbinding passeert de bestaande woonbebouwing op ruim voldoende afstand. Er worden geen daadwerkelijk schadelijke effecten op natuurwaarden verwacht. Het gebied is een dichtbebouwd kassengebied en landschappelijk het minst gevoelig.

*Deelgebied 2 (passage Delft-Zuid ± 4 kilometer ondergronds)*

Bij de passage Delft-Zuid is bij de afweging hoe de beperkt beschikbare ruimte zo effectief mogelijk in te zetten, ook gekeken naar de knelpunten die zich voordoen in de Noordring. Alles afwegende hebben wij ervoor gekozen om ook in dit gebied de verbinding ondergronds aan te leggen. In dit gebied loopt de verbinding door een smalle parkachtige ingerichte recreatiezone (het Abtswoudse Bos), die deel uitmaakt van de Groenblauwe Slinger. Deze zone ligt direct aansluitend aan een grote woonwijk (de Tanthof) van Delft en dient voor die woonwijk als recreatiegebied. Ze vormt tevens de overgang naar het weidse open landschap van Midden Delfland. Deze combinatie van leefomgeving, landschappelijke, natuur- en recreatiewaarden brengt ons ertoe de verbinding in het Abtswoudse Bos ondergronds te willen aanleggen.

*Deelgebied 1 (Wateringen – Delft/A4 zone ± 6 kilometer bovengronds )*

Rest de keuze ten aanzien van deelgebied 1. De verbinding Wateringen-Delft (deelgebied 1) ligt weliswaar aan de rand van het gebied van Mooi en Vitaal Delfland, maar vormt voor een deel een vervanging van een reeds bestaande verbinding en is in dat opzicht geen nieuwe doorsnijding van het gebied. Daarbij loopt de verbinding hier volledig gebundeld met de A4, zodat zij veel minder dan in de andere gebieden een daadwerkelijke aantasting van het gebied vormt. Hierdoor wordt een bestaande verbinding verwijderd uit een bebouwd gebied en ontstaat extra ruimte. Bekeken wordt nog of het bovengrondse alternatief aan de westkant van de A4 of die aan de oostkant van de A4 de voorkeur heeft. Wij zijn ons overigens bewust van het convenant ten aanzien van de verdiepte aanleg van de A4.

Het moge duidelijk zijn dat met de aanleg van 10 kilometer ondergronds in de Zuidring en het stukje dat reeds ondergronds is aangelegd bij de Nieuwe Waterweg (2 kilometer) er niet voldoende ruimte is om alle aandachtspunten in de Noordring ondergronds aan te leggen. Mijn verwachting is dat binnen de mogelijkheden een verantwoord tracé mogelijk

is. Er blijft overigens voldoende ruimte om ook in de Noordring een afgewogen keuze te kunnen maken. Met het oog op deze keuze ligt momenteel pkb deel 1 met betrekking tot de aanpassing van het zoekgebied ten oosten van Hoofddorp in de geldende pkb Randstad 380 kV<sup>2</sup> ter inzage. Wij hopen uw Kamer hier in het najaar over te kunnen berichten. Op basis van bovenstaande is op voorhand duidelijk dat een ondergrondse passage aan de oostkant van Hoofddorp niet mogelijk is. In het kader van de milieueffectrapportage voor de Noordring wordt onderzocht of door toepassing van een speciaal type mast (i.v.m. Schiphol) bovengrondse passage van Hoofddorp aan de oostkant mogelijk is.

### **Vervolgstappen**

Wij hebben TenneT gevraagd de komende drie maanden een simulatie te laten uitvoeren bij de Technische Universiteit Delft. Deze simulatie kan ook worden gebruikt als een voorstudie richting het monitoringsprogramma dat wordt opgezet door TenneT om de effecten van verkabeling van 380 kV in het net te volgen. Dit levert aanvullende technische informatie op en geeft een rekenkundige onderbouwing van hoe het systeem zich zou kunnen gedragen. Mocht toch nog sprake zijn van nieuwe inzichten, dan kunnen deze in het ontwerpbesluit over de tracékeuze worden meegenomen. Dit zal in de vorm van een rijksinpassingsplan worden vastgelegd.

TenneT zal op basis van de tracékeuze begin juli de aanvragen voor alle benodigde vergunningen en ontheffingen bij de verschillende bestuursorganen indienen.

Ondertussen wordt gewerkt aan het ontwerp-rijksinpassingsplan waarin de tracékeuze wordt verwerkt. Dit ontwerp-rijksinpassingsplan hopen wij begin oktober samen met het MER en de ontwerp-vergunningen en ontwerp-ontheffingen ter inzage te kunnen leggen. Begin volgend jaar moeten de besluiten definitief zijn. Burgers, bestuurders en bedrijven krijgen dus nog de mogelijkheid om in oktober in te spreken op de keuze van het tracé.

Aangezien wij hechten aan een open en transparant proces willen wij naar aanleiding van deze brief binnenkort een aantal informatieavonden organiseren in de regio om de keuze toe te lichten.

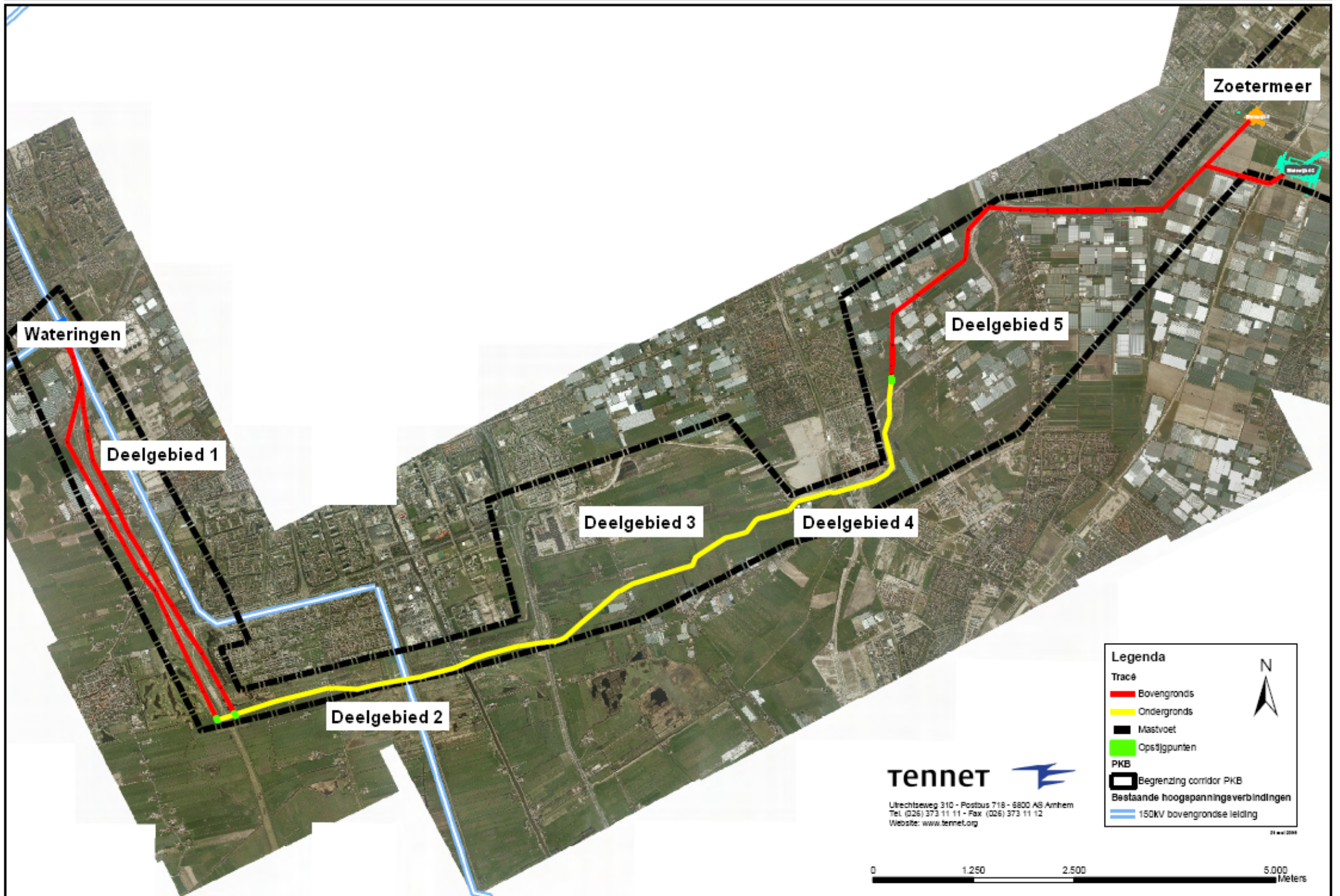
(w.g.) Maria J.A. van der Hoeven  
Minister van Economische Zaken

(w.g.) dr. Jacqueline Cramer  
Minister van Volkshuisvesting,  
Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer

---

<sup>2</sup> TK 30892, nr. 11

# Zuidring Randstad 380kV



MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

GENERAL COST COMPARISON BETWEEN  
UNDERGROUND CABLES AND O.H. LINE  
SYSTEMS FOR H.V. TRANSMISSION

REPORT ON NETWORK RELIABILITY  
ASPECTS OF THE CHOICE LINE VERSUS  
CABLE FOR THE RANDSTAD380 PROJECT

APRIL 2007 (REVISED MAY 2007)

# TABLE OF CONTENTS

1.	INTRODUCTION .....	3
2.	DISCUSSION OF PREPARATORY QUESTIONS RAISED BY TE .....	3
2.1.	STABILITY RELATED QUESTIONS .....	3
2.2.	OTHER SYSTEM RELIABILITY RELATED PROBLEMS .....	4
2.2.1.	Added complexity due to additional components .....	4
2.2.2.	Distorted load flows in mixed (lines, cables) meshed grids .....	5
2.2.3.	Ferranti effect rises cable midpoint voltage, beyond control of the system operator .....	5
2.2.4.	Cables introduce weak spots as regards system operating voltage .....	6
2.2.5.	Cables may produce resonance effects .....	6
2.3.	EXPERIENCE RELATED QUESTIONS .....	7
2.4.	PLANNING CRITERIA RELATED QUESTION .....	7
3.	OVERALL DIAGNOSTIC OF THE SITUATION .....	8
3.1.	APPROACH AND EXPECTATIONS OF TENNET AT PLANNING STAGE .....	8
3.2.	OUTCOME OF THE PERMIT PROCEDURE .....	8
3.3.	EVOLUTION OF SYSTEM VIEW SINCE THE PLANNING DECISION FOR RANDSTAD380 .....	8
3.4.	SUMMARY FOR TENNET .....	8
3.5.	TOO LATE FOR ALTERNATIVE SOLUTION ??? .....	8
4.	CONCLUSIONS .....	9

# 1. INTRODUCTION

The present document summarizes the complementary analysis made by TE (Tractebel Engineering) on the “System” aspects of the choice line versus cable for the Randstad380 kV project. This complementary analysis was requested by MINEZ after a concern formulated (rather late) by TenneT that cables would endanger network stability and so the reliability of the whole 380 kV system of TenneT.

A first investigation of several documents (also of international origin) submitted by TenneT in support of the stability risk statement did not reveal evidence reported by others on the subject of stability.

In order to clarify the matters a meeting was held in MINEZ offices on April 11, in the presence of TenneT, MINEZ, VROM and TE.

The present report condenses the opinions of TE after the discussions and clarifications as obtained at said meeting.

(The final version of this report will also comment on the ppt presentation shown by TenneT at the meeting, but this document has not been distributed yet to us).

In this report we also refer occasionally to the document Visie2030 published by TenneT in February 2008.

## 2. DISCUSSION OF PREPARATORY QUESTIONS RAISED BY TE

### 2.1. STABILITY RELATED QUESTIONS

Quote of questionnaire

- What kind of phenomena are feared by TenneT in relation with electrical stability of the network ?
- Which physical background underlies these phenomena ?
- To what extent is this background specifically linked to cable transmission ?
- Which examples of said phenomena have been recorded elsewhere before and are documented in technical literature (CIGRE, JI-CABLE, IEEE, ... ) ?

Unquote.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**There is no specific stability risk related to cables, provided that the Mvar (reactive power) produced by the cables are suitably compensated (by shunt reactors). This statement is not conditioned by the cable length.**

**In none of the reports supplied by Tennen stability aspects are dealt with. The absence of reported experience with cables in similar situations does not mean that such experience would necessary imply instability.**

**The stability aspects of cables are twofold:**

- **Transient and dynamic stability:** here the determining factor to be compared is the series reactance of the circuit. As the equivalent cable circuits have far lower reactance compared to the comparable line circuit, cables are more favourable than lines in this respect.
- **Voltage stability:** if cable capacitance is uncompensated, the large capacitance Mvar injected in the network moves the generators to lower excitation levels and moves the “voltage versus load” curve upward. Transmittable power increases but the voltage collapse point (nose of the “voltage versus load” curve) rises also to values closer to rated voltage, which may be a hidden danger of voltage instability. The voltage stability impact of cables may be completely neutralized by shunt compensation using reactors. Suitable compensation means compensation which neutralizes the cable Mvar (or at least those cable Mvar which are not useful as compensation of Mvar transmission losses elsewhere in the network).

## 2.2. OTHER SYSTEM RELIABILITY RELATED PROBLEMS

Quote of questionnaire

- What other problems (electrical stability left aside) are feared by TenneT as a consequence of implementation of 400 kV cable links ?

Unquote.

Several points were raised by TenneT as there are:

- Added complexity due to additional components (essentially shunt reactors, possibly series reactors);
- Distorted load flows in mixed (lines, cables) meshed grids, with a tendency to overload the cables;
- Ferranti effect rises cable midpoint voltage, beyond control of the system operator;
- Cables introduce weak spots as regards system operating voltage;
- Cables may produce resonance effects.

### 2.2.1. Added complexity due to additional components

Cables 380 kV in the arrangement proposed produce some 22 Mvar / km and per circuit.

Depending on the strength of the network, these shunt Mvar need compensation by shunt reactors. This will probably be necessary from ~10 km, i.e. a shunt reactor of 110 Mvar at each end for 10 km. Shunt reactors cause also no-load losses.

TenneT mentions that voltage control by switching operations (on shunt reactors) is a complex operation, particularly at high voltages in meshed networks.

TenneT mentions also series reactors to counter the problem in the next item 2.2.2. Series reactors are bulky, noisy and cause on-load losses.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

Shunt reactors are needed for substantial cable lengths. These components exist in suitable sizes for links of 20 km and more, from different manufacturers and are not specially fragile from an operation point of view. They may be permanently fixed on the cable ends and switched together with the cable circuit. For links of 40 km, also a midpoint compensation may be considered.

The Mvar effectively produced by cables vary with the square of the operating voltage applied, the same applies to the Mvar absorbed by shunt reactors. This is just a matter of definition of rated voltage.

Switching the shunt reactors together with the cable circuit ensures an automatic balancing of excess Mvar and is thus favorable for the voltage stability of the system, see comment under 2.1 above. Switching the reactors together with the cable circuit facilitates therefore the complex voltage control operation mentioned by TenneT.

Series reactors are only intended to mimic an overhead line behaviour with the cable. The need for these depends on the existence of real distortions as per point 2.2.2.

#### **2.2.2. Distorted load flows in mixed (lines, cables) meshed grids**

The series impedance of cable circuits (pro km) only 25 to 33 % of the series impedance of the equivalent line circuit (pro km). In meshed grids, with mixed cables and lines, the lower cable impedance will favour transport through the cables.

As a result cables will reach their limit first, whereas lines remain partly loaded. The overall network might be inefficiently used. The situation depends on the actual production and load configuration to be served, and by the topology of the network and is by no means systematic. If the problem should become systematic, then several measures are possible:

- Mimic line by added series reactor to cable (probably cheapest solution);
- Flow control by phase shift transformers at well chosen points;
- Series capacitor compensation of well chosen overhead lines.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**The problem of load flow distortion may effectively occur in mixed meshed networks, depending on the actual generation and load pattern to be served. The problem does however not disqualify the cable as such, because corrective measures are available (most indicated : series reactor), however with some added complexity.**

**This added complexity of a series reactor is only at the level of space occupied and lay-out of substations. In operation, the series reactors are purely passive static devices and their influence on system behavior is of constant and predictable nature. In fact the cable plus series reactor mimics an overhead line, which is the most common network element of TenneT.**

#### **2.2.3. Ferranti effect rises cable midpoint voltage, beyond control of the system operator**

Capacitive Mvars are produced all along the cable, whereas compensation by shunt reactors is installed (or switched ) at the ends. The transport of Mvar from the middle to the ends does rise the cable midpoint voltage, out of reach and view of the system operator.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

A quick check of the no load situation (worst case) for a 20 km cable (or a 40 km cable with also midpoint compensation) shows midpoint voltage rise in the order of 0.1 to 0.2%, which is negligible compared to voltage ranges found in operation at the cable ends (5 to 10%).

#### 2.2.4. Cables introduce weak spots as regards system operating voltage

TenneT fears that cables will introduce additional operating voltage constraints, which will make the task for system operators more difficult. (A similar problem occurred before with some particular GIS substation of TenneT.)

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**The present day cable technology and manufacturer practice of XLPE cable provide sufficient safety margins on operating voltage. If one does not give confidence to this cable technology, then even the shortest cable sections (river crossings) would have to be excluded. Nonetheless TenneT has already a cable river crossing intended for future operation on 380 kV.**

#### 2.2.5. Cables may produce resonance effects

TenneT fears resonance effects due to cable capacitance during transient conditions. Similar cases seem to have occurred in 150 kV networks with ungrounded neutral point.

TenneT also refers to the possibility of harmonic resonance due to cable capacitance in otherwise mainly inductive networks.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**Systems with ungrounded neutral may give rise to resonance conditions during earth faults. This is not specific to cables in the network, and may as well occur in completely OH line networks. Determining factors are the total inductive impedance (positive + negative sequence) of the source and the total capacitance to ground in the zero sequence equivalent network. Rigidly earthed networks such as the 380 kV effectively short-circuit the zero sequence capacitance and eliminate this phenomenon.**

As regards harmonic resonance, one should consider that any line or cable brings into the network equivalent diagram series reactance and resistance as well as shunt capacitance. The resulting equivalent diagram of the network shows at each of its nodes a frequency response diagram (Impedance  $Z_h$ ) which is generally rising with frequency, but with peaks and valleys which correspond respectively to (partial) shunt resonances and series resonances as seen from the node in question. The deviation of peaks and valleys (with respect to the general rising trend) depends also largely on the natural damping in the system (resistive losses, loads, generator damping coils). Cables instead of lines bring greater capacitance for less series reactance. Cables will influence the frequency response curve differently, in that they will move the first resonance responses to lower frequencies than in pure overhead line systems. Localized resonances on 400kV are not very likely, as overall system damping is high and disturbing loads are generally connected at a far lower voltage level. The only exceptions may be large arc furnaces, HVDC converter stations or Static Var Compensators. However such devices are always equipped with filter circuits, which have to be dimensioned taking into account the frequency response curve (including the cables effects, if any) of the system seen at their connection point.

### 2.3. EXPERIENCE RELATED QUESTIONS

Quote of questionnaire

- What is the operating experience of TenneT on cable links presently in operation ?
- How is this experience related to the present position of TenneT regarding 400 kV cable transmission ?

Unquote.

Tennet mentions one river crossing, with unforced water cooling, designed for 380 kV but presently operated on 150 kV. No specific operational problems.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**TenneT has no (negative) experience of 380 kV operated cable which might explain their present reluctance regarding cables. On former occasions TenneT has shown sufficient confidence to introduce cables 380 kV in the network for river crossings.**

### 2.4. PLANNING CRITERIA RELATED QUESTION

Quote of questionnaire

- How where the network planification criteria and their application-interpretation adapted to the specific properties of cable links ?

Unquote.

This question was not explicitly discussed during the meeting. From the TenneT presentation, and also from Visie2030 (4.1, pg 25), it appears that the basic planning module is an overhead line, 2 circuits, each circuit rated 2750 MVA.

For the cable solution, a similar rating per circuit was selected, with two cables in parallel per phase in each circuit.

Opinion of TE at the issue of the discussion:

**This is an obvious choice for mixed connection with sections of line and cable in series. However for entirely cable links it would be more economical to consider planning unit blocks of 3 circuits, each with one cable per phase. This gives the same or better transmission capacity in N-1 and N-2 conditions and some 20 to 25% reduction on capex.**

**Assuming a link of 20 km, in cable, 2 circuits as per TenneT design, compared to 3 circuits of one cable per circuit, which needs two additional 400 kV bays (one at both ends of the extra circuit) and using reference costs as per the companion report one comes to the following conclusion:**

**20 km x 11.1 M€x 0.20 – 2 bays x 3 M€/bay = 38.4 M€CAPEX reduction. This is still considerable money not to be lifted out of the pocket of the end consumer which in fine bears all the costs.**

**In a similar way one may consider to replace (starting from one end) part of the 2 circuit OH line by 3 circuits of cable (one cable per circuit). Here additionally 6 bays 400 kV are needed. The extra substation expense is compensated as soon as 8.11 km of line is converted to cable.**

$$(6 \text{ bays} \times 3 \text{ M€/bay}) / (11.1 \text{ M€} \times 0.20) = 8.11 \text{ km}$$

### 3. OVERALL DIAGNOSTIC OF THE SITUATION

This chapter reflects the view of TE as outsider on the situation. It is not meant to interfere whatsoever in the procedure or the prerogatives or competences of the parties involved.

#### 3.1. APPROACH AND EXPECTATIONS OF TENNET AT PLANNING STAGE

- TenneT conceived quite some time ago the Randstad380 connection as a logical sequence in its planning process, using its standard planning unit block of double circuit OH line, 2750 MVA per circuit;
- Among the various possible alternatives, the almost straight (and thus short) connection Wateringen-Zoetermeer and then Zoetermeer-Beverwijk was best ranked and therefore proposed as necessary and optimal investment;
- TenneT engaged in the permit procedure, expecting an approval of this connection as OH-line, maybe with minor cable sections on specific technical spots.

#### 3.2. OUTCOME OF THE PERMIT PROCEDURE

- TenneT receives an approval of the proposed route, but with the constraint that part may have to be executed as cable;
- The environmental and public pressure is such that “part” tends to become “total”, despite the substantial higher cost of cable;
- TenneT realizes that the link for which they will receive permit is not the link they planned for (which was based on OH line, the full cable alternative was never considered at planning stage).
- Furthermore, the link will cost 5 to 6 times the original line budget. This upsets completely the ranking of possible solutions as considered at the planning stage.

#### 3.3. EVOLUTION OF SYSTEM VIEW SINCE THE PLANNING DECISION FOR RANDSTAD380

- The Visie2030 document looks for various scenarios of development of production and loads from now to 2030.
- Essential is the concentration of production infeed at coast locations Borssele, Maasvlakte, IJmuiden en Eemshaven;
- In the same document (pg 28, item 4.3, second paragraph), it is stated that direct links between the coastal production sites are not favourable;
- The present Randstad380 is just the beginning of such a coastal interconnection. The future usefulness of this link is thus indirectly questioned by the Visie2030 report

#### 3.4. SUMMARY FOR TENNET

- TenneT receives permit for a link which has not been thoroughly planned and which is not optimized for the technology imposed;
- TenneT has additional effort to make the link fit with the rest of the 380 kV network;
- The investment budget is multiplied by 5 to 6;
- New insights question the usefulness of the link in the future;

#### 3.5. TOO LATE FOR ALTERNATIVE SOLUTION ???

Again, this is not meant to interfere whatsoever in the procedure or the prerogatives or competences of the parties involved.

TenneT might as well consider;

- An additional double circuit line, each circuit rated 2750 MVA, as follows: Maasvlakte – Crayestein – Krimpen – Diemen – Oostzaan – Beverwijk , with in addition a double circuit antenna (uitloper) from Krimpen to Bleiswijk;
- This solution would have been poorly ranked in the initial planning (roughly double length), but ;
- The solution uses existing corridors, without any further footprint on virgin ground;
- The solution becomes economically attractive compared to the imposed cable solution on Wateringen- Zoetermeer-Beverwijk;
- The solution fits better with the views of Visie 2030, which favours direct links from the coastal production sites to the “Great Ring”

## 4. CONCLUSIONS

The above considerations may be summarized as follows:

- Is there a major objection from network reliability against the implementation of 380 kV cables of ~20 km ?

**NO**

- Is the full cable solution Wateringen- Zoetermeer-Beverwijk as proposed anywhere near the optimum Technically-Economically-Environmentally ?

**VERY QUESTIONABLE**

MINISTERIE VAN ECONOMISCHE ZAKEN

GENERAL COST COMPARISON BETWEEN  
UNDERGROUND CABLES AND O.H. LINE  
SYSTEMS FOR H.V. TRANSMISSION

FINAL REPORT

APRIL 2008 (REVISED MAY 2007)

# TABLE OF CONTENTS

1.	BASIC ASUMPTIONS .....	4
2.	AMPACITY CALCULATIONS.....	5
2.1.	ALTERNATIVE WITH AC VOLTAGE .....	5
2.1.1.	In trenches - Flat configuration (see figure 1).....	5
2.1.2.	Flat configuration - Depth of 2.5 m.....	6
2.1.3.	In trenches - Trefoil configuration (see figure 2).....	7
2.1.4.	Flat configuration in PE tubes with concrete bloc - Depth of 1.5 m .....	8
2.1.5.	In drilling conditions.....	9
2.1.6.	In drilling conditions; PE tubes with increased diameter .....	10
2.2.	ALTERNATIVE WITH DC VOLTAGE .....	12
3.	MAIN CHARACTERISTICS OF OVERHEAD LINE.....	13
3.1.	ALTERNATIVE WITH AC VOLTAGE .....	13
3.2.	ALTERNATIVE WITH DC VOLTAGE.....	13
4.	CONSIDERATIONS IN THE CHOICE AC/DC .....	14
4.1.	FUNCTIONALITY OF THE LINK .....	14
4.2.	CONSIDERATIONS ON THE CHOICE .....	14
4.3.	CONCLUSION ON THE CHOICE AC/DC .....	14
5.	COST COMPARISON .....	15
5.1.	GENERAL COMMENTS.....	15
5.2.	PRICES .....	15
5.2.1.	OHL.....	15
5.2.2.	Underground links .....	15
5.2.3.	OHL/AC underground station .....	16
6.	MAGNETIC FIELD OF AC CABLES .....	17
7.	REACTIVE POWER MANAGEMENT IN AC.....	19
7.1.	GENERAL.....	19
7.2.	SHORT CABLE STRETCHES (PART OF LINK).....	19
7.3.	LONG STRETCHES (LINK OF 17 KM) .....	19

8.	LOSSES .....	20
8.1.	LOSSES IN OHL .....	20
8.2.	LOSSES IN AC UNDERGROUND CABLE .....	20
9.	LIVE CYCLE COSTS .....	22
9.1.	BASIC ASSUMPTIONS .....	22
9.2.	RESULTS .....	22
10.	RELIABILITY OF EHV CABLES - STATE OF THE ARTS .....	26

# 1. BASIC ASUMPTIONS

→ **Number of circuits**

2

→ **Power to transmit (per circuit)**

- 1740 MVA - normal condition
- 2635 MVA (N - 1)

→ **Thermal conditions (for cable) for AC/DC links**

- Soil temperature at 1.5 m depth  
15 °C
- Soil thermal resistivity
  - . 0.5 Km/W
  - . 0.75 Km/W
- Laying conditions
  - . Flatbed formation
  - . With screen cross bonding
  - . No soil drying up

→ **Thermal conditions for drilling laying - flat formation**

- Soil temperature at
  - . 2 m depth : 13 °C
  - . 7 m depth : 10 °C
  - . 20 m depth : 8 °C
- Soil thermal resistivity at
  - . 2 m depth : 0.8 Km/W
  - . 7 m depth : 0.7 Km/W
  - . 20 m depth : 0.5 Km/W

→ **Dimensioning characteristics - with AC**

- Rated Voltage : 380 kV
- Rated current per circuit : 2640 A/4000 A (N-1)

→ **Dimensioning characteristics - with DC**

- Rated Voltage : ± 500 kV
- Power : 2400 MW

## 2. AMPACITY CALCULATIONS

### 2.1. ALTERNATIVE WITH AC VOLTAGE

#### "Laying conditions"

#### 2.1.1. In trenches - Flat configuration (see figure 1)

	2000 mm <sup>2</sup> copper	2000 mm <sup>2</sup> copper enamelled	2500 mm <sup>2</sup> copper	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
For soil resistivity of 0.5 Km/W	2030 A	2260 A	2200 A	2550 A
For soil resistivity of 0.75 Km/W	1810 A	2030 A	1950 A	2260 A
Minimum requirement in normal condition	<b>1320 A</b>			
Minimum requirement in N-1 condition	<b>2000 A</b>			

#### Typical arrangement of cables in flat configuration (2 cables/phase)

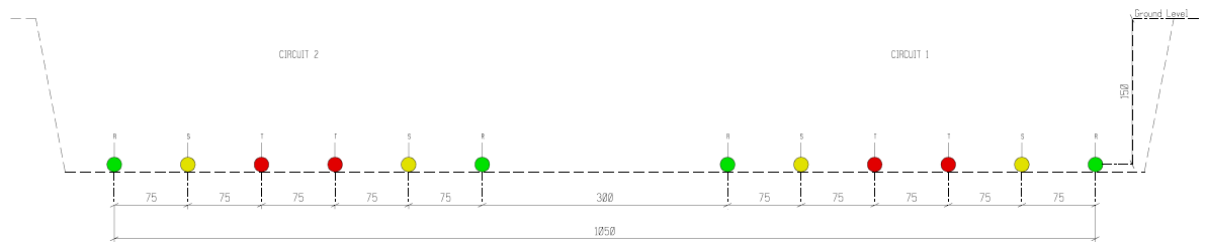


Figure 1

### 2.1.2. Flat configuration - Depth of 2.5 m

Basic assumptions:

- soil resistivity of 0.5 and 0.7 Km/W;
- no soil drying;
- soil temperature: 13 °C.

	<b>2000 mm<sup>2</sup> copper enamelled</b>	<b>2500 mm<sup>2</sup> copper enamelled</b>
For soil resistivity of 0.5 Km/W	2280 A	2553 A
For soil resistivity of 0.75 Km/W	2007 A	2289 A
Minimum requirement in normal condition	<b>1320 A</b>	
Minimum requirement in N-1 condition	<b>2000 A</b>	

2.1.3. In trenches - Trefoil configuration (see figure 2)

	2000 mm <sup>2</sup> copper	2000 mm <sup>2</sup> copper enamelled	2500 mm <sup>2</sup> copper	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
For soil resistivity of 0.5 Km/W	1664 A	1836 A	1792 A	2034 A
For soil resistivity of 0.75 Km/W	1438 A	1584 A	1546 A	1749 A
Minimum requirement in normal condition	1320 A			
Minimum requirement in N-1 condition	<b>2000 Z</b>			

Typical arrangement of cables in trefoil configuration (2 cables/phase)

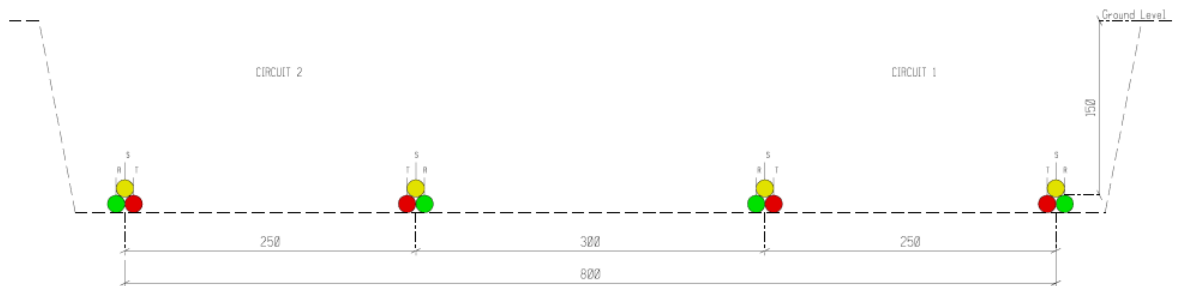


Figure 2

**2.1.4. Flat configuration in PE tubes with concrete bloc - Depth of 1.5 m**

See figure 3.

In this case we have assumed:

- soil resistivity of 0.5 and 0.7 Km/W;
- no soil drying;
- soil temperature: 15 °C.

	2000 mm <sup>2</sup> copper enamelled	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
For soil resistivity of 0.5 Km/W	2143 A	2407 A
For soil resistivity of 0.75 Km/W	2002 A	2243 A
Minimum requirement in normal condition	<b>1320 A</b>	
Minimum requirement in N-1 condition	<b>2000 A</b>	

**Typical arrangement of cables in flat configuration in tubes with concrete (2 cables/phase)**

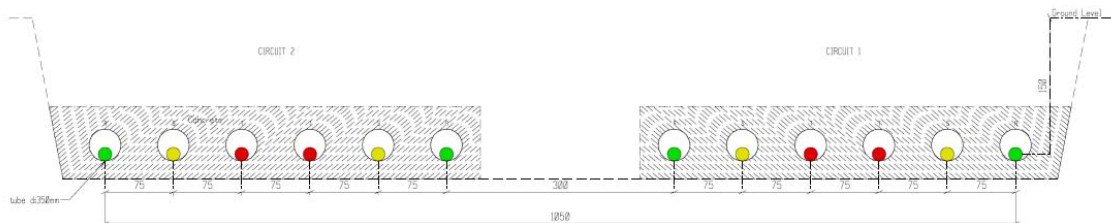


Figure 3

### 2.1.5. In drilling conditions

	2000 mm <sup>2</sup> copper	2000 mm <sup>2</sup> copper enamelled	2500 mm <sup>2</sup> copper	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
2 m depth (10 m distance between drillings)	1520 A	1695 A	1631 A	1874 A
7 m depth (10 m distance between drillings)	1440 A	1600 A	1540 A	1767 A
20 m depth (10 m distance between drillings)	1500 A	1680 A	1610 A	1850 A
Minimum requirement in normal condition	1320 A			
Minimum requirement in N-1 condition	2000 A			

### Typical arrangement of cables in drilling condition (2 cables/phase)

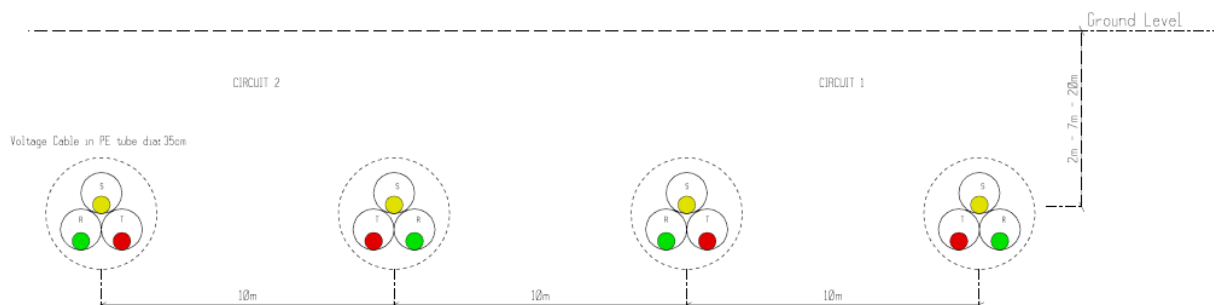


Figure 4

The results reveal that laying in directional drillings remains the delicate point in the underground links.

In our case we found that even with a section of 2500 sq. mm copper, with 2 cables per phase, whereas the normal operating conditions can be maintained, it is impossible to ensure the N-1 condition.

In this case we could examine what would happen with I max. as the cable's temperature delta, and check whether it would be acceptable and for how much time.

Also bear in mind that an N-1 situation that lasts 30 days is extremely exceptional.

Also, before we can give a firm opinion, we should know the exact nature of the soil at those locations.

Increasing the tube diameter would also slightly improve the situation.

The calculations were made with PE tubes having 250 mm outside diameter.

**2.1.6. In drilling conditions; PE tubes with increased diameter**

- Calculations made
  - With PE tubes of 350 mm outer diameter/320 mm inside diameter.
  - For 250 mm<sup>2</sup> copper and 250 mm<sup>2</sup> copper enamelled.

Depth (m)	Soil resistivity (km/W)	2500 mm <sup>2</sup> copper	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
2	0.8	1738 A	2271 A
7	0.7	1627 A	2085 A
20	0.5	1698 A	1957 A
Minimum requirement in normal condition		1320 A	
Minimum requirement in N-1 condition		2000 A	

- The maximum temperature of the conduction in N-1 condition reaches the following values:

Depth (m)	Soil resistivity (km/W)	2500 mm <sup>2</sup> copper	2500 mm <sup>2</sup> copper enamelled
2	0.8	116 °C	< 90 °C
7	0.7	134 °C	< 90 °C
20	0.5	124 °C	94 °C

- Results

Only **2500 mm<sup>2</sup> copper enamelled** could withstand the N-1 condition during 30 days. Maximum allowable temperature during 30 days one or two times during live time of the links should be around 95 °C.

## 2.2. ALTERNATIVE WITH DC VOLTAGE

Two types of cable exist:

- a) cable with a mass impregnated paper insulation;
- b) cable with a polyethylene alloy insulation (dry insulation).

The first one is a well experimented technology (more than 30 years).

The second one is new technology (type tests are just finished).

Cable data required:

• Voltage	: ± 500 kV	± 500 kV
• Type of insulation	: Mass impregnated paper insulation	Polyethylene alloy insulation
• Section for normal condition	: 1200 mm <sup>2</sup> copper	800 mm <sup>2</sup> copper
• Metallic screen	: Lead alloy sheath	Aluminum welded laminated sheath
• Number of cables per circuit	: 4	4
• Power to transmit	: 2400 MW	2400 MW

### 3. MAIN CHARACTERISTICS OF OVERHEAD LINE

#### 3.1. ALTERNATIVE WITH AC VOLTAGE

Based on the terms of the contract, we have assumed that the design already made with new tubular poles is the final design.

#### 3.2. ALTERNATIVE WITH DC VOLTAGE

Based on the terms of the contract, we have assumed that this alternative is not considered although technically feasible.

## 4. CONSIDERATIONS IN THE CHOICE AC/DC

### 4.1. FUNCTIONALITY OF THE LINK

The functionality of the link is in essence:

- To complete a mesh in the already elaborate 380 kV network of The Netherlands in order to increase its loadability, given new productions and loads planned.
- To provide additional in feed points from 380 kV into the lower voltage levels 220 kV and 150 kV.
- The extremities and intermediate take-off points are at a synchronous AC voltage level: there is NO INTRINSIC NEED for an asynchronous link.
- We have no knowledge of particular load flow control needs in the 380 kV grid, there is NO INTRINSIC NEED for a highly flexible and controllable link at the location in question.
- As far as we know the 380 kV grid of The Netherlands, the additional 380 kV link is not expected to increase the short-circuit levels in such a way that "decoupling" by DC links would be a necessity.

### 4.2. CONSIDERATIONS ON THE CHOICE

Following considerations should be kept in mind:

- The functionality can be perfectly assured with AC, there is NO functional gain with DC in this particular application.
- AC is overall more reliable than DC.
- AC is (both CAPEX and OPEX) far more economical as DC, mainly due to the impact of the conversion stations. This fact is more and more aggravated if multi-terminal systems are considered (the case here).
- DC creates additional interference in the adjacent AC grids (reactive power management, harmonics) as well as in the environment (DC ground return spill currents in certain conditions, with possible corrosion of buried metal structures and potentially ecological side effects on soil organisms).
- DC has substantially more spatial, visual and noise impact at the interfaces with the existing network (converting stations).

### 4.3. CONCLUSION ON THE CHOICE AC/DC

Considering all the above:

- On technical and economical grounds AC is the preferential choice.
- Any marginal advantages of DC from the ecological point of view should be outweighed against the additional ecological disturbance of DC with respect to AC.

## 5. COST COMPARISON

### 5.1. GENERAL COMMENTS

For OHL, and due to the fact that we are not involved in this new design, we have assumed that the cost overview given is considered reasonable.

For underground AC cable links we assumed that the final technical solution could be of 2000 or 2500 sqmm copper.

Prices are given for 2500 sqmm copper with a ratio between drilling and trenches of 16 %.

As an alternative, price is given with 2500 sqmm copper enamelled.

For underground DC cable links, the prices for DC links are depending mainly on the price of the AC/DC convectors.

### 5.2. PRICES

#### 5.2.1. OHL

→ Unit price/Km

Bi-pole 2 x 380 kV **2,3 M€Km**

#### 5.2.2. Underground links

→ AC links (2 x 380 kV) - 2500 sqmm copper,  
laying depth of 1.5 m (flat configuration)

- Cables, accessories and tests <sup>1</sup> 7,4 M€Km

- Laying (trenches and drillings  
including junction pits) 3,7 M€Km

---

Total <sup>2</sup> **11,1 M€Km**

→ AC links (2 x 380 kV) - 2500 sqmm copper enamelled

- Cables, accessories and tests <sup>1</sup> 8,5 M€Km

- Laying (trenches and drillings  
including junction pits) 3,8 M€Km

---

Total <sup>2</sup> **12,3 M€Km**

---

<sup>1</sup> Unit price of Copper is 6.6 €/kg.

<sup>2</sup> This price does not include the prices for a right of way and different access required and no unforeseen costs.

→ AC links 2500 sqmm copper,  
laying depth of 2,5 m (flat configuration)

#### Assumptions

We have assumed that the cost of the execution of the trenches should be multiplied by a coefficient of min. 5 and the unit price of laying the cable should be multiplied by 2. Based on those assumptions, prices are:

- Cables, accessories and tests <sup>1</sup>	8,8 M€Km
- Laying (trenches and drillings including junction pits)	9,5 M€Km <sup>2</sup>
<hr/>	
Total <sup>3</sup>	<b>18,3 M€Km</b>

→ DC links

- Cable (roughly estimation)	<b>6 M€Km</b>
- Convertor	
. The roughly estimated price of an AC/DC - DC/AC convertor is 0,18 M €MW.	
. For 2400 MW the total price should be of:	<b>423 M€circuit</b>

#### 5.2.3. OHL/AC underground station

A roughly estimated price should be of: **1 M€station**

---

<sup>1</sup> Unit price of Copper is 6.6 €/kg.

<sup>2</sup> To be confirmed due to "exceptional depth".

<sup>3</sup> This price does not include the prices for a right of way and different access required and no unforeseen costs.

## 6. MAGNETIC FIELD OF AC CABLES

A calculation of the magnetic field in flat configuration has been done for  $I = 1320$  A per cable (normal condition) (see figures 5 and 6).

- At 1,5 m depth the maximum value is  $51 \mu\text{T}$  (measured at 1 m above ground). The value of  $0,4 \mu\text{T}$  should be at distance of 18 m from the main axis of the link.
- At 3 m depth, the maximum value is  $16 \mu\text{T}$  (measured at 1 m above ground). The value of  $0,4 \mu\text{T}$  should be at a distance of 17,7 m from the main axis of the link.

In trefoil configuration for  $I = 1320$  A per cable (normal condition).

- At 1,5 m depth, the maximum value is  $16,74 \mu\text{T}$  (measured at 1 m above ground). The value of  $0,4 \mu\text{T}$  should be at a distance of 20 m from the main axis of the link (see figure 7).

If the reference is the limit value of  $0.4 \mu\text{T}$ , increasing the depth from 1.5 m to 3 m is not useful (the distance with respect to the axis of the link remains some 18 m). Same conclusion for the trefoil configuration.

However, if it is the maximum value that is important, increasing the depth from 1.5 m to 3 m permits to reduce the maximum value by 70 %.

Also the cost related to laying at 3 m depth becomes seriously prohibitive.

In this case, the better option would be to lay the cables in a trefoil configuration at 1.5 m depth. The maximum value will be of  $16,74 \mu\text{T}$  instead of  $51 \mu\text{T}$  in flat configuration with the same depth (1,5 m).

In this option the transit capacity will decrease of 18% to 20% compare to the flat configuration.

### Magnetic field with a depth of 1.5 m flat configuration

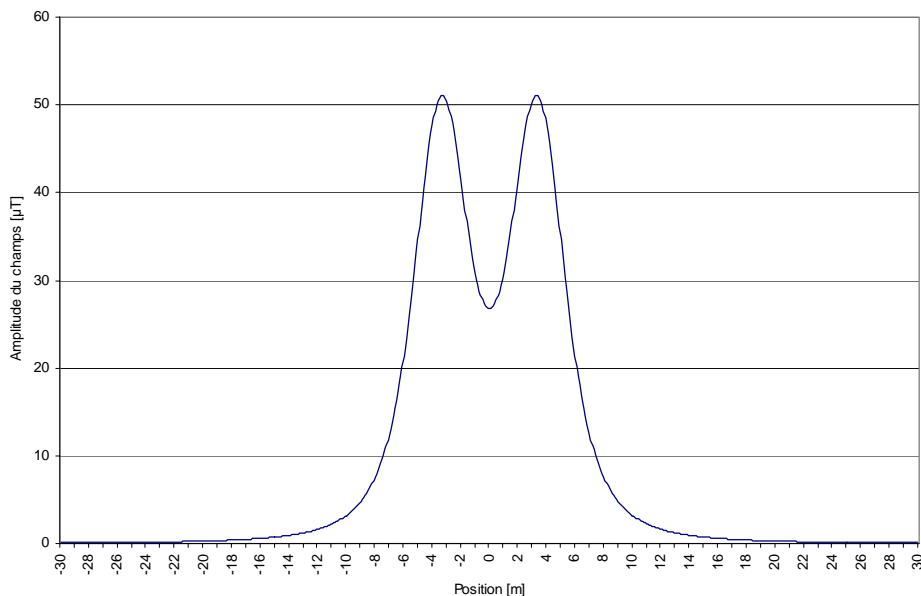


Figure 5

### Magnetic field with a depth of 3 m flat configuration

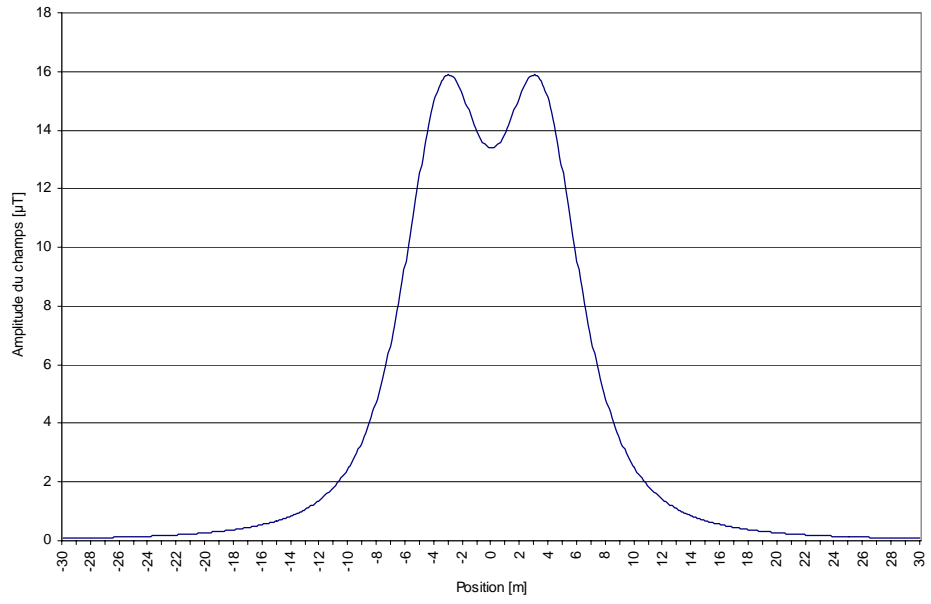


Figure 6

### Magnetic field in trefoil configuration with a depth of 1,5 m

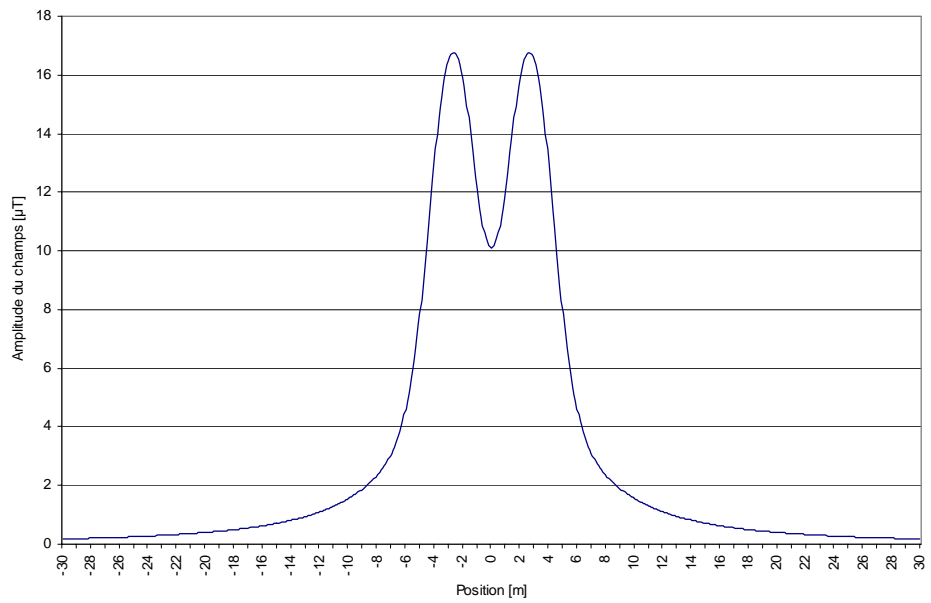


Figure 7

## 7. REACTIVE POWER MANAGEMENT IN AC

### 7.1. GENERAL

AC circuits operate by principle under alternating current and are thus subject to series inductive voltage drops and shunt capacitive "loading" currents i.e. production of Mvars.

OH lines have less shunt capacitance and the production of Mvar is moderate.

Cable circuits have considerable capacitance and generate thus substantial Mvars which:

- have to be transported on the cable itself, i.e. they occupy part of the load carrying capacity;
- have to be absorbed at the cable extremities by the overall AC system either as inductive load Mvars, as underexcited Mvars on the generators or as explicit compensation inductive Mvars by dedicated shunt reactors;
- may create substantial switching transients when energizing a cable due to sudden closing on the high capacitive Mvar load.

### 7.2. SHORT CABLE STRETCHES (PART OF LINK)

The proposed circuits 400 kV (each two cables in parallel) represent a shunt Mvar generation of some 24 Mvar/circuit x km.

A 5 km circuit (120 Mvar) should not represent a switching problem, and the absorption of 120 Mvar in the overall grid (which is interconnected all over Western Europe) seems at first sight possible without any special compensation measure.

❖ *Note*

*The Belgian Elia grid comprises numerous 85 Mvar capacitor banks. Switching of such a 85 Mvar bank on 150 kV is comparably much more severe than switching of 120 Mvar capacitive cable on 400 kV.*

### 7.3. LONG STRETCHES (LINK OF 17 KM)

A 17 km circuit brings 410 Mvar at no load switching.

The possibility to absorb these depends on local network conditions.

Only the network planner has sufficient elements to judge this.

Probably some shunt Mvar absorption is to be foreseen. To maximize the effect on switching operations, these reactors should preferably be permanently connected to the HV link extremities and switched together with the cable itself.

Shunt reactors 400 kV 200 Mvar are quite normal ratings, available from different manufacturers. Delivery times range from 18 to 24 months.

No extra switchgear bays 400 kV are needed.

## 8. LOSSES

### 8.1. LOSSES IN OHL

- Basic assumptions for losses calculation:
  - Cross section of the conductors : AAAC 620 mm<sup>2</sup>
  - Bundle : 4 cables/phase
  - Ambient air temperature assumed : 35 °C
  - Ampacity in one conductor : 660 A  
(normal condition) (2640 A/phase)
  - Assumed wind speed : 0.6 m/sec
  - Date : 21<sup>st</sup> of June at noon

In those conditions, the maximum conductor temperature should be of 63.6 °C.

❖ *Note*

*In case of an ambient air temperature of 30 °C instead of 35 °C, the maximum conductor temperature should be of 58.8 °C.*

- Losses
  - Per cable : 27.78 W/m (27.38 W/m)
  - Per phase : 111.12 W/m
  - Per circuit : 333.36 W/m

### 8.2. LOSSES IN AC UNDERGROUND CABLE

- Ampacity per cable (2 cables/phase): 1320 A (normal condition)
- Electric data of cable - Conductor temperature
  - Ground temperature: 15 °C
  - Flat configuration

- Conductor temperature for  $I = 1320 \text{ A}$ 
  - .  $2000 \text{ mm}^2$  copper :  $53 \text{ }^\circ\text{C}$
  - .  $2000 \text{ mm}^2$  copper enamelled :  $44 \text{ }^\circ\text{C}$
  - .  $2500 \text{ mm}^2$  copper :  $48 \text{ }^\circ\text{C}$
  - .  $2500 \text{ mm}^2$  copper enamelled :  $39 \text{ }^\circ\text{C}$
- Losses
  - .  $2000 \text{ mm}^2$  copper :  $160.7 \text{ W/m/circuit}$
  - .  $2000 \text{ mm}^2$  copper enamelled :  $132.6 \text{ W/m/circuit}$
  - .  $2500 \text{ mm}^2$  copper :  $142.2 \text{ W/m/circuit}$
  - .  $2500 \text{ mm}^2$  copper enamelled :  $103.4 \text{ W/m/circuit}$

## 9. LIVE CYCLE COSTS

### 9.1. BASIC ASSUMPTIONS

- OHL length : 17 km
- Underground cables length (route length) : 5 km

#### 1. Live duration

30 and 50 years

#### 2. Load assumption

- Load at the beginning  
(compare to 2640 A = normal load) : 1500 A
- % of increase : 2 %/year
- Maximum nominal load : 2640 A

#### 3. Occupation of the circuit per year

- 8700 H at normal load (1500 A + 2 %/year)
- 60 H at N-1 condition (4000 A)

#### 4. Price of kWh

We have assumed a unit price of 0.060 €/kWh (60 €/MWh).

#### 5. Maintenance

- OHL : each 10 years - 1 month interruption (important maintenance)
- XLPE cables : each year - 1 week overshooth tests + partial discharges measurements at junctions

#### 6. Dismantling

- OHL

We assume a total cost of 15 % of the initial investment taking into account that the pile foundation will be demolished - 1,5 m max.

- XLPE cables

We assume a total price of 1.3 of the cost of the trenches + laying of cable. For drilling: impossible to dismantle the cables as well as tubes inside the borings.

### 9.2. RESULTS

The results for 30 and 50 years are given in figures 8 and 9.

LIVE CYCLE COSTS (30 YEARS)		
Assumptions	OHL lenght	17 km
	Underground cables (route lenght)	5 km
Live duration	30 Years	
	OHL (17 km)	Underground Links (5 km)
	k€	k€
Initial Investment	39100.0	61500.0
Maintenance	972.5	1750.1
Losses	66267.3	9684.6
Dismanteling	14235.9	29108.9
<b>TOTAL</b>	<b>120575.7</b>	<b>102043.6</b>
Per km		
<b>TOTAL</b>	<b>5480.71</b>	<b>20408.73</b>
Ratio	1	3.7

Unit prices in k€		
OHL	XLPE cables	
2300	12300	
1	5.35	Ratio

0.06 €/kWh
------------

Figure 8

LIVE CYCLE COSTS (50 YEARS)		
Assumptions	OHL lenght	17 km
	Underground cables (route lenght)	5 km
Live duration		50 Years
	OHL (22 km)	Underground Links (5km)
	k€	k€
Initial Investment	39100.0	61500.0
Maintenance	2497.7	4101.3
Losses	103617.8	14909.2
Dismanteling	25711.6	52574.0
<b>TOTAL</b>	<b>170927.1</b>	<b>133084.5</b>
Per km		
<b>TOTAL</b>	<b>7769.41</b>	<b>26616.90</b>
Cost Ratio	1	3.4

Unit prices in k€		
OHL	XLPE cables	
2300	12300	
1	5.35	Ratio

0.06 €/kWh
------------

Figure 9

❖ **Important remarks**

Above calculations are based on a OHL length of **17 km** and an underground cable links length of 5 km.

It means that based on ref. 7.2. for 5 km circuit (120 MVar) **no compensation** equipment should be necessary.

Longer underground cable links will require, depending on the local network condition, some shunt MVar which bring supplementary losses (not negligible)!!

If 100% of shunt reactance compensation is foreseen, some 240 Mvar (2 x 120 Mvar) is to be installed. At an estimated initial investment (no prices received yet from the manufacturer consulted for this purpose) of 20 k€/ Mvar installed, this adds 4 800,-k€ to the initial investment for the 5 km cable.

Shunt reactance compensation increases losses (for 240 Mvar) on a permanent basis by some 1.2 MW (for 5 km and two circuits) or some 120 W / m / circuit. Typically the cable losses per m and circuit rise from (2500 mm<sup>2</sup> copper enamel) 103.4 W / m / circuit to 223.4 W / m / circuit.

The lifetime loss cost is almost proportional to the W / m / circuit loss value.and becomes :

For 30 years	20 924 k€	instead of	9 684.8 k€	and
For 50 years	30 222 k€	instead of	14 909.2 k€	

The total life cycle cost/ km for cable becomes:

For 30 years	23 616.6 k€	instead of	20 408.7 k€	and
For 50 years	30 639.5 k€	instead of	26 616.9 k€.	

The total life cycle cost ratio cable / line becomes:

For 30 years	4.31	instead of	3.70	and
For 50 years	3.94	instead of	3.40.	

## 10. RELIABILITY OF EHV CABLES - STATE OF THE ARTS

- Producers guarantee homogeneous cable quality according to international standard (IEC 62067).
- Repairs caused by damage:
  - Quick and precise location of errors with modern monitoring technology.
  - Reparation time 2 - 3 weeks (if, as recommended, spare parts are kept in stock).
- Careful long-term testing has been conducted and life expectancy of XLPE-insulated cables is approximately 30 - 40 years.
- Prequalification tests have been performed on 400 kV and 500 kV cable systems with different conductor sizes up to 2500 mm<sup>2</sup> and type tests on almost the whole range of conductors.

Lower conductor sizes have higher stresses at the conductor and lower stresses at insulation surface: see figure 10 below.

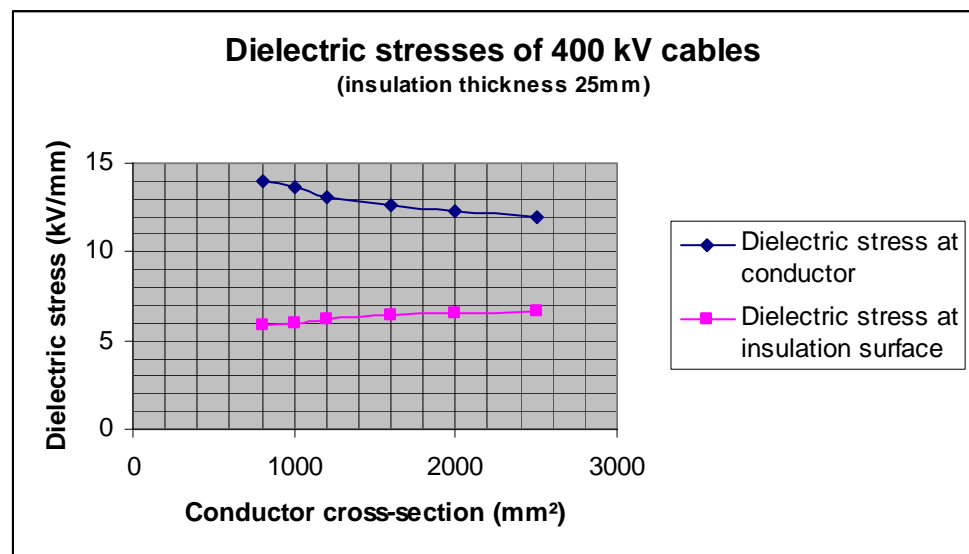


Figure 10

The dielectric stresses at insulation surface are not very different from each other from the whole range of conductor sizes. From a dielectrical point of view this means that test and field experience with a medium sized cable conductor gives confidence in the whole range of sizes for the dielectric behavior of accessories.

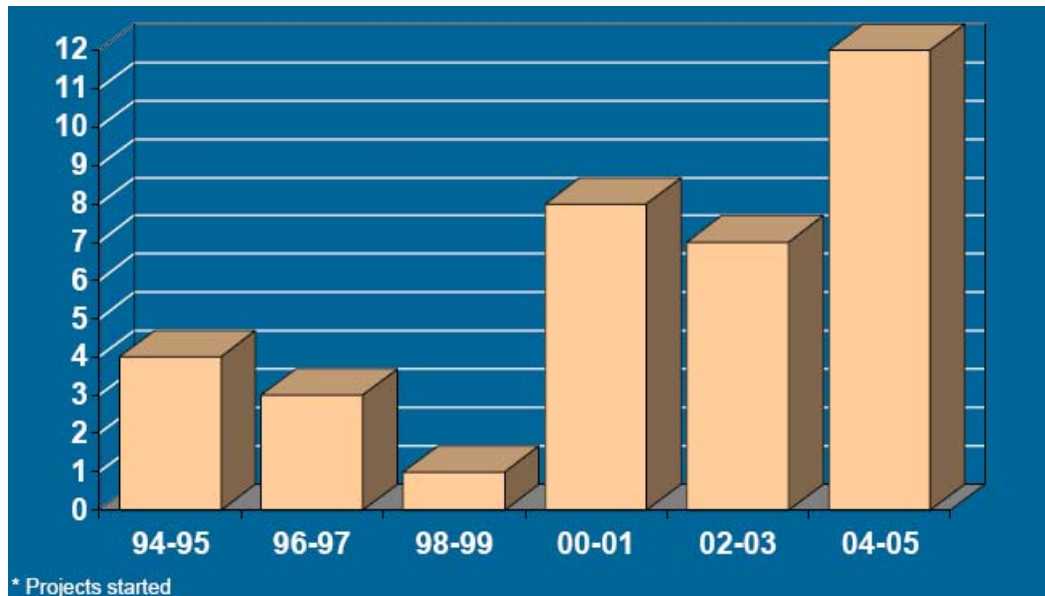
Experience has shown that long term tests distinguish between good and bad accessories: e.g. prequalification tests for the Bewag project in Berlin have led to breakdown on bad designs of terminations and joints. These tests allowed cable manufacturers involved in these tests to improve the designs of their accessories and pass the tests correctly during a second long term test.

- Higher over voltage

The over-voltages have nothing to do with cables; it is related to network design and conditions. But anyway the security factor for cables is good as shown by type tests at  $2 U_0$  and long term pre-qualification tests at  $1.7 U_0$  and by long term development tests, which did not show any ageing on cable insulation.

- Number of EHV cable installing globally 1994-2005 (Document issued of Europacable - session 2008 - "Overview of underground power cables at high/extra high voltage levels").

**Number of EHV cable installations globally 1994-2005**



*Figure 11*

**Length of km of EHV underground cable 220-400 kV: 1996-2006**

	1996	2006	Change %
Austria	48	59	23
Denmark	31	52	68
France	600	914	52
Germany	99	110	11
Ireland	64	106	66
Italy	130	231	78
Netherlands	6	12.5	108
Spain	31	558	1700
UK	553	662	20

Source: CIGRE 338 December 2007

Figure 12

**Examples of major 400 kV projects in Europe**

Location	Project	Cable circuits x Length (km)	Time period
Copenhagen	Elimination of OHLs in urban area	1x12, 1x22	1996/9
Berlin	Connect West/East systems	2x12	1996-00
Vale of York (UK)	Area of outstanding beauty	4x6	2000/1
Madrid	Barajas Airport expansion	2x13	2002/3
Jutland, DK	Area of outstanding beauty, waterway & semi urban areas	2x14	2002/3
London	London Ring	1x20	2002/5
Rotterdam	Randstad "ring" waterway crossings	2x2.1	2004/5
Vienna	Provide power to centre of city	2x5.5	2004/5
Milan	Section of Turbigo-Rho line	2x8.5	2005/6

Figure 13

- Stockholm has decided to dismantle overhead HV lines in the city and the suburbs and put cables in multipurpose tunnels. The valorization of land covers almost the cost of the new installations.

- Conclusion

As it is mentioned in the report CIGRE 21-104-2002:

*"The successful performance of tests confirmed that 400 and 500 kV XLPE cable systems using properly selected materials and technologies and installed by skilled personnel using suitable techniques exhibit a high degree of reliability and considerable safety margins".*



# Milieueffectrapport Randstad 380 kV verbinding Wateringen-Zoetermeer<sup>1</sup>

## Samenvatting

### Aanleiding

TenneT, de beheerder van het landelijk hoogspanningsnet, wil een nieuwe 380 kV hoogspanningsverbinding aanleggen in de Randstad. Dat is nodig om de energievoorziening in de Randstad ook in de toekomst veilig te stellen. De nieuwe hoogspanningsverbinding is in totaal ongeveer 85 kilometer lang en loopt van Wateringen naar Beverwijk via Zoetermeer. De ministers van Economische Zaken (EZ) en Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer (VROM) bepalen samen het tracé en de manier waarop de verbinding wordt uitgevoerd.<sup>2</sup> Dat gebeurt in twee aparte procedures, één voor het traject Wateringen-Zoetermeer (de “Zuidring”) en één voor het traject Zoetermeer-Beverwijk (de “Noordring”). Bij de aanleg van bovengrondse hoogspanningsverbindingen met een spanning van meer dan 220 kV en met een lengte van meer dan 15 kilometer kunnen alleen besluiten worden genomen nadat een m.e.r.-procedure is doorlopen. In zo’n procedure wordt gekeken wat bij verschillende alternatieven de effecten op het milieu zijn. Daarmee worden de effecten bedoeld op de mens en op de omgeving (natuur, landschap, etc.). Door de effecten van de verschillende alternatieven met elkaar te vergelijken, kan een zorgvuldig besluit genomen worden. Deze samenvatting betreft het milieueffectrapport dat is opgesteld voor de aanleg van de Zuidring van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Dat deel van de verbinding is ongeveer 20 kilometer lang.

### Procedure en planning

De aanleg van een nieuwe hoogspanningsverbinding moet zorgvuldig worden voorbereid en uitgevoerd. Daarbij moet onder andere rekening gehouden worden met nationale en regionale wetten en regels. Er zijn procedures om dat allemaal goed te laten verlopen. Zo is in planologische kernbeslissing (pkb) het zoekgebied voor de verbinding bepaald, en zijn uitgangspunten bepaald waaraan het besluit over het exacte tracé moet voldoen. Een uitgangspunt is bijvoorbeeld dat de verbinding in beginsel bovengronds wordt aangelegd. Andere uitgangspunten betreffen de landschappelijke inpassing: zoveel mogelijk combineren met bestaande 150 kV verbindingen en bundelen met bovenregionale infrastructuur. Het besluit waarin het tracé en de manier waarop de hoogspanningsverbinding wordt uitgevoerd, worden vastgelegd, heet een rijksinpassingsplan. Zo’n plan is qua aard vergelijkbaar met een bestemmingsplan. Dit MER is bedoeld als hulpmiddel om milieuaspecten te laten meewegen in de besluitvorming over het rijksinpassingsplan. Het ontwerp van het rijksinpassingsplan, het MER en de ontwerpen van de daarbij behorende uitvoeringsbesluiten worden vanaf oktober 2008 ter inzage gelegd. Daarop kan gedurende zes weken worden ingesproken. In februari 2009 volgt het besluit, waarna zes weken de mogelijkheid voor beroep openstaat. Alles is erop gericht dat de Zuidring rond het einde van 2010 gereed is.

### Werkwijze milieueffectbeoordeling

De m.e.r.-procedure is begonnen met de startnotitie en de naar aanleiding daarvan opgestelde richtlijnen. Daarin staat aangegeven welke onderzoeken precies moeten worden uitgevoerd en welke alternatieven tegen elkaar moeten worden afgewogen. In de milieueffectrapportage wordt niet alleen gekeken naar de milieueffecten in het plangebied, dus het gebied waarin de hoogspanningsverbinding is gepland, maar naar de effecten in het studiegebied. Dat gebied

---

<sup>1</sup> Concept d.d. 22 mei 2008

<sup>2</sup> Bevoegdheid op basis van de nieuwe Wro per 1 juli 2008.

kan groter zijn dan het plangebied en is voor alle deelaspecten verschillend. Zo wordt de opbouw van de bodem alleen aangetast op plekken waar wordt gegraven. Maar geluid als gevolg van bouwwerkzaamheden kan veel verder reiken.

Om de milieueffecten van de verschillende alternatieven goed te kunnen beschrijven is gebruik gemaakt van zoveel mogelijk informatie over het gebied en over de eigenschappen van de nieuwe hoogspanningsverbinding. Ook is gekeken naar hoe het gebied er op dit moment bij ligt en hoe de autonome ontwikkeling zou zijn. Dat wil zeggen: hoe de toekomstige situatie eruit zou zien als er geen nieuwe hoogspanningsverbinding zou worden gebouwd. Op basis van al die informatie zijn de alternatieven ontwikkeld en onderzocht. Daarbij is het plangebied opgedeeld in vijf deelgebieden. Per deelgebied waren in startnotitie en richtlijnen globale alternatieven opgesteld. In dit MER zijn die alternatieven per deelgebied verder uitgewerkt en beoordeeld op de volgende milieuaspecten: leefomgevingkwaliteit, landschap, natuur, ruimtelijke situatie, bodem en water. Per deelgebied is op grond van die beoordeling een effectscore en rangschikking van alternatieven gemaakt. Daarnaast is ook gekeken naar de effecten van het totale tracé. De optelsom van de beste alternatieven per deelgebied hoeft immers niet per se ook het beste alternatief voor het totale tracé te zijn. Op basis van de vergelijkingen van de alternatieven is een meest milieuvriendelijk alternatief (MMA) ontwikkeld. Dat is het alternatief dat vanuit milieuoogpunt zo gunstig mogelijk is. Daarbij is geen rekening gehouden met bijvoorbeeld nettechniek, planning en kosten. Dat soort argumenten komt aan bod bij de afweging van het voorkeurstracé.

### **Tracéalternatieven**

Zoals gezegd is het gebied Wateringen-Zoetermeer ingedeeld in vijf deelgebieden. Dat zijn de volgende gebieden:

1. Station Wateringen – Zuidwest Delft
2. Passage Delft Zuid (Abtswoudse Bos)
3. Delft – Pijnacker (Zuidpolder van Delfgauw)
4. Klapwijkse Knoop
5. Pijnacker – Zoetermeer

Per deelgebied is een aantal (drie of vier) tracéalternatieven onderzocht, waaronder steeds één ondergronds alternatief. Bij het uitwerken van de alternatieven is onder meer rekening gehouden met de volgende uitgangspunten:

- Zoveel als redelijkerwijs mogelijk is vermijden dat er gevoelige bestemmingen (woningen, scholen, crèches en kinderdagverblijven) komen te liggen binnen de magneetveldzone van de verbinding te liggen.<sup>3</sup>
- Vanwege landschappelijke effecten wordt gekozen voor een zo recht mogelijke lijn met zo min mogelijk variatie (bijvoorbeeld in masthoogte).
- Er worden geen masten en kabels geprojecteerd op plaatsen waar kabels en leidingen liggen.

Uitgaande van de alternatieven per deelgebied zijn er vier volledige (van Wateringen tot Zoetermeer) tracéalternatieven onderzocht:

- Geheel ondergronds.
- Het voorlopig voorkeursalternatief uit de startnotitie.<sup>4</sup>

---

<sup>3</sup> De magneetveldzone is de zone rondom de verbinding waar het jaargemiddeld magneetveld hoger is van 0,4 microtesla. Dit uitgangspunt is conform het daartoe opgestelde advies van de Staatssecretaris van VROM aan gemeenten en netbeheerders van september 2005.

- Een autonoom tracé, zo recht mogelijk.
- Een met stadsranden en infrastructuur gebundeld tracé.

### **Effectbeschrijving**

De effecten van een hoogspanningsverbinding op de mens en zijn omgeving zijn verschillend van aard. Ten eerste zijn er tijdelijke effecten, bijvoorbeeld door graafwerkzaamheden tijdens de aanleg. Daarnaast zijn er permanente effecten, zoals bijvoorbeeld aantasting van aardkundige waarden. Al deze effecten zijn in dit MER per alternatief in de deelgebieden en per volledig tracéalternatief onderzocht. De effectbeschrijving van landschap en cultuurhistorie en natuur voor de volledige tracéalternatieven en de optelling van effecten voor de andere milieuaspecten leiden tot een aantal kenmerken voor de volledige tracéalternatieven. Kort samengevat komen die op het volgende neer:

- Het geheel ondergrondse alternatief heeft nauwelijks impact op het gebied van landschap en cultuurhistorie. Op het gebied van natuur zijn er geen permanente effecten. Het ruimtebeslag na de aanleg van de verbinding is in dit geval uiteraard het minst groot van de verschillende alternatieven. Op het gebied van bodem en water valt op dat er over een zeer groot gebied doorsnijding plaatsvindt van archeologische waarden en aardkundige waarden. Op een groot percentage van het tracé is veel grondverzet nodig. Over het hele tracé is er kans op zetting. Bovendien is in dit geval de omvang van het gebied waarin opbarstgevaar bestaat, verreweg het grootst. Er liggen acht gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone van het geheel ondergrondse alternatief.
- Op het gebied van landschap en cultuurhistorie ontbeert het voorlopig voorkeursalternatief uit de startnotitie een duidelijk bovenregionaal karakter. Op het gebied van natuur zijn er effecten te verwachten op weidevogels, niet-broedvogels, vogeltrek en lepelaar. De gunstige staat van instandhouding komt echter niet in het geding. Het ruimtebeslag is, op het ondergrondse alternatief na, vergeleken met de andere alternatieven het kleinst. Doorsnijding archeologische waarden ligt uiteraard veel minder hoog dan bij het ondergrondse alternatief, maar iets hoger dan bij de andere twee alternatieven. Er is op een groot percentage van het tracé veel grondverzet nodig. Over een deel van het tracé is er kans op zetting en het terrein met opbarstgevaar is flink groter dan bij de laatste twee alternatieven. Bij het voorlopig voorkeursalternatief liggen er 21 gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone van de verbinding.
- Bij het autonoom alternatief (meest rechtdoor) is op het gebied van landschap en cultuurhistorie het verloop binnen de beperkingen van het plangebied optimaal, met een bovenregionaal karakter. De effecten op de natuur zijn het grootst voor niet-broedvogels. Er zijn ook effecten op weidevogels, vogeltrek en lepelaar, maar de gunstige staat van instandhouding komt niet in het geding. Het ruimtebeslag na de aanleg is iets groter dan bij het voorkeursalternatief. Doorsnijding archeologische en aardkundige waarden is gunstiger dan bij het voorkeursalternatief. Er is nergens veel grondverzet nodig en de kans op zetting is verwaarloosbaar. Het gebied met opbarstgevaar is relatief klein. Er liggen 45 tot 56 gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone van dit alternatief.
- Het gebundelde alternatief scoort op het gebied van landschap en cultuurhistorie minder: het zorgt voor een rommelige lijn door het landschap, bovendien is de lijn niet herkenbaar als onderdeel van nationale infrastructuur. Het alternatief heeft relatief grote effecten op weidevogels, maar met markering van bliksemraden wordt dat voorkomen. Er zijn ook effecten op niet-broedvogels, vogeltrek en lepelaar, maar de gunstige staat van instandhouding komt niet in het geding. Op het gebied van bodem en water valt op dat er

---

<sup>4</sup> Dit was het alternatief waarvan vermoed werd, op basis van de op voorhand beschikbare milieuinformatie, dat het het meest voor de hand liggende alternatief zou zijn.

relatief weinig doorsnijding plaatsvindt van archeologische waarden. De doorsnijding van aardkundige waarden ligt iets hoger dan bij het autonome alternatief, maar beduidend lager dan bij de overige twee alternatieven. Er is nergens veel grondverzet nodig en de kans op zetting is verwaarloosbaar. Het gebied met opbarstgevaar is het kleinst vergeleken met de andere alternatieven. Bij het gebundelde alternatief liggen 30 gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone.

Op basis van de effectvergelijking is het meest milieuvriendelijke alternatief bepaald. Zoals gezegd is dat het alternatief waarbij de Randstad 380 kV verbinding tussen Wateringen en Zoetermeer vanuit milieuoogpunt zo goed mogelijk kan worden aangelegd. Zowel op grond van de effecten per deelgebied als op basis van de effecten voor het volledige tracé is het ondergrondse alternatief het meest milieuvriendelijk. Dit alternatief scoort op alle milieuaspecten, behalve bodem en water, het best. Zoals gezegd hebben andere aspecten – zoals realisatietijd, kosten en nettechniek – geen rol gespeeld bij de vaststelling van het MMA. Dergelijke aspecten hebben wél meegespeeld bij de uiteindelijke keuze voor het voorkeurstracé.

### **Wat gebeurt er na het MER?**

Op basis van het MER kunnen niet alle daadwerkelijke effecten met 100% zekerheid worden voorspeld. Wanneer het tracé wordt aangelegd wordt gewerkt met nieuwere technieken en materialen, bovendien wordt het uiteindelijke alternatief nóg verder uitgewerkt. Tot aan de bouw van de hoogspanningsverbinding kan er nog steeds nieuwe informatie beschikbaar komen. Sommige informatie komt pas als de verbinding er staat. Daarom wordt in dit MER ook beschreven welke “leemten in kennis” er nog zijn en wat daarvan de eventuele gevolgen kunnen zijn bij de besluitvorming. Via een evaluatieprogramma wordt goed bijgehouden wat de effecten in de praktijk zullen zijn.

Zo is er bijvoorbeeld nog geen ervaring met het nieuwe masttype dat wordt gebruikt bij de Randstad 380 verbinding. Een belangrijk kenmerk van deze mast is dat deze een smallere magneetveldzone heeft dan de tot nu toe gebruikelijke masttypes. Wanneer de hoogspanningsverbinding in gebruik is, worden metingen gedaan van de magneetveldzone. Ook op het gebied van geluid en trillingen tijdens de aanlegwerkzaamheden zullen metingen worden verricht. Daarnaast is er een evaluatieprogramma gericht op het verzamelen van meer kennis over de (nachtelijke) vliegbewegingen van de lepelaar, met als doel het aantal vogels dat tegen de draden aanvliegt, zo beperkt mogelijk te houden.

Ministerie van Economische Zaken  
Persbericht

### **Keuze tracé hoogspanningslijn Wateringen-Zoetermeer**

Minister Maria van der Hoeven van Economische Zaken heeft in overleg met minister Cramer van Ruimte en Milieu de keuze van het tracé voor de Zuidring van de Randstad 380 kV hoogspanningsverbinding tussen Wateringen en Zoetermeer vastgesteld. De hoogspanningsverbinding bestaat behalve uit deze Zuidring van 22 km ook uit een Noordring van 65 km, die van Zoetermeer naar Beverwijk loopt. De aanleg van de Zuidring is het meest urgent en moet uiterlijk in 2011 gereed zijn om de elektriciteitsvoorziening in de regio te kunnen waarborgen. Een te late realisering van de Zuidring zou ook voor de tuinders in het Westland grote problemen opleveren met betrekking tot de mogelijkheid om via warmtekrachtkoppeling (WKK) opgewekte stroom aan het net te leveren.

Bij de keuze voor ondergrondse aanleg van het tracé spelen bijzondere omstandigheden een rol. Het kan dan gaan om trajecten waar de hoogspanningslijn te dicht bij woonwijken komt te lopen of waar de verbinding landschappelijk of ecologisch waardevolle gebieden doorsnijdt. Bij de beoordeling hiervan hebben de ministers de ingediende zienswijzen en de daarin aangedragen argumentatie naar aanleiding van de eerder gepubliceerde voorlopige tracékeuze in de startnotitie meegewogen evenals de resultaten van de voorlopige milieu-effectrapportage (MER) alsmede de inbreng in bestuurlijk overleg door provincie en gemeenten. Ook speelt een rol een nadere beoordeling door de beheerder van het hoogspanningsnet TenneT, waarin wordt geconcludeerd dat aan het over grotere afstanden ondergronds aanleggen van 380 kV netten risico's voor de netstabiliteit verbonden zijn. TenneT adviseert om die reden om niet meer dan een kwart van de hele Randstad 380 kV lijn ondergronds aan te leggen. Ook de hersteltijd van storingen wordt door ondergrondse aanleg negatief beïnvloed. Daarnaast is ondergrondse aanleg zo'n 10 miljoen euro per kilometer duurder.

Rekening houdend met de mogelijke knelpunten in de Noordring hebben de ministers ervoor gekozen in de Zuidring ongeveer 10 kilometer ondergronds aan te leggen. Naast de al in de Startnotitie voorgestelde ondergrondse aanleg in de Zuidpolder en de zogeheten Klapwijkse Knoop is er voor gekozen om ook de verbinding ten zuiden van Delft ondergronds aan te leggen. De ondergrondse verbinding vanuit de Klapwijkse Knoop wordt ten opzichte van het voorlopige voorkeurstracé uit de startnotitie met ongeveer 1 kilometer verlengd in de richting van transformatorstation Bleiswijk.

Hiermee worden de landschappelijk waardevolle gebieden Midden Delfland en Zuidpolder ontzien, net als de leefomgeving van de woonwijken van Pijnacker en Berkel Rodenrijs, aangeduid als de Klapwijkse Knoop.

De ministers hebben hun besluit over de tracékeuze in een brief aan de Tweede Kamer toegelicht. Op basis hiervan zal TenneT de aanvragen voor alle benodigde vergunningen en ontheffingen bij de verschillende bestuursorganen indienen. Ondertussen werken de ministers aan een ontwerp rijksinpassingsplan waarin de tracékeuze wordt verwerkt. Begin oktober zal dit plan samen met het definitieve Milieueffectrapport en de ontwerpvergunningen en –ontheffingen ter inzage worden gelegd. Burgers en bedrijven hebben dan nog de mogelijkheid om in te spreken op de keuze van het tracé en andere daarop betrekking hebbende ontwerpbesluiten..

**Meer informatie**

Voor meer informatie over dit onderwerp kunt u terecht bij Postbus 51, telefoon 0800-8051, e-mail: [ezinfo@postbus51.nl](mailto:ezinfo@postbus51.nl)

Voor journalisten: Jan van Diepen, persvoorlichter, telefoon (070) 379 60 73, e-mail: [J.S.vanDiepen@minez.nl](mailto:J.S.vanDiepen@minez.nl)