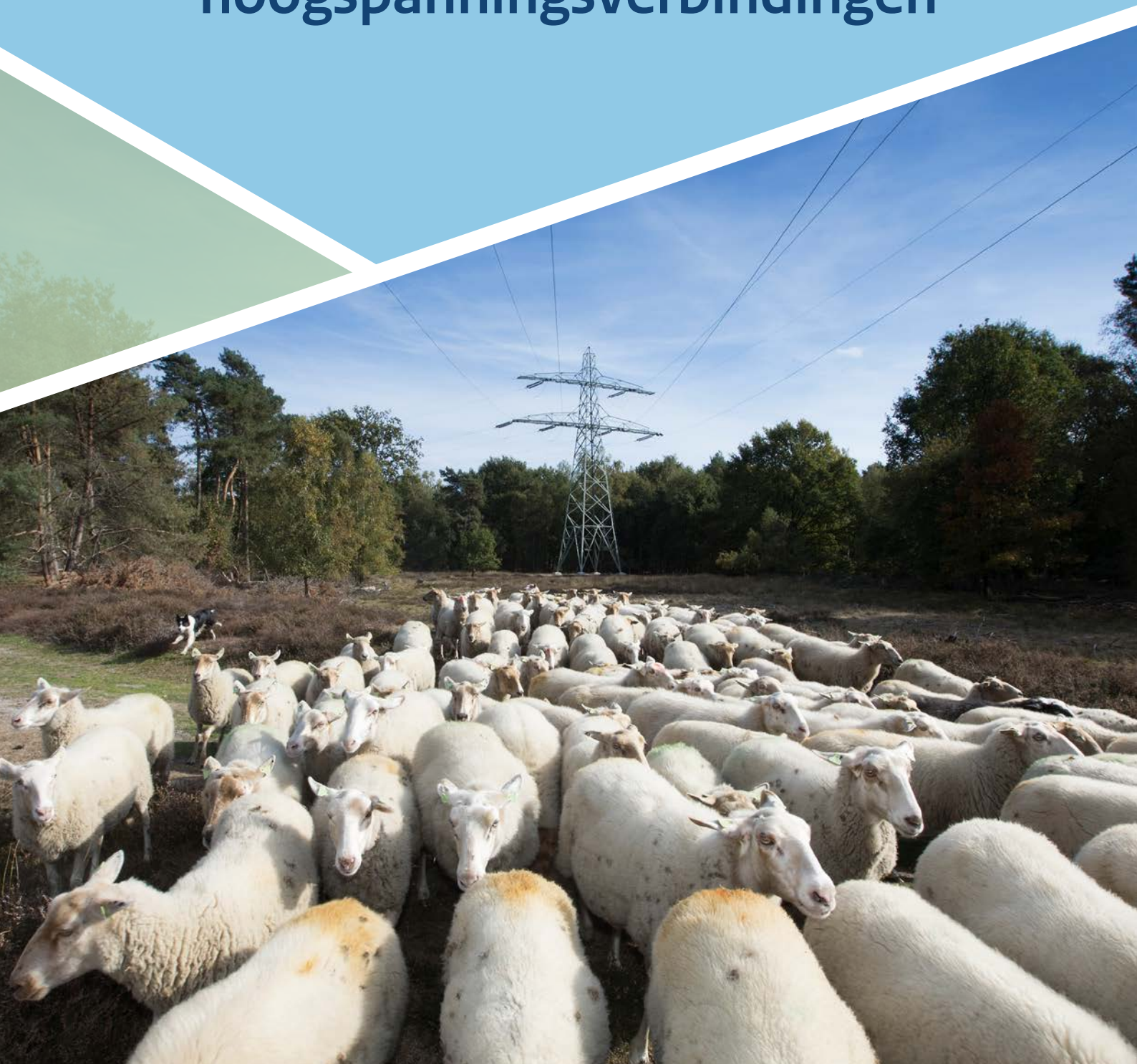




Rijksoverheid

handreiking Aanleg 220/380 kV hoogspanningsverbindingen



Inhoud

Aanleiding en leeswijzer	3
Aanleiding	3
Leeswijzer	4
1. Uitgangspunten aanleg hoogspanningsverbindingen	5
1.1 Beleidskader: inrichtingsprincipes PEH	5
2. Bovengrondse en ondergrondse aanleg	8
2.1 Waarom bovengronds bij 220 kV en 380 kV?	8
2.2 Ondergrondse aanleg 220 kV en 380 kV	11
2.3 Gelijkstroom (DC) en wisselstroom (AC)	13
2.4 110/150 kV-verbindingen	13
3. Toepassing principe ‘Bovengronds, tenzij’	15
3.1 Wanneer wordt (deels) ondergrondse aanleg onderzocht?	15
3.2 Proces en rollen bij keuze onderzoek naar ondergrondse aanleg	17
3.3 Onderzoek	21
3.4 Besluitvorming ondergrondse aanleg	21
4. Inpassing en ontwerp bovengrondse verbindingen	23
4.1 Aansluiten bij principes Nota Ruimte	23
4.2 Ruimtelijke kwaliteit	24
4.3 Standaard hoogspanningsmast: Moldaumast	25
4.4 Voorzorgbeleid magneetvelden	25
4.5 Schade en vergoedingen	26
Bijlage 1 Technische toelichting: Waarom bovengronds?	28
Colofon	32



Aanleiding en leeswijzer

Aanleiding

De komende jaren wordt het hoogspanningsnet aanzienlijk uitgebreid. Het Programma Energiehoofdstructuur (PEH)¹ bevat inrichtingsprincipes voor de ruimtelijke ontwikkeling van deze energie-infrastructuur uitbreidingen. Hierin is onder meer het inrichtingsprincipe opgenomen dat nieuwe hoogspanningsverbindingen op land met een spanning van 220 kilovolt (kV) en hoger in beginsel bovengronds en als wisselstroomverbinding worden aangelegd. Bovengrondse aanleg van een hoogspanningsverbinding heeft een zichtbare impact op de omgeving en kan (grote) inbreuk maken op landschap, natuur en leefomgeving.

In het PEH is geconstateerd dat er behoefte is aan een nadere duiding van het inrichtingsprincipe 'Bovengronds, tenzij' (pagina 34 van het [PEH](#)). Met deze handreiking wordt daar invulling aan gegeven. Ook is geconstateerd dat er eveneens behoefte is om de wijze waarop de uitgangspunten voor de aanleg van nieuwe hoogspanningsverbindingen worden toegepast, nader te duiden. Deze nadere duiding is eveneens onderdeel van deze handreiking.

¹ Definitief Programma Energiehoofdstructuur; Kamerstuk 31 239, nr. 388: <https://www.rvo.nl/onderwerpen/bureau-energieprojecten/lopende-projecten/peh>

Leeswijzer

Deze handreiking is als volgt opgebouwd:

1 Uitgangspunten aanleg hoogspanningsverbindingen

Hoofdstuk 1 gaat in op de uitgangspunten voor de ruimtelijke inpassing van hoogspanningsverbindingen. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen de verschillende spanningsniveaus (110/150/220/380 kV), gelijk- en wisselstroom en wordt het inrichtingsprincipe ‘Bovengronds, tenzij’ nader toegelicht.

2 Bovengrondse en ondergrondse aanleg

Hoofdstuk 2 beschrijft de argumenten voor het boven- of ondergronds aanleggen van hoogspanningsverbindingen en welke gevolgen dit heeft.

3 Toepassing principe ‘Bovengronds, tenzij’

Hoofdstuk 3 licht toe hoe het inrichtingsprincipe ‘Bovengronds, tenzij’ wordt toegepast in individuele projecten. Daarbij is aandacht voor situaties waarin ondergrondse aanleg mogelijk onderzocht kan worden, het proces en de verschillende rollen om tot een besluit hierover te komen en de uiteindelijke besluitvorming over ondergrondse aanleg van een deel van een verbinding.

4 Inpassing en ontwerp bovengrondse hoogspanningsverbindingen

Hoofdstuk 4 beschrijft hoe bovengrondse verbindingen worden ingepast. Met aandacht voor onder andere natuur, leefomgeving en landschap en de (financiële) mogelijkheden (collectief en individueel) in geval van mogelijke schade, of inbreuk op de leefomgevingskwaliteit.



1 Uitgangspunten aanleg hoogspanningsverbindingen

1.1 Beleidskader: inrichtingsprincipes PEH

Het PEH is een programma onder de Omgevingswet dat de ruimtelijke visie op de energie-infrastructuur van nationaal belang beschrijft. In het PEH zijn diverse inrichtingsprincipes voor de aanleg van elektriciteitsinfrastructuur opgenomen, die sturend zijn voor de gewenste ruimtelijke ontwikkeling daarvan. De inrichtingsprincipes in het PEH zijn opgesteld vanuit een totaalblik op de energie-infrastructuur en het optimaal gebruik van de ruimte voor deze energie-infrastructuur.

Deze principes gelden als leidraad voor de aanleg van energie-infrastructuur van nationaal belang. Het zal redelijkerwijs niet altijd mogelijk zijn om deze algemene principes toe te passen. Uitgangspunt blijft wel dat de inrichtingsprincipes zoveel als redelijkerwijs mogelijk worden toegepast. Onderstaande inrichtingsprincipes uit het PEH zijn van toepassing op de elektriciteitsinfrastructuur.

Bovengrondse aanleg nieuwe 220 kV-verbindingen en hoger ('Bovengronds, tenzij')

Nieuwe hoogspanningsverbindingen op land in het landelijke transportnetwerk met een spanning van 220 kV en hoger worden in beginsel bovengronds en als wisselstroomverbindingen aangelegd. Verzwaring van bestaande verbindingen heeft de voorkeur boven realisering van een nieuw tracé.

Ondergrondse aanleg nieuwe 220 kV-verbindingen en hoger

Op basis van een integrale afweging op projectniveau kan – voor zover dit uit oogpunt van leveringszekerheid verantwoord is – in bijzondere gevallen, met name voor kortere gedeelten van nieuwe hoogspanningsverbindingen met een spanning van 220 kV en hoger, ondergrondse aanleg worden overwogen.

Ondergrondse aanleg nieuwe 110/150 kV-verbindingen

Nieuwe hoogspanningsverbindingen in het landelijk transportnet met een spanning van 110/150 kV worden in beginsel ondergronds aangelegd.

Bovengrondse aanleg bij bestaande 110/150 kV-verbindingen

Bij vervanging, opwaardering of aanpassing van bestaande bovengrondse hoogspanningsverbindingen in het landelijk transportnet met een spanning van 110/150 kV geldt het principe 'bovengronds, tenzij'.

Netten op zee en aanlandingen ondergronds

Voor de netten op zee, die windparken op zee verbinden met het hoogspanningsnet op land, geldt dat deze zowel op zee als op land ondergronds zullen worden aangelegd.

Combineren en bundelen

Nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220 kV en hoger die geen onderdeel uitmaken van de landelijke ring² (zie de kaart op de volgende pagina) of de aansluiting met de omringende landen (interconnectie worden waar mogelijk en zinvol met bestaande hoogspanningsverbindingen op één mast³ gecombineerd, of gebundeld met bestaande hoogspanningsverbindingen of bovenregionale infrastructuur.

Rechtstand

Om de impact op landschap te beperken, geldt dat rechtstand in een tracé van nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen zo veel als redelijkerwijs mogelijk wordt toegepast.

² Met de 'landelijke ring' wordt de landelijke 380 kV-ring bedoeld. De landelijke 380 kV-ring betreft de 380 kV verbindingen tussen de volgende 380 kV stations, inclusief die stations zelf: Diemen-Lelystad-Ens-Zwolle-Hengelo-Doetinchem-Dodewaard-Boxmeer-Maasbracht-Eindhoven-(Tilburg-)-Geertruidenberg-Krimpen a/d IJssel-Breukelen/Kortrijk-Diemen.

³ Onder één mast in de zin van dit uitgangspunt wordt naast één groot mastlichaam waar beide hoogspanningsverbindingen (twee circuits per hoogspanningsverbinding) in hangen ook een mast verstaan die uit twee mastlichamen vlak naast elkaar bestaat waar beide hoogspanningsverbindingen in hangen. Indien deze bouwwerken om (net)technische redenen verder uit elkaar geplaatst worden, kan sprake zijn van twee afzonderlijke masten maar deze situatie wordt wel aangemerkt als combineren omdat de bestaande hoogspanningsverbinding verdwijnt.

Het Nederlandse hoogspanningsnet





2 Bovengrondse en ondergrondse aanleg

2.1 Waarom bovengronds bij 220 kV en 380 kV?

Het 220/380 kV-hoogspanningsnet vormt de ruggengraat van de nationale en internationale elektriciteitsverbindingen. Het faciliteert alle huishoudens en bedrijven in hun energieafhankelijke activiteiten. Nederland heeft een van de meest betrouwbare elektriciteitsnetten in de wereld, met een netbeschikbaarheid van 99,99993 procent (2023⁴). Een robuust hoogspanningsnet is essentieel om de energielevering ook in de toekomst betrouwbaar en betaalbaar te houden, en de transitie naar een onafhankelijk en klimaatneutraal energiesysteem mogelijk te maken.

Het 220/380 kV-net transporteert de grootste vermogens elektriciteit en heeft daarmee een cruciale rol in het hoogspanningsnet in Nederland en Noordwest-Europa. Daarom is het belangrijk om risico's op verstoring van transporten te voorkomen.

⁴ Jaarverslag TenneT (z.d.) TenneT: [Jaarverslag](#)

Het bovengronds aanleggen van 220/380 kV-verbindingen helpt bij het robuust houden van dit systeem en het verminderen/beperken van verschillende risico's:

Netstabiliteit

Ondergrondse 220/380 kV-verbindingen hebben een nadelige invloed op het 'elektrisch gedrag' van een verbinding. Compensatiemiddelen zijn nodig om de spanning (220/380 kV) en de frequentie (50 Hz) stabiel te houden en het transport van elektriciteit zo ongestoord mogelijk plaats te laten vinden. Daarbij kunnen ondergrondse kabels in sommige gevallen, zoals bij schakelhandelingen⁵ in het net, spanningsveranderingen verder versterken. Dit kan leiden tot beschadiging en/of uitval van de kabel en van onderdelen van hoogspanningsstations.

Storingen

Door steeds meer elementen aan het netwerk toe te voegen neemt ook de kans op instabiliteit en storingen toe. Dit leidt tot een afname in de betrouwbaarheid van het 220 en 380 kV-netwerk.

Hersteltijd

Storingen van ondergrondse kabels zijn lastiger op te sporen en te repareren dan bovengronds. Hierdoor kan sprake zijn van lange reparatietijden waarbij delen van het netwerk niet beschikbaar zijn.

Transportcapaciteit

Ondergrondse kabels kunnen minder stroom per mm² kabel vervoeren. De kabels van de verbindingen, ook wel geleiders, die onder de grond liggen zijn geïsoleerd met kunststof en kunnen hun warmte hierdoor minder makkelijk kwijt dan geleiders die in de lucht hangen.

Zie voor een meer gedetailleerde beschrijving van de argumenten voor bovengrondse aanleg de bijlage Technische toelichting: Waarom bovengronds?

De volgende pagina toont de infographic over de voordelen van bovengrondse aanleg 220/380 kV verbindingen.

⁵ De schakelhandelingen van TenneT zijn essentiële handelingen om het elektriciteitsnet veilig en betrouwbaar te beheren. Ze worden uitgevoerd om onderdelen van het net in en uit bedrijf te nemen, omleidingen te maken, storingen te verhelpen en onderhoudswerkzaamheden veilig mogelijk te maken.

Waarom leggen we 220/380 kV hoogspanningsverbindingen bovengronds aan?

Hoogspanningsverbindingen op land met een spanningsniveau van 220 en 380 kiloVolt worden in beginsel bovengronds aangelegd. Het Nederlandse hoogspanningsnet is een van de betrouwbaarste netten van de wereld. Het bovengronds aanbrengen van een hoogspanningsverbinding van 220 kV en hoger draagt bij aan een betrouwbaar elektriciteitsnet.



Bovengronds

✓ Netstabiliteit

Eenvoudiger ontwerp van verbinding draagt bij aan stabiliteit van het net.

✓ Storingen

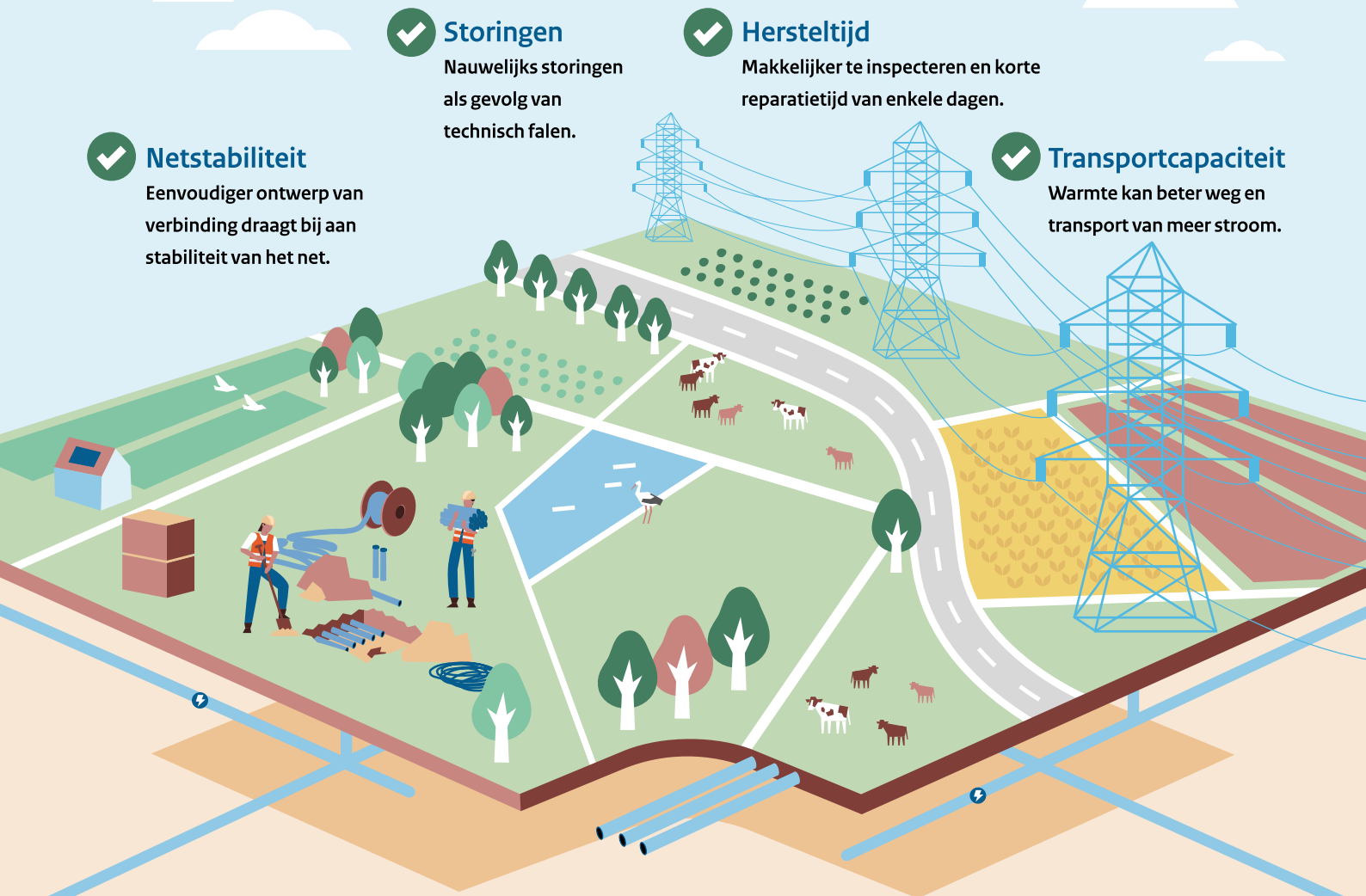
Nauwelijks storingen als gevolg van technisch falen.

✓ Hersteltijd

Makkelijker te inspecteren en korte reparatietijd van enkele dagen.

✓ Transportcapaciteit

Warmte kan beter weg en transport van meer stroom.



Ondergronds

! Netstabiliteit

Isolatielaag en toevoeging van netcomponenten vergroten afwijkingen in spanningsniveau.

! Storingen

Kabels hebben grotere faalkansen door complexe opbouw.

! Hersteltijd

Langere reparatietijd van meerdere dagen tot weken door graafwerkzaamheden en vervanging.

! Transportcapaciteit

Meerdere kabels nodig voor dezelfde hoeveelheid getransporteerde stroom.

Overige nadelen van ondergrondse kabelverbindingen:

- Er is meer civieltechnisch werk nodig om een kabel aan te leggen
- Een kabel veroorzaakt ook (milieu)effecten en (ruimtelijke) beperkingen
- Kabels zijn 2,5 tot 3 keer duurder dan een bovengrondse verbinding

2.2 Ondergrondse aanleg 220 kV en 380 kV

1 Uitzondering voor ondergrondse aanleg

Op basis van een integrale afweging op projectniveau kan – voor zover dit uit oogpunt van leveringszekerheid verantwoord is – in bijzondere gevallen, met name voor kortere gedeelten van nieuwe hoogspanningsverbindingen met een spanning van 220 kV en hoger, ondergrondse aanleg worden overwogen. Alleen in het geval van een groot ruimtelijk of (net)technisch knelpunt kan, mits het vanuit leveringszekerheid en meerkosten verantwoord is, overwogen worden netdelen van nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220 kV en hoger ondergronds aan te leggen.

2 Toepassingen in Nederland

In Nederland is op een zeer beperkt aantal locaties ondergrondse 380 kV-hoogspanningskabelverbindingen toegepast. Zo is bijvoorbeeld in totaal 20 kilometer ondergrondse kabel toegepast in het Randstad 380 kV-project, een hoogspanningsverbinding tussen Wateringen en Beverwijk. Het betreft verschillende kortere trajecten, onder het Noordzeekanaal, bij de start- en landingsbaan van Schiphol, langs woonwijken (bij Delft en Hoofddorp) en bij bijzondere natuur (Midden-Delfland). Deze projecten zijn uitgevoerd als pilot. Hierbij is uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten in het elektriciteitsnet (stabiliteit), de storingsgevoeligheid (beschikbaarheid) en onderhoudsaspecten.

Conclusie van TenneT is dat netwerken die (gedeeltelijk) ondergronds zijn aangelegd een lagere betrouwbaarheid kennen in vergelijking met netwerken die uitsluitend bovengrondse lijnen gebruiken. Dit komt voornamelijk door langere herstel- en uitvaltijden na een kabelstoring.

In het landelijk 380 kV-net zijn er momenteel zes ondergrondse delen in de volgende verbindingen toegepast⁶:

Verbinding	Afstand
Maasvlakte-Westerlee <i>kruising Nieuwe Waterweg</i>	2,1 km
Wateringen-Westerlee <i>Randstad380-zuidring</i>	10,8 km
Bleiswijk-Vijfhuizen <i>Randstad380-noordring</i>	2,0 + 3,8 + 3,0 km
Beverwijk-Vijfhuizen <i>kruising Noordzeekanaal</i>	1,0 km

3 Ruimtelijke gevolgen

Een vaak gehoord argument voor ondergrondse aanleg van hoogspanningsverbindingen is het wegnemen van de zichtbaarheid van de infrastructuur in het landschap. De gedachte is hierbij dat ondergrondse verbindingen minder ruimtelijke effecten kennen. De ervaringen met ondergrondse aanleg van 220/380 kV-verbindingen laten zien dat een ondergrondse ligging niet alle bezwaren wegneemt die gelden bij bovengrondse aanleg en ook aanmerkelijke ruimtelijke gevolgen heeft. Hieronder worden deze omschreven.

Gevolgen van ondergrondse aanleg

Het aanleggen van ondergrondse verbindingen leidt ook tot (milieu)gevolgen. Ondergrondse verbindingen bestaan uit kabels die onder de grond liggen en opstijgpunten die de ondergrondse kabels verbinden met bovengrondse lijnen (geleiders), spoelen, transformatoren of stations. De kabels kunnen middels open ontgraving of boring in de grond gelegd worden. Bij een open ontgraving wordt een sleuf gegraven waarin de hoogspanningsverbinding wordt aangelegd. Hier ontstaan tijdelijke, maar ook permanente effecten. Zo is er bijvoorbeeld tijdelijk geen (agrarisch) gebruik mogelijk en zal de aanwezige natuur en bodemopbouw (en eventueel aanwezige archeologische waarden) blijvend door het aanleggen van kabels worden verstoord. Natuurwaarden kunnen als gevolg van de werkzaamheden ook op grotere afstand (tijdelijk) worden verstoord zoals door stikstofdepositie, geluidhinder, trillingen en lichtverstoring.

⁶ Het overzicht is exclusief klantaansluitingen en offshore-aansluitingen.

Bij een boring worden de kabels middels speciale apparatuur door de grond geboord. De gevolgen van geboorde verbindingen beperken zich grotendeels tot de werkstrook rondom de boorinstallaties. Ter hoogte van de werkstroken zijn soortgelijke effecten te verwachten als bij een open ontgraving, maar de omvang van het effect is wel aanzienlijk kleiner dan bij een open ontgraving.

Gebruiksmogelijkheden boven ondergrondse kabels

Ook al zijn de ruimtelijke effecten van ondergrondse verbindingen bovengronds minder zichtbaar, zijn de gebruiksmogelijkheden van de grond boven ondergrondse kabels beperkt. Zo mogen er geen gebouwen en diep wortelende planten en bomen boven kabels staan.

Opstijgpunten en compensatiemiddelen

Om een bovengrondse verbinding ondergronds te brengen en weer bovengronds te laten komen, zijn zogeheten opstijgpunten nodig (zie afbeelding 1). Deze opstijgpunten hebben een ruimtelijke impact (ca. 45 x 70 meter) en een uitgesproken technisch karakter dat vaak sterk contrasteert met het omringende landschap, en kunnen daarmee het landschap en de belevingswaarde aantasten. Ook is er bij een deze opstijgpunten geen dubbel ruimtegebruik mogelijk.

Ook moet rekening worden gehouden met compensatiemiddelen (spoelen en filters) die nodig zijn om de nadelige gevolgen van het 'elektrisch gedrag' van kabels te compenseren. Zo is ruimte op hoogspanningsstations nodig voor plaatsing van deze componenten, en brengen deze ook hogere maatschappelijke kosten, meer geluidproductie en een grotere onderhoudsopgave voor TenneT met zich mee.

Beïnvloeding

De drukte in de ondergrond neemt steeds verder toe door de aanleg van kabels en leidingen. Hierdoor neemt de kans op beïnvloeding (effecten van de ene ondergrondse verbinding op de ander) tussen ondergrondse kabelverbindingen en andere ondergrondse infrastructuur (zoals bijvoorbeeld buisleidingen) aanzienlijk toe. Bovengrondse verbindingen ondervinden in mindere mate beïnvloeding door andere infrastructuur.



Afbeelding 1: opstijgpunt van een hoogspanningsverbinding in Delft.

2.3 Gelijkstroom (DC) en wisselstroom (AC)

1 Landelijke net/distributienetwerk

Ons elektriciteitsnet op land werkt op basis van wisselstroom. Wisselstroom is een efficiënte manier om producenten en gebruikers van elektriciteit die relatief dicht bij elkaar liggen met elkaar te verbinden. Dit wisselstroomnet is opgebouwd uit ringstructuren (vermaasd) en heeft veel aftakkingen en aansluitingen naar andere netdelen. Het hoogspanningsnet is redundant uitgevoerd, dat wil zeggen dat bij een storing op een verbinding in het wisselspanningsnet de andere verbindingen automatisch het transport van de elektriciteit overnemen, waardoor de leveringszekerheid aan de gebruikers is gewaarborgd.

Gelijkstroom is in het vermaasde net niet efficiënt en niet geschikt om op korte afstanden producenten en gebruikers met elkaar te verbinden. Bij een storing in een wisselstroomverbinding neemt de gelijkstroomverbinding niet automatisch de stroom over, dit vraagt om actieve sturing. Vanuit de betrouwbaarheid en robuustheid van het 220/380 kV-net is het daarom niet aanvaardbaar om een gelijkstroomverbinding als onderdeel van het landelijke distributienet te realiseren indien een wisselstroomverbinding mogelijk is.

Wel is gelijkstroom uitermate geschikt om grote hoeveelheden elektriciteit over lange afstanden te transporteren (honderden kilometers). Om een gelijkstroomverbinding te koppelen met een wisselspanningsnet zijn aan het begin en eind converters nodig, installaties waarmee de gelijkstroom omgezet wordt in wisselstroom en omgekeerd. Deze installaties hebben een fors ruimtebeslag (ca. 5,5 ha. per converter). In tegenstelling tot wisselstroom is een gelijkstroomverbinding eenvoudiger met een ondergrondse kabelverbinding te realiseren, hoewel hierbij de transportcapaciteit van de ondergrondse kabel een beperkende factor is.

2 Aansluiting van het net op zee

Het net op zee, waarmee de windparken op zee verbonden zijn met het landelijk hoogspanningsnet, wordt zowel op zee als op land ondergronds aangelegd. Dit net op zee heeft een andere functie dan het landelijk hoogspanningsnet: in beginsel zijn er geen gebruikers op dit net aangesloten; met dit net wordt de offshore opgewekte elektriciteit direct naar het landelijk net gebracht (zonder aftakkingen) van waaruit het verder gedistribueerd wordt. De dichtbij de kust gelegen windparken zijn met een wisselstroomaansluiting verbonden, voor de verder weg gelegen wordt gebruik gemaakt van gelijkstroomverbindingen. Bij een ondergrondse verbinding voor het net op zee wordt geen aanzienlijk risico voor de leveringszekerheid voorzien, omdat het hier een verbinding voor alleen transport van opgewekte elektriciteit betreft, dus zonder gebruikers.

2.4 110/150 kV-verbindingen

1 Nieuwe verbindingen: ondergronds, tenzij

Ondergrondse aanleg van nieuwe 110- en 150 kV-verbindingen stuit op substantieel minder technische en netstrategische bezwaren dan ondergrondse aanleg van nieuwe 220- en 380 kV-verbindingen, waardoor het effect op de betrouwbaarheid veel kleiner is⁷. Hoewel toepassing van ondergrondse kabels ook op het 110- en 150 kV-net nadelen met zich meebrengt, worden nieuwe hoogspanningsverbindingen van 110- en 150 kV in beginsel ondergronds aangelegd om de impact op het landschap en de leefomgeving te beperken.

Een uitzondering op het beginsel is in het geval er substantiële (net)technische of ruimtelijke bezwaren zijn tegen het ondergronds aanleggen van een 110/150 kV-verbinding. Voorbeelden hiervan zijn kruisingen met rivieren en infrastructuur of overige tracés in (industrie)gebieden waar in de ondergrond onvoldoende ruimte beschikbaar is voor de ongestoorde ligging van een kabelverbinding.

⁷ De issues met betrekking tot de spanningshuishouding (blindvermogen, overspanningen) verergeren met de hoogte van de spanning. De issues met betrekking tot spanningskwaliteit (asymmetrie en netvervuiling) zijn weer te relateren aan de grotere transporten over het 220/380 kV-net.

2 Bestaande verbindingen: 'Bovengronds, tenzij'

Bij wijzigingen in termen van vervanging, opwaardering of andere aanpassingen van bestaande bovengrondse verbindingen van 110/150 kV wordt uitgegaan van het principe 'Bovengronds, tenzij'. Dit heeft namelijk minder effecten op de omgeving dan bij het aanleggen van geheel nieuwe verbindingen vanwege het kleine verschil met de originele situatie.

Er is sprake van vervanging van een bestaande verbinding indien:

- het spanningsniveau ongewijzigd blijft, en;
- het begin- en eindstation van de verbinding ongewijzigd blijft, en;
- het gewijzigde tracé grotendeels het bestaande tracé volgt.

In het kader van de Wet Voortgang Energietransitie zijn verschillende 110- en 150 kV-lijndelen in woongebieden opgenomen in de verkabelingsregeling. De betreffende gemeente kan een aanvraag bij TenneT indienen voor het (onderzoeken, ontwerp of uitvoeren van het) ondergronds brengen of verplaatsen van deze lijndelen, mits dit technisch, netstrategisch en ruimtelijk mogelijk is⁸. Hierbij geldt dat een deel van de kosten (15-20 procent) voor rekening van de betreffende gemeente zijn.

⁸ Vanwege de urgentie van tal van nieuwe projecten in het kader van netcongestie, is de capaciteit voor dergelijke projecten binnen de verkabelingsregeling beperkt. Waar mogelijk voert TenneT twee dergelijke verkabelingsprojecten per jaar uit. Ook worden voor nieuwe verkabelingsprojecten reeds haalbaarheidsstudies doorlopen en voorbereidingen getroffen.



3 Toepassing principe ‘Bovengronds, tenzij’

3.1 Wanneer wordt (deels) ondergrondse aanleg onderzocht?

Uit het inrichtingsprincipe ‘Bovengronds, tenzij’ uit het PEH volgt dat op basis van een integrale afweging op projectniveau in bijzondere gevallen, met name voor kortere gedeelten van nieuwe hoogspanningsverbindingen met een spanning van 220 kV en hoger, ondergrondse aanleg kan worden overwogen. Alleen in het geval van een groot ruimtelijk of (net)technisch knelpunt kan (zie infographic op de volgende pagina), mits het vanuit leveringszekerheid en meerkosten verantwoord is, overwogen worden netdelen van nieuwe hoogspanningsverbindingen van 220 kV en hoger ondergronds aan te leggen.

Mogelijkheden voor eventuele ondergrondse aanleg dienen per project onderzocht te worden, waarbij ook de project-overstijgende systeemimpact beschouwd kan worden. Om te beoordelen of een ondergrondse kabel met een spanning van 220 kV of hoger de netintegriteit en leveringszekerheid in gevaar brengt, zijn per project elektrotechnische studies noodzakelijk.



Randvoorwaarljke criteria ondergrondse aanleg

Een ondergrondse aanleg is alleen in bijzondere gevallen te overwegen, bij knelpunten waardoor een verbinding op een bepaalde locatie bovengronds niet maakbaar of haalbaar is.

Bij onderstaande knelpunten kan onderzoek naar (deels) ondergrondse aanleg overwogen worden.

Bij alle knelpunten zal ook bovengrondse aanleg onderzocht worden.

1

Veiligheid en techniek

- Luchtveiligheid (luchthavens)
- Maritieme veiligheid (kruisingen met rivieren en grote kanalen)
- Kruisingen met spoorwegen
- Kruisingen met bestaande 220 en 380 kV-verbindingen



2

Vergunbaarheid

- Doorsnijding Natura 2000-gebieden: indien bij een bovengrondse aanleg vergunningverlening (juridisch) niet mogelijk is
- Doorsnijding UNESCO Werelderfgoed-gebieden: indien er sprake is van een aantasting van de 'outstanding universal values' (OUV's)



3

Onaanvaardbare ruimtelijke gevolgen

- Strijdigheid met functies en opgaven van (inter)nationaal belang



3.2 Proces en rollen bij keuze onderzoek naar ondergrondse aanleg

1 Projectprocedure

De minister van Klimaat en Groene Groei coördineert de besluitvorming van energieprojecten die van nationaal belang zijn middels de projectprocedure van de Omgevingswet. Deze bestaat uit de processtappen zoals hieronder schematisch weergegeven.

Verkenningfase

1 Voornemen en voorstel voor participatie

Hierin staat het plan voor het project en hoe de omgeving kan meedenken. Iedereen kan hierop reageren of oplossingen aandragen.

2 Concept Notitie Reikwijdte en Detailniveau (concept-NRD)

Dit is een onderzoeksplan waarin staat wat we onderzoeken en hoe we dit doen. Iedereen kan hierop reageren voordat dit definitief wordt. De onafhankelijke Commissie m.e.r. geeft hiervoor advies.

3 Vaststellen Notitie Reikwijdte Detailniveau (NRD)

Dit onderzoeksplan vormt de basis voor het Milieueffectrapport (MER), waarbij we kijken naar alternatieven en milieueffecten.

4 Ontwerpvoorkeursbeslissing Integrale effectenanalyse (IEA) en planMER

De meest kansrijke optie wordt voorgesteld in de ontwerpvoorkeursbeslissing en de onderzoeken liggen ter inzage. Iedereen kan hierop een zienswijze indienen. De Commissie m.e.r. geeft hiervoor advies.

5 Vaststellen voorkeursbeslissing

De ministers nemen een voorkeursbeslissing. Hierin kiezen ze de route of locatie voor het project.

Planuitwerkingsfase

6 Voorbereidingsbesluit

Het voorbereidingsbesluit reserveert de locatie, zodat er geen andere projecten kunnen plaatsvinden. Dit kan maximaal 1,5 jaar.

7 Ontwerpprojectbesluit en projectMER

Hierin staat hoe het project eruit gaat zien. Iedereen kan reageren voordat het definitief wordt. De Commissie m.e.r. geeft hiervoor advies over het MER.

8 Vaststellen projectbesluit

Het besluit over hoe het project eruit gaat zien is vastgesteld. Bij de Raad van State kan beroep worden ingediend tegen het definitieve projectbesluit en vergunningen.

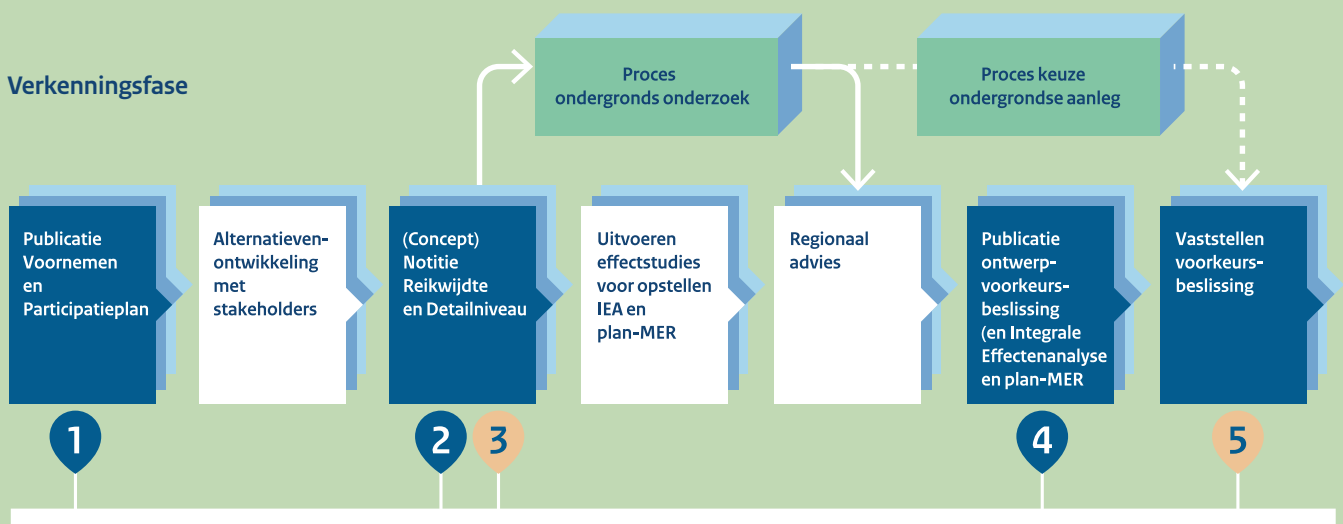


 = reageren mogelijk

2 Ondergronds onderzoek in de verkenningsfase

De keuze om een deels ondergrondse aanleg te onderzoeken vindt bij voorkeur plaats in de verkenningsfase. Aan het eind van de verkenningsfase wordt namelijk een keuze gemaakt voor één alternatief voor uitwerking in de planuitwerkingsfase. Om een goede keuze te kunnen maken is het van belang dat de uitvoerbaarheid van alternatieven voldoende kan worden aangetoond. Daarvoor moet duidelijk zijn of wezenlijke knelpunten ten aanzien van de maak- en haalbaarheid van een alternatief, al dan niet met een deels ondergrondse ligging, oplosbaar zijn.

In de Notitie Reikwijdte en Detailniveau (NRD) staan de verschillende alternatieven die moeten worden beoordeeld. In het planmilieueffectrapport (planMER) en de integrale effectenanalyse (IEA) worden de verschillende alternatieven van het voornemen onderzocht en beoordeeld. Uit deze toetsing komen mogelijke knelpunten naar voren die aanleiding kunnen geven om onderzoek te starten naar een deels ondergrondse ligging als oplossing. Als blijkt dat het betreffende knelpunt op geen enkele andere redelijke wijze oplosbaar is (bijvoorbeeld via een ander bovengronds tracé) en de ondergrondse ligging vanuit leveringszekerheid en meerkosten verantwoord is, dan kan ondergrondse ligging worden toegepast binnen het onderzochte alternatief. Dit proces ziet er binnen de verkenningsfase uit als onderstaand schema.



3 Proces keuze ondergrondse oplossingsrichting

Om te komen tot een keuze om (deels) ondergrondse aanleg te onderzoeken, worden de volgende 3 stappen genomen.

- 1. Het uitvoeren van een knelpuntenanalyse**
Samen met relevante belanghebbenden worden knelpunten⁹ bij de verschillende alternatieven in beeld gebracht.
- 2. Het onderzoeken van oplossingsrichtingen**
Het bevoegd gezag en TenneT verkennen samen oplossingsrichtingen voor de knelpunten. Indien het onzeker is of bovengrondse oplossingen haalbaar of maakbaar zijn, wordt een ondergrondse oplossingsrichting meegenomen in deze verkenning.

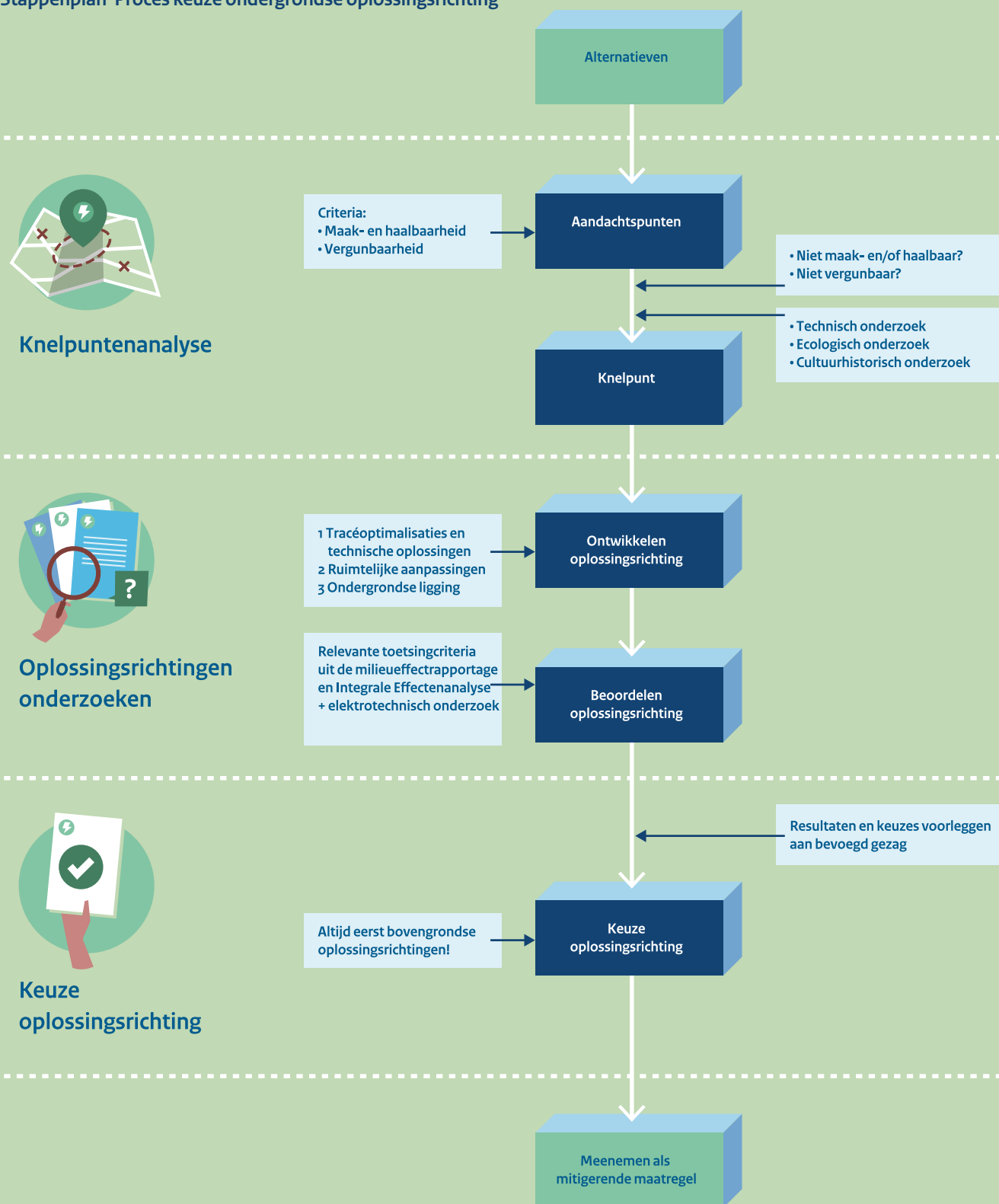
3. Keuze voor een oplossingsrichting

Op basis van de uitkomsten van het onderzoek bepalen het ministerie van KGG en TenneT, in samenspraak met relevante belanghebbenden, welke maatregel wordt toegepast om het knelpunt op te lossen. Uitgangspunt daarbij is dat indien mogelijk een bovengrondse en/of technische oplossing altijd wordt verkozen boven een ondergrondse ligging. Zie voor nadere toelichting 3.4. Besluitvorming ondergrondse aanleg.

Dit proces ziet er uit als weergegeven op de volgende pagina.

⁹ Zoals genoemd onder 3a i. Randvoorwaardelijke criteria om (deels) ondergrondse aanleg te onderzoeken.

Stappenplan 'Proces keuze ondergrondse oplossingsrichting'



4 Betrokken partijen en rollen

- *Ministerie van Klimaat en Groene Groei (KGG)*
De minister van Klimaat en Groene Groei is – in overeenstemming met de minister van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening – het bevoegd gezag voor de besluitvorming. Vanuit het ministerie van Klimaat en Groene Groei wordt de projectprocedure gecoördineerd. Het bevoegd gezag maakt ook de uiteindelijke keuze voor een alternatief (al dan niet met ondergrondse ligging).
- *TenneT*
TenneT is als beheerder van het landelijke hoogspanningsnet initiatiefnemer voor projecten. Als initiatiefnemer is TenneT verantwoordelijk voor het (laten) uitvoeren van al het onderzoek dat gedaan moet worden om te komen tot een voorkeurstracé. Hieronder vallen dus ook de onderzoeken (naar knelpunten en oplossingsrichtingen) om mogelijk te komen tot een ondergrondse oplossingsrichting.
- *Rijksdepartementen, anders dan KGG*
Andere ministeries, zoals de ministeries van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, Onderwijs Cultuur en Wetenschap, Infrastructuur en Waterstaat, Defensie en Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Milieu. Deze adviseren over knelpunten en oplossingen die gerelateerd zijn aan andere opgaven van het Rijk, zoals bijvoorbeeld Naturazooo en Werelderfgoed.
- *Regionale en lokale overheden*
Hieronder vallen gemeenten, provincies en waterschappen. Zij worden via ambtelijk en bestuurlijk overleg nauw betrokken bij het proces en vervullen een adviserende rol in het signaleren van lokale en regionale knelpunten en oplossingsrichtingen. Ook worden zij om een regionaal advies gevraagd voorafgaand aan publicatie van de (ontwerp)voorkeursbeslissing.
- *Commissie voor de milieueffectrapportage (m.e.r.)*
De Commissie m.e.r. adviseert, als onafhankelijke organisatie, over de inhoud van milieueffectrapporten. Alle adviezen van de Commissie m.e.r. zijn openbaar.
- *Overige belanghebbenden*
Naast bovengenoemde partijen kunnen er nog tal van andere belanghebbenden zijn. Denk hierbij aan omwonenden, bedrijven en maatschappelijke organisaties. Er zijn zowel formele momenten in de procedure, als informele momenten waarbij overige belanghebbenden zienswijzen en voorstellen in kunnen dienen over knelpunten en oplossingsrichtingen.

3.3 Onderzoek

1 Onderzoek oplossingsrichtingen

Zodra de oplossingsrichtingen zijn uitgewerkt, moeten deze worden getoetst. Enerzijds om te bepalen of een maatregel leidt tot het oplossen van een knelpunt en anderzijds om de (milieu)gevolgen van een maatregel in beeld te brengen. Hierbij worden oplossingsrichtingen integraal beoordeeld op effecten op milieu, omgeving, techniek, kosten en toekomstvastheid, door het bevoegd gezag, TenneT, adviesbureaus en (waar nodig) overige belanghebbenden. De diepgang van het onderzoek sluit aan op het detailniveau dat nodig is om te kunnen bepalen of een alternatief maak-, haal- en vergunbaar is. Dat betekent bijvoorbeeld dat effecten van oplossingsrichtingen voor Natura 2000-gebieden op het niveau van een passende beoordeling moeten worden uitgevoerd en voor Werelderfgoederen op het niveau van een Heritage Impact Assessment.

2 Nettechnisch onderzoek ondergrondse oplossingsrichting

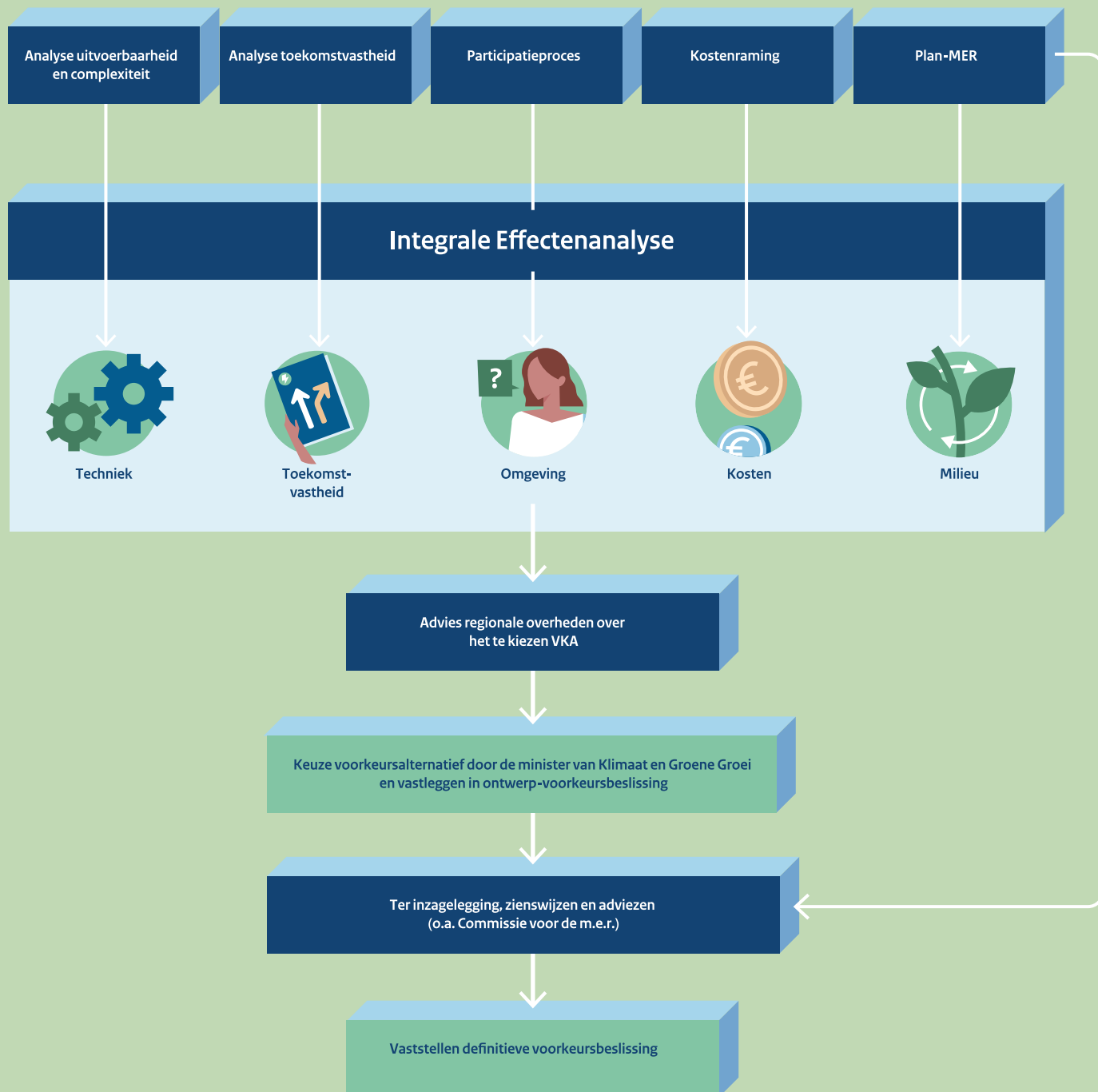
Voor eventuele ondergrondse oplossingsrichtingen dienen elektrotechnische onderzoeken te worden uitgevoerd. Om de elektrotechnische studies en analyses uit te kunnen voeren moet, al dan niet voor meerdere scenario's, bekend zijn op welke locaties (aantal en positie) een ondergrondse ligging moet worden onderzocht en wat de lengte van een ondergrondse ligging is. Het elektrotechnisch onderzoek is een complexe studie waarin meerdere gevolgen voor het hoogspanningsnet, inclusief de projectoverstijgende systeemimpact, worden onderzocht. Te denken valt daarbij aan onderzoek naar eventuele plotselinge en schadelijke pieken in spanningsniveaus bij schakelhandelingen in het hoogspanningsnetwerk en de gevolgen van kabels voor de transportcapaciteit van een verbinding en de stabiliteit van het net.

3.4 Besluitvorming ondergrondse aanleg

Op basis van het planMER en de IEA maakt de minister van KGG, in overeenstemming met de minister van VRO, een keuze voor een voorkeustracé middels publicatie van een ontwerp-voorkeursbeslissing. Indien een ondergrondse oplossingsrichting is onderzocht voor een knelpunt en is toegepast in een voorkeustracé, maakt de minister ook hierover een keuze in de voorkeursbeslissing. Voorafgaand aan de keuze vraagt de minister advies aan de regionale en lokale overheden en betrokken andere ministeries.

Na publicatie van de ontwerp-voorkeursbeslissing is het voor eenieder mogelijk zienswijzen in te dienen en wordt een toetsingsadvies van de Commissie voor de m.e.r. gevraagd. Op basis hiervan stelt de minister de voorkeursbeslissing (en daarbij een mogelijke keuze voor ondergrondse aanleg) definitief vast. Dan start de fase van planuitwerking. Een schematische afbeelding hiervan is weergegeven op de volgende pagina.

Proces keuze ondergrondse aanleg





4 Inpassing en ontwerp bovengrondse verbindingen

4.1 Aansluiten bij principes Nota Ruimte

Het realiseren van een nieuwe bovengrondse verbinding heeft gevolgen voor de ruimtelijke kenmerken en kwaliteiten van een omgeving. Bij het ontwerp van verbindingen ligt de nadruk op het beperken van nadelige gevolgen op deze kenmerken en kwaliteiten, en het realiseren van ruimtelijke kwaliteit.

Om tot een zo goed mogelijke inpassing te komen, sluit TenneT aan op de drie principes voor een rechtvaardige verdeling van de ruimte zoals dit in het voorontwerp van de Nota Ruimte (het nationaal beleid voor de ruimtelijke ordening) is opgenomen, namelijk:

- *Recht doen aan volgende generaties: niet afwentelen.*
Keuzes moeten niet zorgen voor het afschuiven naar volgende generaties of andere gebieden.
- *Recht doen aan schaarste: meervoudig ruimtegebruik.*
Waar mogelijk moeten functies slim en met kwaliteit worden gecombineerd.
- *Recht doen aan eigenheid: gebiedskenmerken centraal.*
Beschermen en benutten wat er is en toevoegen wat past bij de waarde en het karakter van het gebied.

Recht doen aan volgende generaties: niet afwentelen

Het uitgangspunt voor de aanleg en het beheer van een hoogspanningsverbindingen door TenneT, is om zo min mogelijk hinder en schade te veroorzaken. Dit uitgangspunt geldt voor zowel het ontwerp als ook voor de aanleg, het beheer en onderhoud van een verbinding.

Tijdens de realisatiefase van nieuwe hoogspanningsverbindingen werkt TenneT met een aantal protocollen en werkwijzen om hinder en schade in de omgeving te voorkomen. Zo probeert TenneT (landbouw)gronden, na werkzaamheden, altijd zo goed mogelijk in oorspronkelijke staat te herstellen. Van aannemers wordt verwacht dat zij cultuurtechnisch verantwoord te werk gaan. Mocht daar aanleiding voor zijn dan is een toezichthouder namens TenneT aanwezig om te controleren of de aannemer ook daadwerkelijk werkt zoals is voorgeschreven. Voor het beperken of voorkomen van schade aan de natuur tijdens werkzaamheden hanteert TenneT de zogeheten, internationaal gehanteerde 'mitigatieladder'. Deze mitigatieladder is een goed hulpmiddel bij het voorkomen, verminderen en uiteindelijk ombuigen van een negatief effect op natuur in een positieve bijdrage.

De verschillende stappen zijn, in de juiste volgorde:

- Schade vermijden
- Schade verminderen ('mitigatie')
- Schade herstellen
- Schade compenseren
- Meerwaarde creëren (binnen de wettelijke kaders).

Recht doen aan schaarste: meervoudig ruimtegebruik

Hoewel TenneT relatief weinig gronden in eigendom heeft (dit beperkt zich voornamelijk tot hoogspanningsstations en opstijgpunten) wordt actief gezocht naar mogelijkheden voor multifunctioneel gebruik van de beschikbare ruimte.

Ter plekke van hoogspanningsverbindingen heeft TenneT doorgaans geen gronden in eigendom. Hier combineert TenneT, in samenspraak met grondeigenaren, bestaande functies zo goed mogelijk met het transport van elektriciteit. Daarbij ligt de focus echter niet alleen op het voortzetten van huidige functies, maar ook op het zoeken naar nieuwe kansen en mogelijkheden

voor nieuwe functies of verbeteringen van bestaande functies. Denk hierbij aan omvorming van bosgebieden naar heidelandschappen of het realiseren van 'brandgangen' binnen boscomplexen om de brandveiligheid te verbeteren.

Recht doen aan eigenheid: gebiedskenmerken centraal

Bovengrondse hoogspanningsverbindingen doorsnijden vaak meerdere lokale en regionale gebieden. Gebiedskenmerken kunnen negatief worden beïnvloed door het industriële karakter van hoogspanningsverbindingen. Rekening houden met de relevante kenmerken en waarden is dan ook een belangrijke opgave van het plan- en ontwerpproces. Een belangrijk ontwerp-principe voor bovengrondse hoogspanningsverbindingen is bijvoorbeeld om eenvoudig vormgegeven lijnen te ontwerpen. Rechte lijnen van lange rijen met gelijkvormige masten met weinig afwijkingen in masttype, maatvoering, richting, hoogte, trekken minder aandacht naar zich toe en verdwijnen hierdoor snel naar de achtergrond van de waarneming. Aantasting van gebiedskenmerken kan hiermee in belangrijke mate worden beperkt.

4.2 Ruimtelijke kwaliteit

TenneT streeft ernaar om ruimtelijke kwaliteit in al haar projecten te realiseren. Hiervoor heeft TenneT een landelijke landschapsvisie ontwikkeld¹⁰ waarin ontwerpprincipes zijn uitgewerkt om een nieuwe verbinding zo goed mogelijk aan te laten sluiten op de ruimtelijke kwaliteit van het gebied.

Middels het programma Mooi Nederland is een handreiking Energienetwerken opgesteld vanuit het perspectief van ruimtelijke kwaliteit¹¹. Deze handreiking biedt inspirerende voorbeelden om energie-infrastructuur volgens ordeningsprincipes als meervoudig ruimtegebruik en lokale identiteit te ontwikkelen. Binnen de huidige procedure is ruimte om de ordeningsprincipes en aandachtspunten vanuit de handreiking mee te nemen bij het beoordelen van de te onderzoeken alternatieven.

¹⁰ TenneT (2017) Landschap en Hoogspanningsnet: visie en richtlijnen voor landschappelijke inpassing https://netztransparenz.tennet.eu/fileadmin/user_upload/Company/Publications/Corporate_Brochures/Landschapsvisie_TenneT_2017.pdf

¹¹ Ministerie van Volkshuisvesting en Ruimtelijke Ordening, programma Mooi Nederland (2024) [Handreiking Energienetwerken: Energienetwerken: ruimtelijk vormgeven energietransitie - MooiNL](#)

Het College van Rijksadviseurs (CRA) heeft daarnaast op verzoek van TenneT een advies uitgebracht over de borging van ruimtelijke kwaliteit bij de uitbreiding van het hoogspanningsnet¹². Hierin geeft het CRA onder andere het belang aan van een vroege betrokkenheid van gebiedspartners en overheden en het samenbrengen van regionale en nationale opgaven. Op basis van dit advies heeft TenneT onder andere besloten om haar Landschapsvisie te actualiseren. Dit advies wordt ook betrokken bij de eerstvolgende actualisatie van het PEH.

4.3 Standaard hoogspanningsmast: Moldaumast

In bovengenoemd advies van het CRA wordt geadviseerd om de keuze voor een standaard type hoogspanningsmast voor langere periode te bestendigen, omdat dit bijdraagt aan een rustig landschapsbeeld en consistente tracés. TenneT heeft een standaard hoogspanningsmasttype vastgesteld om de komende decennia het hoogspanningsnet uit te breiden: de Moldaumast (afbeelding 2).



Afbeelding 2: de eerste Moldaumast bij het nieuwe hoogspanningsstation in Tilburg.

Dit heeft de volgende voordelen:

- Een uniforme vormgeving van deze standaardmast draagt bij aan ruimtelijke kwaliteit, conform het advies van het CRA.
- Dankzij het gestandaardiseerde en modulaire ontwerp kan de mast efficiënter geproduceerd, getransporteerd en geïnstalleerd worden.
- Het leidt tot een kortere bouwtijd en daarmee ook een beperking van impact op de omgeving tijdens de realisatiefase.

Zo zorgt deze standaardmast voor een snellere, betaalbare en duurzamere uitbreiding van het hoogspanningsnet, met zo min mogelijk impact op landschap en leefomgeving.

4.4 Voorzorgbeleid magneetvelden

Er zijn aanwijzingen dat magneetvelden in de buurt van het elektriciteitsnet invloed kunnen hebben op de gezondheid. Vanwege mogelijke gezondheidseffecten is het voorzorgbeleid voor magneetvelden van het elektriciteitsnet ontwikkeld¹³. De netbeheerder moet daarom proportionele bronmaatregelen nemen om langdurige blootstelling van burgers aan magneetvelden zo veel als redelijkerwijs mogelijk is te voorkomen.

Bovendien wordt bij het traceren van nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbindingen zoveel mogelijk voorkomen dat gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone komen te liggen van de nieuwe verbinding. Gevoelige bestemmingen zijn woningen of andere woonvormen waar mensen langdurig verblijven, zoals verpleeghuizen, scholen, kinderdagverblijven of crèches. Soms kunnen er toch nieuwe gevoelige bestemmingen binnen de magneetveldzone van een nieuwe bovengrondse hoogspanningsverbinding terechtkomen, als dit volgt uit een integrale afweging. Dan volgt uit het voorzorgbeleid het advies te onderzoeken hoe dat aantal redelijkerwijs zo laag mogelijk gehouden kan worden.

¹² College van Rijksadviseurs (2025) Landschap onder hoogspanning: Landschap onder hoogspanning - advies aan TenneT | Publicatie | College van Rijksadviseurs

¹³ Herijkt voorzorgbeleid (z.d.) RIVM: <https://www.rivm.nl/hoogspanningslijnen/herijkt-voorzorgbeleid>

4.5 Schade en vergoedingen

Hoewel bij de aanleg van hoogspanningsverbindingen wordt gestreefd naar minimale verstoring van de omgeving, is enige impact op de leefomgeving onvermijdelijk. Er bestaan verschillende vormen van vergoeding voor eventuele impact.

1 Grondgebruik TenneT

Planuitwerking

Na de keuze voor een tracé volgt de planuitwerking. Hierin worden onderzoeken gedaan die TenneT nodig heeft voor het bepalen van een definitief tracé en aanvragen van vergunningen. Een deel van deze onderzoeken zijn zogenoemde bureaustudies, maar het is ook nodig om op de locatie van het voorgenomen tracé veld- en bodemonderzoeken uit te voeren. Denk hierbij aan onderzoeken op het gebied van archeologie, flora en fauna, bodem en water.

Voordat TenneT deze veld- en bodemonderzoeken uit kan voeren, heeft TenneT toestemming nodig om het land te mogen betreden. Een rentmeester van TenneT treedt in gesprek met de grondeigenaar om hier afspraken over te maken en een vergoeding te bespreken. Dit wordt vastgelegd in een betredingstoestemming. Gebruikt iemand anders de grond, dan gaat de rentmeester ook met de gebruiker in gesprek. Ontstaat er tijdens het uitvoeren van de veld- en bodemonderzoeken schade veroorzaakt door TenneT, dan wordt deze vergoed.

Opstalrecht

Het tracé wordt in het projectbesluit definitief vastgesteld. Dit betekent echter niet dat de verbinding zomaar aangelegd mag worden. Hierover maakt de rentmeester van TenneT afspraken met de grondeigenaar. Omdat een verbinding voor lange tijd op of in deze grond aanwezig zal zijn, wordt een overeenkomst in de vorm van een opstalrecht gevestigd. Op basis van deze overeenkomst krijgt TenneT voor onbepaalde tijd het recht om de verbinding te mogen hebben en houden op de grond. De vergoeding hiervoor en andere plichten van TenneT worden ook opgenomen in deze overeenkomst. Nadat de overeenkomst is ondertekend door de grondeigenaar en TenneT wordt deze vastgelegd in een notariële akte en ingeschreven in de openbare registers van het kadaster.

Gebruikt ook iemand anders de grond, dan gaat de rentmeester ook met de gebruiker in gesprek en maakt hierover afspraken. Deze afspraken worden vastgelegd in een gebruiksovereenkomst.

GedooGPLicht bij geschillen

TenneT doet er alles aan om er met grondeigenaren minnelijk uit te komen en de afspraken goed vast te leggen in overeenkomsten. Het kan echter voorkomen dat het niet lukt om het eens te worden en overeenstemming te bereiken. In dat geval wordt gekeken naar het maatschappelijk belang van de aanleg van de hoogspanningsverbinding. Dit belang wordt afgewogen tegen het belang van de grondeigenaar om de aanleg van een hoogspanningsverbinding te weigeren. Indien daarbij geoordeeld wordt dat het belang van de hoogspanningsverbinding zwaarder weegt dan het belang van de grondeigenaar, dan moet de grondeigenaar gedogen dat de werkzaamheden toch worden uitgevoerd en de verbinding wordt aangelegd.

Als geen overeenkomst afgesloten wordt voor de aanleg van de verbinding, kan TenneT een gedoogverzoek indienen bij de minister van Infrastructuur en Waterstaat. Wanneer aan een grondeigenaar een gedoogbeschikking wordt opgelegd, kan deze zijn of haar bezwaar tegen dit besluit binnen zes weken bij de minister kenbaar maken. Indien de grondeigenaar het niet eens is met het besluit van de minister, staat hiertegen beroep open bij de Raad van State.

Realisatiefase

Het uitgangspunt bij de aanleg en het beheer van hoogspanningsverbindingen is om zo min mogelijk hinder en schade te veroorzaken. Mocht er toch schade optreden dan probeert TenneT deze zo goed mogelijk te herstellen en indien dat niet kan, ontvangt een grondeigenaar een schadevergoeding¹⁴.

2 Nadeelcompensatie: schade bij rechtmatig overheidsoptreden

Een ruimtelijk besluit kan ertoe leiden dat voor een omwonende of nabijgelegen bedrijven schade optreedt. Nadat de minister van KGG, in overeenstemming met de minister van VRO, het projectbesluit heeft vastgesteld en dit in werking is getreden, kan een aanvraag tot nadeelcompensatie worden gedaan. Nadeelcompensatie is een regeling voor schadevergoeding voor

¹⁴ TenneT heeft hiervoor een schade- en vergoedingengids opgesteld. Zie ook: TenneT (2022) Schade- & Vergoedingengids: [Schade- en vergoedingengids.pdf](#)

rechtmatig overheidsoptreden. Het gaat over schade boven het normale maatschappelijke risico en het bedrijfsrisico die iemand onevenredig zwaar treft. Het kan dan gaan om directe schade, doordat bestaande rechten van de eigenaar worden ingeperkt of indirecte schade die wordt veroorzaakt door activiteiten in de omgeving.

Voordat het projectbesluit daadwerkelijk wordt genomen, kan ook al sprake zijn van schade. Het beleidsvoornemen of de voorbereiding van een besluit kan al een schaduw werpen en bijvoorbeeld al een waardevermindering van een onroerend goed in gang zetten. Voor deze schade is geen wettelijke regeling en de schade komt dus niet voor vergoeding in aanmerking. Het proces is ingericht om met behoud van de vereiste zorgvuldigheid zo snel mogelijk te trechteren tot een concreet tracé en plan-uitwerking. Daarmee wordt het effect van schaduw schade zo beperkt mogelijk gehouden.

3 Uitkoopmogelijkheid omwonenden nieuwe 220 kV en 380 kV verbindingen

De Minister van Klimaat en Groene Groei heeft in een brief aan de Tweede Kamer aangegeven dat woningeigenaren die niet in de nabijheid van een nieuwe extra hoogspanningsverbinding (220/380 kV) willen wonen, een aanbod krijgen om hun (bedrijfs) woning aan TenneT te verkopen tegen de actuele marktprijs¹⁵. TenneT verkoopt deze woningen vervolgens aan mensen die wel in de nabijheid van een hoogspanningsverbinding willen wonen. Huurders ontvangen een verhuiskostenvergoeding van TenneT als zij besluiten te verhuizen. Dit beleid draagt bij aan het verminderen van de zorgen en weerstand van omwonenden van een nieuwe hoogspanningsverbinding. Momenteel wordt hiervoor een convenant tussen de Rijksoverheid en TenneT opgesteld, waarin de nadere voorwaarden worden beschreven en afspraken worden vastgelegd. Naar verwachting wordt dit convenant in het derde kwartaal van 2025 ondertekend.

4 Gebiedsinvesteringen extra hoogspanningsinfrastructuur

De Minister van Klimaat en Groene Groei heeft in dezelfde brief aangekondigd gebiedsinvesteringen voor extra hoogspanningsinfrastructuur beschikbaar te stellen. De komende vijf jaar staat een hoge piek aan uitbreiding van het nationale hoog-

spanningsnet (220/380 kV) gepland. De projecten dienen een (inter)nationaal belang maar hebben lokaal vaak veel impact op de leefkwaliteit. In circa 30 gebieden waar de komende jaren bovengrondse hoogspanningslijnen worden gebouwd en veel nationale hoogspanningsinfrastructuur bij elkaar komt stelt het kabinet daarom de komende vijf jaar € 197 miljoen beschikbaar. Gemeenten kunnen dit vervolgens naar eigen inzicht besteden aan de verbetering van de omgevingskwaliteit van een gebied met hoogspanningsinfrastructuur.

Het gaat om vergoedingen voor nieuwe hoogspanningsstations, uitbreidingen van bestaande stations en nieuwe hoogspanningsverbindingen. De gebiedsinvesteringen worden verdeeld naar rato van de nu voorziene hoeveelheid bovengrondse nationale hoogspanningsinfrastructuur in een gebied. Gebieden die al in aanmerking komen voor de gebiedsinvesteringen van Netten op Zee zijn uitgesloten van de vergoeding voor hoogspanningsstations. Netuitbreidingsprojecten op industrie- en bedrijven-terreinen komen in beginsel ook niet in aanmerking voor gebiedsinvesteringen. De middelen worden overgemaakt aan de betreffende gemeenten waar het project zich bevindt. In 2025 wordt de regeling verder uitgewerkt in overleg met VNG en IPO. De verwachting is dat de regeling in 2026 in werking treedt en de eerste middelen kunnen worden overgemaakt.

¹⁵ Kamerbrief Pakket voor Groene Groei voor een weerbaar energiesysteem en een toekomstbestendige industrie; Kamerstuk 33 043, nr. 114: [Kamerbrief Pakket voor Groene Groei voor een weerbaar energiesysteem en een toekomstbestendige industrie | Kamerstuk | Rijksoverheid.nl](#)

Bijlage 1 Technische toelichting: Waarom bovengronds?

Op de spanningsniveaus van 220 en 380 kV leveren ondergrondse kabelverbindingen (hierna 'kabels') aanzienlijke problemen op waardoor verbindingen op deze spanningsniveaus in beginsel bovengronds worden aangelegd. Hieronder worden de achterliggende redenen van dit uitgangspunt nader toegelicht.

Daarbij gaan we in op de volgende kenmerken van kabels:

Netstabiliteit	Kabels beïnvloeden het systeemgedrag en stabiliteit van het net negatief en kunnen leiden tot schadelijke overspanningen
Storingen	Kabels hebben grotere faalkansen
Hersteltijd	De hersteltijd bij storingen van kabels is langer
Transportcapaciteit	Kabels hebben een lagere stroom-belastbaarheid bij toepassing van maximaal 2 kabels per fase

Netstabiliteit: Kabels beïnvloeden het systeemgedrag en stabiliteit van het net negatief en kunnen leiden tot schadelijke overspanningen

Kabels hebben een dikke kunststof isolatielaag die invloed heeft op het 'elektrisch gedrag' van een verbinding. Deze isolatielaag zorgt voor extra verliezen; er is namelijk extra stroom nodig om de kabel op spanning te houden, het zogenoemde blindvermogen. De productie van blindvermogen zorgt voor een spanningsverhoging. TenneT heeft als (wettelijke) kerntaak om het transport van elektriciteit zo ongestoord mogelijk plaats te laten vinden. Afwijkingen in de hoogte van de operationele spanning moeten worden voorkomen. Om de productie van blindvermogen door een kabel te compenseren zijn compensatiemiddelen (spoelen) nodig die op hoogspanningsstations geplaatst worden. Op systeemniveau werken de kabels en hun compensatiemiddelen in op het net en kunnen leiden tot afwijkingen in spannings- en frequentiegedrag. Deze afwijkingen kunnen weliswaar weer worden gecompenseerd of beter gezegd gestabiliseerd (middels filters), maar daarmee worden weer nieuwe elementen toegevoegd, die op hun beurt weer invloed uitoefenen op het netsysteem. Al deze extra elementen, die nodig zijn bij het toevoegen van (meer) ondergrondse kabels in het landelijk netwerk, maken dat het steeds lastiger wordt om de spanning (220/380 kV) en de frequentie (50 Hz) stabiel

te houden. De nadelige gevolgen van blindvermogen spelen ook een rol bij lagere spanningsniveaus, maar in mindere mate. De effecten zijn namelijk kwadratisch afhankelijk van het spanningsniveau.

In sommige gevallen, zoals bij schakelhandelingen in het net, kunnen er snelle spanningsveranderingen ontstaan. Kabels kunnen in dergelijke situaties spanningsveranderingen verder versterken als gevolg van resonantie. Resonantie is een verschijnsel dat in het net kan leiden tot overspanningen (spanning gaat omhoog). Die overspanningen kunnen beschadiging en/of uitval van de kabel en van netcomponenten op stations tot gevolg hebben en kunnen zo uiteindelijk tot een stroomstoring leiden. Dit risico geldt overigens ook voor de lagere spanningsniveaus. Ook hier geldt echter dat deze risico's toenemen met een stijgend spanningsniveau van een verbinding.

Storingen: Kabels hebben grotere faalkansen

Storingen vinden zowel bij boven- als ondergrondse verbindingen plaats. Transport van elektriciteit vindt plaats door de zogenaamde geleiders. Dit zijn de 'lijnen' die hangen in hoogspanningsmasten of de 'kabels' die in de grond liggen. In een bovengrondse verbinding hangen de geleiders open en bloot in de lucht. De (relatieve) eenvoud van een bovengrondse verbinding maakt ook dat er nauwelijks storingen optreden als gevolg van technisch falen. Als een storing optreedt heeft dat meestal een externe oorzaak, denk aan achterstallig onderhoud (snoeien) van bomen waardoor een tak te dicht bij een geleider onder spanning komt. Het systeem is zo gemaakt dat terwijl de geleider geraakt wordt, de verbinding heel kort wordt uit- en weer ingeschakeld, waardoor uiteindelijk de levering niet onderbroken wordt. De kans dat een bovengrondse verbinding als gevolg van technisch falen of een externe storingsoorzaak permanent uitvalt is hierdoor zeer klein.

Ondergrondse kabelverbindingen zijn complexer van aard door hun opbouw (bestaande uit de kabel, eindsluitingen, moffen, compensatiemiddelen en aardingsvoorzieningen). Daardoor zijn ze in vergelijking met bovengrondse verbindingen gevoeliger voor storingen als gevolg van technisch falen. Hoewel door technologische ontwikkelingen kabels wel betrouwbaarder worden, blijven met name de eindsluitingen van kabel-

verbindingen (de overgang van kabelisolatie naar de open lucht) gevoelig voor storingen, deze overgang is lastig te beheersen bij hoge spanningen. Vooralsnog blijft het verschil in betrouwbaarheid tussen een ondergrondse kabel en bovengrondse lijn relatief groot. Naast technische aspecten kunnen storingen bij ondergrondse verbindingen ook ontstaan door factoren zoals graafwerkzaamheden of werking van de bodem. Hoewel dit soort storingen beperkt voorkomen zijn de gevolgen meestal groot. Dat komt doordat kabels in de grond geïsoleerd moeten worden door een (kunststof) mantel. Schade aan de mantel leidt meestal tot kortsluiting en definitieve uitschakeling van de betreffende verbinding. De kans dat een ondergrondse verbinding als gevolg van een storing en/of externe factoren uitvalt is hierdoor groter dan bij een bovengrondse verbinding.

De beschreven risico's gelden ook voor kabels van een lager spanningsniveau. De gevolgen van het uitvallen van een verbinding van een lager spanningsniveau zijn echter aanzienlijk kleiner dan van het uitvallen van een 220/380 kV-verbinding. Via een 220/380 kV-verbinding worden veel grotere vermogens getransporteerd en wordt een groter gebied voorzien dan een 110/150 kV-verbinding.

Hersteltijd: De hersteltijd bij storingen van kabels is langer

Zodra een storing optreedt is dit bij een ondergrondse kabel minder eenvoudig op te lossen dan bij een bovengrondse lijn. In een bovengrondse verbinding zijn storingen vaak eenvoudig en snel op te sporen en zijn reparaties relatief eenvoudig uit te voeren. Dat geldt niet voor verbindingen die ondergronds liggen. Hier moeten storingen eerst gelokaliseerd worden en zijn reparaties lastiger uit te voeren. Dit komt bijvoorbeeld doordat er eerst graafwerkzaamheden moeten worden uitgevoerd voordat een defect kan worden opgespoord en opgelost. Kabelreparatie leidt eigenlijk altijd tot vervanging, dus een nieuw stuk kabel of een nieuwe eindaansluiting. Dergelijke werkzaamheden zijn ingewikkeld en kosten doorgaans veel tijd. In geval een kabel in een HDD-boring (Horizontal Directional Drilling) ligt, zijn de werkzaamheden vaak nog complexer. In de meeste gevallen moet de kabel dan in zijn geheel worden vervangen. Herstelwerkzaamheden kunnen hierdoor voor ondergrondse

verbindingen meerdere dagen tot enkele weken in beslag nemen terwijl dit voor bovengrondse verbindingen vaak in één tot enkele dagen uitgevoerd kan worden.

In Nederland is het landelijk netwerk redundant uitgevoerd¹⁶. Dat betekent dat een storing of defect van een kabel of lijn niet tot stroomuitval zal leiden. Wel zorgt de storing of het defect voor een tijdelijk meer kwetsbare situatie in het net. Andere storingen kunnen nu mogelijk minder eenvoudig worden opgevangen. In het geval ook andere kabels of lijnen in dezelfde verbinding een storing vertonen of defect raken kunnen de gevolgen ernstiger zijn en tot stroomuitval leiden. Ook hier zijn de gevolgen van een dergelijke situatie in een 220/380 kV-hoogspanningsverbinding, vanwege het belang van een 220/380 kV-verbinding, ernstiger dan in een 110/150 kV-hoogspanningsverbinding.

Transportcapaciteit: Kabels hebben een lagere stroombelastbaarheid

In geleiders waar stroom doorheen loopt treden verliezen op. Dit uit zich in de vorm van warmte. Als de warmteontwikkeling te groot is kunnen lijnen of kabels falen. Het is daarom belangrijk dat de warmteontwikkeling binnen de grenzen blijft van wat toelaatbaar is. De maximale belasting van de geleiders wordt hierop afgestemd.

Het grote voordeel van geleiders die in masten hangen is dat deze door de lucht worden geïsoleerd en gekoeld. Koeling door langsstromende lucht (wind) is over het algemeen een zeer effectieve manier van koelen. Geleiders die onder de grond liggen moeten elektrisch geïsoleerd worden van de omringende grond. Daarom zijn deze geleiders 'ingepakt' met een isolatiemateriaal van kunststof, een metaalmantel en een mechanische kunststof bescherming aan de buitenkant van de kabel. Deze kabels kunnen hierdoor hun warmte minder makkelijk kwijt dan geleiders die in de lucht hangen. Het gevolg is dat kabels minder stroom per mm² kunnen voeren. Om dezelfde transportcapaciteit te verkrijgen als een bovengrondse 220/380 kV-verbinding (4000 A continu) zijn meerdere parallelle kabels per fase nodig, uiteindelijk meer dan op basis van een risicoafweging acceptabel is.

¹⁶ In het 220/380 kV-net zijn alle verbindingen minimaal met twee circuits uitgevoerd en nemen elkaars transport ononderbroken over bij uitval van een van de circuits. Door de ringstructuren in het 220/380 kV-net kan het transport ook via andere wegen plaatsvinden.

Op spanningsniveaus van 110/150 kV kan in veel gevallen de vereiste lokale transportcapaciteit met één kabel per fase gehaald worden, waarbij de warmteontwikkeling van de kabels binnen de toelaatbare grenzen gehouden kan worden. Hierdoor zijn de verschillen in transportcapaciteit tussen een boven- en ondergrondse verbinding op deze spanningsniveaus beperkt.

Kabels hebben ook andere nadelen

Naast de hier voorafgaand beschreven redenen zijn er ook andere nadelen aan het gebruik van kabels, namelijk;

- Er is meer civieltechnisch werk nodig om een kabel aan te leggen;
- Een kabel veroorzaakt ook (milieu)effecten en (ruimtelijke) beperkingen;
- Kabels zijn duurder dan een bovengrondse verbinding.

Deze nadelen vormen geen directe aanleiding om verbindingen bovengronds te houden maar zijn wel van belang om het volledige beeld te kunnen schetsen van de gevolgen van het toepassen van een kabel in een verbinding. In het hiernavolgende worden de nadelen verder toegelicht.

Er is meer civieltechnisch werk nodig om een kabel aan te leggen

Voor het aanleggen van een kabel zijn meer werkzaamheden nodig dan voor het realiseren van een bovengrondse verbinding. De werkstrook die nodig is om 220/380 kV-kabels in de bodem aan te leggen, bedraagt minimaal 40 meter bij open ontgraving. Bij gestuurde boringen kan dit een werkstrook betreffen van 65 meter doordat de kabels in een afzonderlijke mantelbuis geïnstalleerd worden. De mantelbuizen worden middels een gestuurde boring aangelegd waarbij een onderlinge civiel-technische afstand nodig is van circa 5 meter.

Voor een bovengrondse verbinding concentreren de werkzaamheden zich met name tot de bouw van de masten en het trekken van lijnen in de masten. De mastvoeten hebben een beperkt ruimtebeslag (15 x 15 m) en staan op ongeveer 400 meter afstand van elkaar. De werkzaamheden beperken zich hierdoor tot een relatief klein werkterrein (25 x 25 m) per mastlocatie en

de toegangswegen (enkele tientallen tot honderden meters) naar de mast toe. Daarnaast worden speciale machines gebruikt voor het trekken van de lijnen in de masten. Deze worden opgesteld nabij iedere hoekmast (locaties waar een knik in de lijn ontstaat) en bij grote rechtstanden op circa 5 km afstand van elkaar nabij ieder afspanmast.

Een ondergrondse verbinding veroorzaakt ook (milieu)effecten en (ruimtelijke) beperkingen

Ondergrondse verbindingen worden vaak als oplossing beschouwd om nadelige milieu- en ruimtegevolgen van een bovengrondse verbinding op te lossen. Te denken valt daarbij aan het voorkomen van draadslachtoffers (vogels) en aantasting van de unieke kenmerken en waarden van UNESCO Werelderfgoederen. Maar het meest gehoorde argument om voor een ondergrondse ligging te kiezen is het voorkomen van de aantasting van de belevingswaarde van het landschap door bovengrondse verbindingen.

Toch lost een ondergrondse ligging niet alles op. Het aanleggen van ondergrondse verbindingen leidt namelijk ook tot (milieu) gevolgen. Dat is zeker het geval bij een open ontgraving waarbij een brede sleuf door het landschap wordt gegraven om de kabels aan te kunnen leggen. Hier ontstaan tijdelijke maar ook permanente effecten, bijvoorbeeld voor aanwezige gebruiksfuncties, bodem, natuur, archeologie en landschap. Zo zal de bodemopbouw (en eventueel aanwezige archeologische waarden) door het aanleggen van kabels worden verstoord en is er tijdelijk geen (agrarisch) gebruik mogelijk. Bovendien worden er beperkingen opgelegd aan de gebruiksmogelijkheden boven kabels. Zo mogen er geen gebouwen en diep wortelende planten en bomen boven kabels staan. Bomen die door de aanleg zijn verwijderd kunnen hierdoor vaak niet teruggeplaatst worden. Dit kan leiden tot een permanente aantasting van onder andere gebruiksmogelijkheden, natuur en landschappelijke waarden. Natuurwaarden kunnen als gevolg van de werkzaamheden ook op grotere afstand (tijdelijk) worden verstoord zoals door stikstofdepositie, geluidhinder, trillingen en lichtverstoring. Tot slot kan het landschap en de belevingswaarde ook worden aangetast door de aansluitingen tussen ondergrondse kabels en bovengrondse lijnen. Hier moeten zogenaamde 'opstijppunten'

worden gecreëerd, deze opstijpunten (ca. 45 x 70 meter) hebben een uitgesproken technisch karakter dat vaak sterk contrasteert met het omringende landschap.

Ondergrondse verbindingen kunnen echter ook worden geboord. De gevolgen van geboorde verbindingen beperken zich grotendeels tot de werkstrook rondom de boorinstallaties. De maximale lengte van boringen bedraagt momenteel circa 1,2 km. De werkstroken liggen hierdoor op ruime afstand van elkaar. Ter hoogte van de werkstroken zijn soortgelijke effecten te verwachten als bij een open ontgraving maar de omvang van het effect is wel aanzienlijk kleiner dan bij een open ontgraving. Geboorde oplossingen hebben hierdoor een relatief beperkte impact op de omgeving en het milieu. Toch vormt deze oplossing niet direct de voorkeur. Dat komt omdat eventuele herstelmaatregelen bij geboorde verbindingen vaak lastig uit te voeren zijn. Het uitgangspunt is dan ook dat kabels middels een open ontgraving worden aangelegd.

Tot slot moet rekening worden gehouden met compensatiemiddelen die nodig zijn om de nadelige gevolgen van het 'elektrisch gedrag' van kabels te compenseren. Zo is ruimte nodig voor de plaatsing van extra blindstroomcompensatiemiddelen (spoelen). Er zijn schakelvelden nodig op de stations en opstelruimte voor de componenten. Daarnaast leggen spoelen een beslag op een deel van de beschikbare geluidsruimte en vragen extra inspanning m.b.t. beheer en onderhoud.

Kabels zijn duurder dan een bovengrondse verbinding

Het aanleggen van kabels is duurder dan van een bovengrondse verbinding. Technologische ontwikkelingen zorgen er weliswaar voor dat de kosten van de aanleg van kabels steeds lager worden maar vooralsnog is er nog een duidelijk verschil. Een ondergrondse 220/380 kV-hoogspanningsverbinding is bij een 'standaard' aanleg op land (zonder kruisingen met water bijvoorbeeld) nu nog twee tot drie keer zo duur als een vergelijkbare bovengrondse lijnverbinding. Deze kosten worden doorberekend in de transporttarieven en die ziet iedereen terug op de elektriciteitsrekening. Er is een maatschappelijk belang om deze kosten zo beperkt mogelijk te houden.

Colofon

Dit is een uitgave van

Ministerie van Klimaat en Groene Groei

Vormgeving en infographics

Things To Make And Do

Fotografie

Evert van Moort

Chris Pennarts

Riesjard Schropp

TenneT

Kaart

Generation Energy

Juli 2025