

# Rijkswaterstaat

## Wegverbreding A27 Overzicht methoden 'bouwen in de folieconstructie'



## Wegverbreding A27 Overzicht methoden 'bouwen in de folieconstructie'

referentie	status	datum
RW2007-1	definitief	6 november 2015

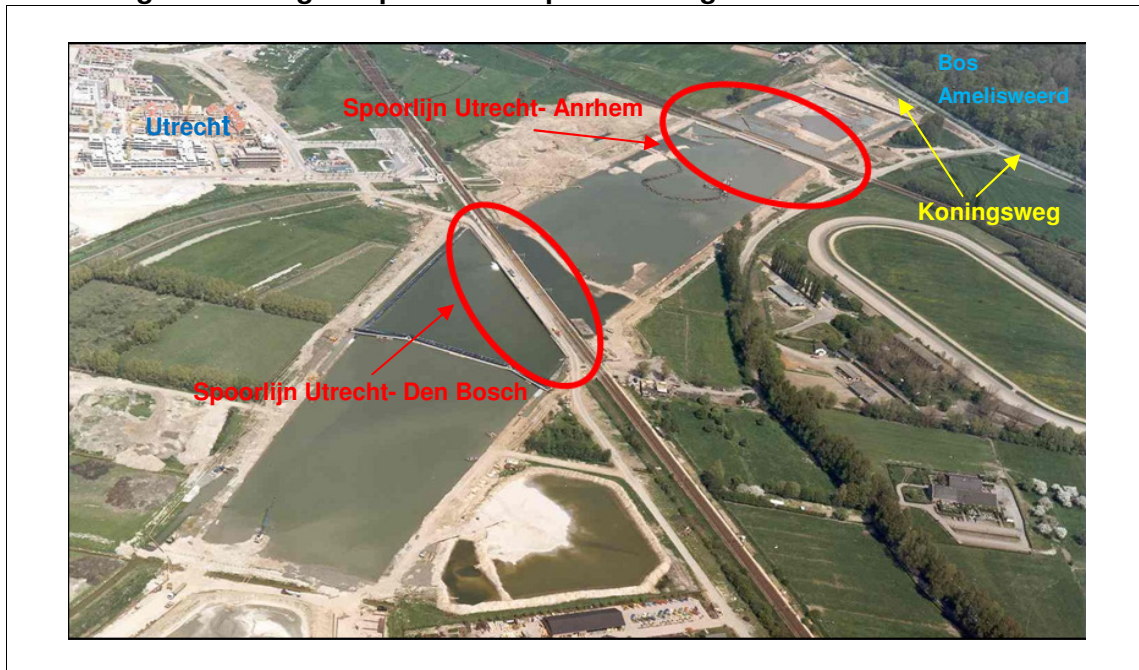
<b>INHOUDSOPGAVE</b>	<b>blz.</b>
<b>1. INLEIDING</b>	<b>1</b>
1.1. Aanleiding	1
1.2. Doelstelling	2
1.3. Onderzoeken naar uitvoeringsmethoden	2
1.4. Leeswijzer	2
1.5. Toelichting op de belangrijkste technische begrippen	3
<b>2. WELKE VERBREDINGSMETHODEN ZIJN ONDERZOCHT?</b>	<b>4</b>
2.1. Wateropzetmethode	4
2.2. Met welke methoden is de benodigde verbreding haalbaar?	8
2.3. Wat zijn de belangrijkste risico's per methode en hoe zijn deze te beheersen?	10
2.3.1. Ervaringen met de bouwmethode op andere locaties	12
2.4. Combinatie van bouwmethoden	12
2.5. Relatie met spookkruisingen	12
<b>3. VISUALISATIE RESULTATEN</b>	<b>14</b>
laatste bladzijde	<b>14</b>
<b>BIJLAGEN</b>	<b>aantal blz.</b>
I Overzicht uitgevoerde onderzoeken	1

## 1. INLEIDING

### 1.1. Aanleiding

Om de verkeersdoorstroming van de Ring Utrecht en de leefbaarheid van de omgeving te verbeteren, heeft Rijkswaterstaat onderzocht of een verbreding van de A27 aan de oostzijde van de stad Utrecht haalbaar is. De bestaande foliepolder ten zuiden van de Koningsweg heeft daarbij, vanwege de technische complexiteit en de aanwezige spookruisingen (rood omcirkeld), bijzondere aandacht.

**Afbeelding 1.1. Aanleg foliepolder met spookruisingen 1983**



Ter plaatse van de foliepolder ligt de A27 verdiept, onder het niveau van de huidige grondwaterstand. Zonder voorzieningen zou de A27 hier onder water lopen. Daarom is, bij de aanleg van de weg in 1983 een folielaag aangebracht. Deze folielaag houdt het grondwater tegen. Bovenop de folielaag is zand aangebracht dat als fundament van de weg dient. Het gewicht van het zand en de weg bovenop het folie geeft tegendruk tegen de opwaartse druk van het grondwater. Bij een verbreding van de A27 moet deze functie in stand gehouden worden.

Om aan te tonen dat het Ontwerp Tracébesluit (OTB) maakbaar is, zijn diverse technische verkenningen en onderzoeken naar de haalbaarheid van een verbreding binnen de foliepolder uitgevoerd. Hierbij werd zowel gekeken naar de effecten voor het aanwezige folie, de effecten op de omgeving en naar de gevolgen voor de bestaande spookruisingen. De onderzoeken tonen aan dat er meerdere uitvoeringsmethoden beschikbaar zijn om de benodigde verbreding uit te voeren. De methodes verschillen onderling in uitvoeringswijze, randvoorwaarden, effecten, kosten en technische risico's.

De onderzoeken zijn uitgevoerd in de periode 2010-2015. Veel onderzoeken toonden aan dat het risicoprofiel sterk verbetert wanneer een zo smal mogelijke verbreding van de rijbaan, zo ver mogelijk van het folie wordt gerealiseerd. Rijkswaterstaat heeft daarom het wegontwerp in die periode verder geoptimaliseerd, zonder concessies te doen aan de ver-

keersveiligheid, zodat een verbeterde balans wordt bereikt tussen wegcapaciteit, verkeersveiligheid en technische risico's van de verbredingswerkzaamheden.

## **1.2. Doelstelling**

Dit rapport geeft een overzicht van de verschillende onderzochte bouwmethoden met een beoordeling van het effect van het aangepaste wegontwerp op de kansen en vooral technische risico's van de verschillende bouwmethoden.

## **1.3. Onderzoeken naar uitvoeringsmethoden**

In november 2010 is gekeken naar een verbreding van de A27 in de foliepolder zelf door toepassing van een zogenaamde 'wateropzetmethode' (ook genoemd als 'vriesmethode'). Hierbij wordt direct naast de bestaande weg een damwand geplaatst en met behulp van vriestechnieken waterdicht aangesloten op de onderliggende folie. Deze constructie maakt het mogelijk om het talud naast de bestaande A27 weer onder water te zetten (zoals bij de aanleg in 1983, zie afbeelding 1.1) en te ontgraven voor de verbreding.

In oktober 2013 zijn, als vervolg op het onderzoek naar de wateropzetmethode en een verkenning naar de verbreding van de spoorviaducten, twee nieuwe verbredingsmethoden onderzocht. Een 'sleufmethode' waarbij de verbreding in hele smalle sleufjes wordt uitgevoerd zodanig dat het folie het nauwelijks 'voelt' en een 'persmethode' waarbij met een persframe de verbreding stapje voor stapje evenwijdig aan de A27 wordt gerealiseerd. Ook is de bouwmethode van de te verbreden spoorviaducten nader uitgewerkt.

In januari 2015 zijn nog twee aanvullende verbredingsmethoden onderzocht. In dit geval ging het om de 'groutmethode', waarbij de bodem onder de te verbreden zone wordt versteend en 'uitgehakt' en een methode met 'lokale en tijdelijke verlaging van de grondwaterdruk, in andere rapporten ook genoemd als 'lokale en tijdelijke verlaging van het grondwaterpeil' waarbij lokaal de waterdruk onder het folie wordt verlaagd zodat verbreding op de traditionele manier (uitgraven) kan worden uitgevoerd. Hierbij worden maatregelen genomen om de mogelijk negatieve gevolgen voor de omgeving te voorkomen, of te beperken.

De verkenningen zijn los van elkaar uitgevoerd en geven elk een goed inzicht in de (technische) mogelijkheden en onmogelijkheden.

## **1.4. Leeswijzer**

Dit rapport behelst een samenvatting van de onderzochte bouwmethoden en een vergelijking van elke methode met het OTB wegontwerp van Rijkswaterstaat, zodat helder zichtbaar is waar welke methode kan worden toegepast. Van de eerder geïdentificeerde risico's en beheersmaatregelen van de verschillende methoden is tevens beoordeeld of het (rest)risicoprofiel is veranderd.

Omwille van een goede leesbaarheid en overzichtelijkheid is gekozen om dit rapport te schrijven voor de niet technische lezer. De uitleg van de methoden is daarom beperkt tot een globale beschrijving met betrekking tot het toepassingsgebied binnen de foliepolder, risico's, omgevingsbeïnvloeding, kosten en bouwtijd. Er is getracht de informatie zoveel mogelijk grafisch weer te geven. De (technisch) inhoudelijke beschouwingen en risicoanalyses zijn opgenomen in eerder uitgevoerde, separate, analysedocumenten, zie bijlage I. Elk analysedocument is zelfstandig leesbaar.

## 1.5. Toelichting op de belangrijkste technische begrippen

Dit rapport bevat een aantal technische begrippen. Om de leesbaarheid te vergroten worden de belangrijkste technische begrippen nader toegelicht.

### **Technisch risicoprofiel**

Voor het opstellen van dit profiel wordt bepaald hoe waarschijnlijk het is dat de technische risico's optreden (de kans van optreden) en welk effect deze risico's hebben (gevolgen). Het technisch risicoprofiel is te bepalen door de kans te vermenigvuldigen met het gevolg.

### **Restrisicoprofiel**

Bij de technische risico's horen beheersmaatregelen. Deze beheersmaatregelen zorgen ervoor dat de kans van optreden wordt verkleind, of ze verkleinen de gevolgen van de risico's. Het restrisicoprofiel is te bepalen door de verkleinde kans te vermenigvuldigen met het verkleinde gevolg. Wanneer het restrisicoprofiel hoog is, dan is de kans van optreden of het gevolg moeilijk te beheersen.

### **OTB wegmodel**

Met het OTB wegmodel wordt het wegmodel bedoeld dat wordt gebruikt bij het Ontwerp Tracébesluit. In het Ontwerp Tracébesluit staan de precieze ligging en inpassing van het tracé. In het Ontwerp Tracébesluit worden de meer gedetailleerde effecten van het tracé voor mens en milieu beschreven.

### **Foliepolder**

De foliepolder is gebouwd bij de aanleg van de A27 om het grondwater tegen te houden omdat de A27 hier verdiept ligt. Omdat het grondwater naar boven wil komen, drukt het tegen de onderzijde van de folie. Bovenop de folie ligt zand, zodat tegendruk ontstaat en de folie niet opbolt. Het geheel van folie en zand wordt een 'foliepolder' of 'folieconstructie' genoemd.

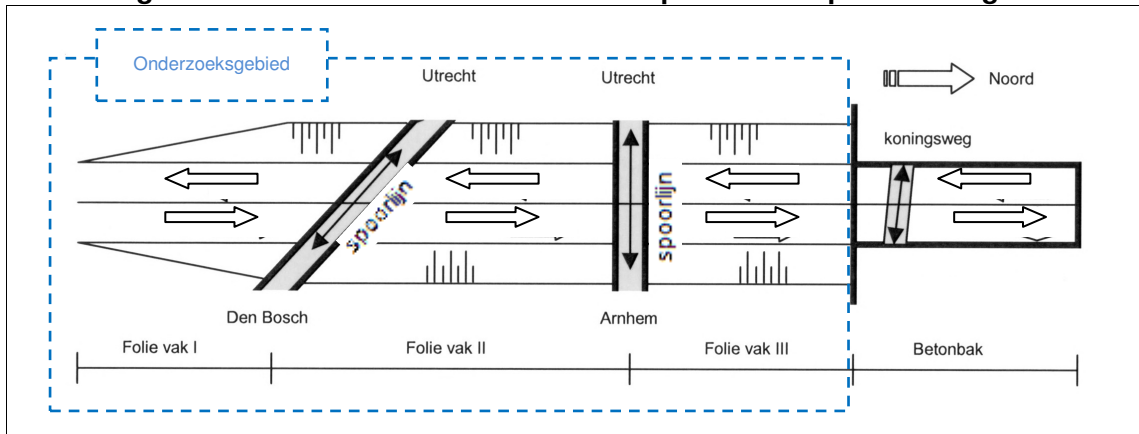
### **Grout**

Grout is een mengsel van cement en water. Door grout in de bodem te injecteren en met grond te mengen ontstaan er na het opdrogen zogenaamde groutkolommen. Als men meerdere groutkolommen naast elkaar plaatst, ontstaat er een volledige muur in de grond. Door meerdere 'muren' naast elkaar te maken kan een gebied als het ware 'versteend' worden.

## 2. WELKE VERBREDINGSMETHODEN ZIJN ONDERZOCHT?

In paragraaf 1.3 werd gesproken over eerder uitgevoerde verkenningen naar de haalbaarheid van een verbreding van de A27 binnen de foliepolder. In afbeelding 2.1 is een schematisch bovenaanzicht van de foliepolder weergegeven. In de loop van de tijd zijn diverse onderzoeken uitgevoerd, die hieronder kort worden beschreven.

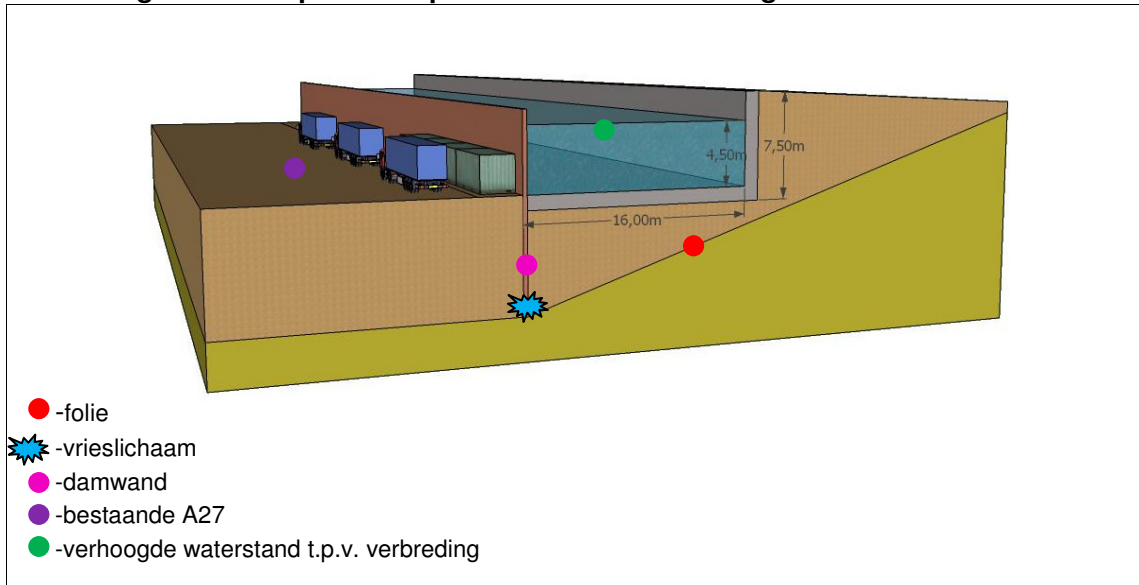
**Afbeelding 2.1. Schematisch bovenaanzicht foliepolder met spoor kruisingen**



### 2.1. Wateropzetmethode

Het aanleggen van de verbreding op de locatie van de huidige taluds zal voor een groot deel ten koste gaan van de gronddekking op de folie. Deze gronddekking is nodig om het verticaal evenwicht van de folie te waarborgen. Zodat dat de folie niet omhoog wordt geduwd door het grondwater wat er onder zit. Bij de wateropzetmethode worden de taluds onder water gezet, zodat natte grond ontgraven kan worden, waarbij het gewicht van het water de folie op zijn plaats houdt (net als bij de aanleg van de folie in 1983). Omdat het wegverkeer op de A27 tijdens de bouwwerkzaamheden niet kan worden gestremd, kan de foliepolder niet geheel onder water gezet worden, maar wordt het onderwater zetten beperkt tot de taluds (waar de uitbreiding plaats vindt). Om dit te realiseren wordt direct naast de bestaande A27 een damwand geplaatst tot net boven de folie om hem niet lek te prikken. De spleet tussen de damwand en de folie wordt doormiddel van vriestechnieken waterdicht gemaakt. In afbeelding 2.2 is het principe van de wateropzetmethode weergegeven. Na het ontgraven van de taluds (onder water), wordt een betonnen keerwand gerealiseerd (ook onder water). Deze betonnen keerwand is net zo zwaar als alle weggehaalde grond en verzorgt zo het verticaal evenwicht in de eindfase. Het vriezen kan opgeheven worden als de keerwand is aangebracht.

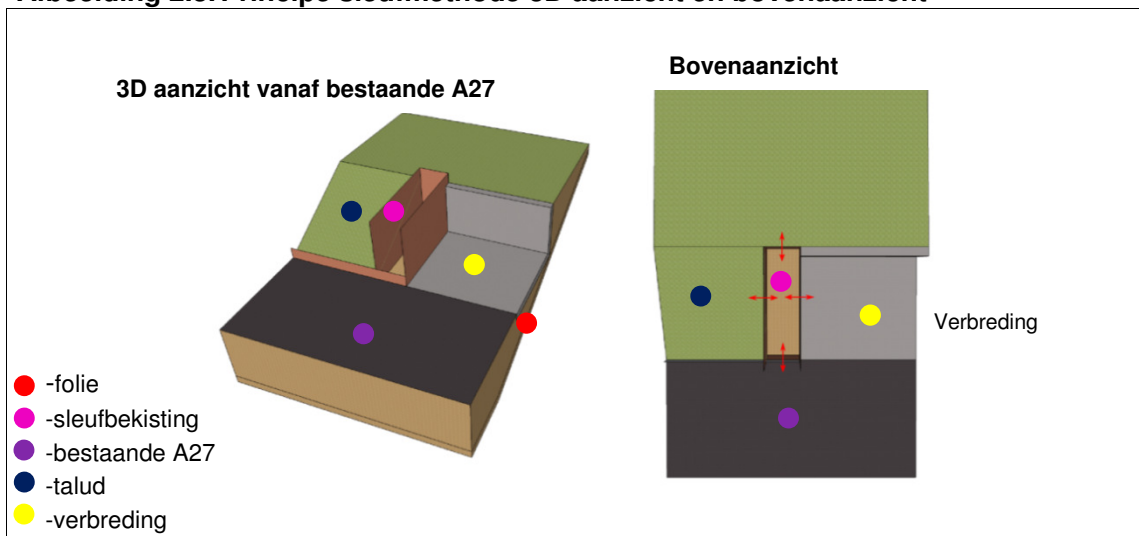
**Afbeelding 2.2. Principe wateropzetsmethode met verhoogde waterstand**



**Sleufmethode**

De sleufmethode is gebaseerd op het principe dat als je maar een heel klein beetje grond boven de folie weghaalt de overblijvende grond er omheen nog sterk genoeg is om de kracht van de folie (door de druk van het grondwater) die op die ene plek omhoog wil tegen te houden. Die kracht heet 3 dimensionale spanningspreiding of boogwerking en is met modellen nauwkeurig te berekenen. Hierdoor kan gecontroleerd droog worden ontgraven binnen een smalle sleufbekisting in stapjes met een breedte van circa 1 meter. Direct na elke ontgravingsslag wordt een L-vormig keerelement met dezelfde breedte geplaatst dat net zo zwaar is als de weggehaalde grond en die het evenwicht weer herstelt.

**Afbeelding 2.3. Principe sleufmethode 3D aanzicht en bovenaanzicht**



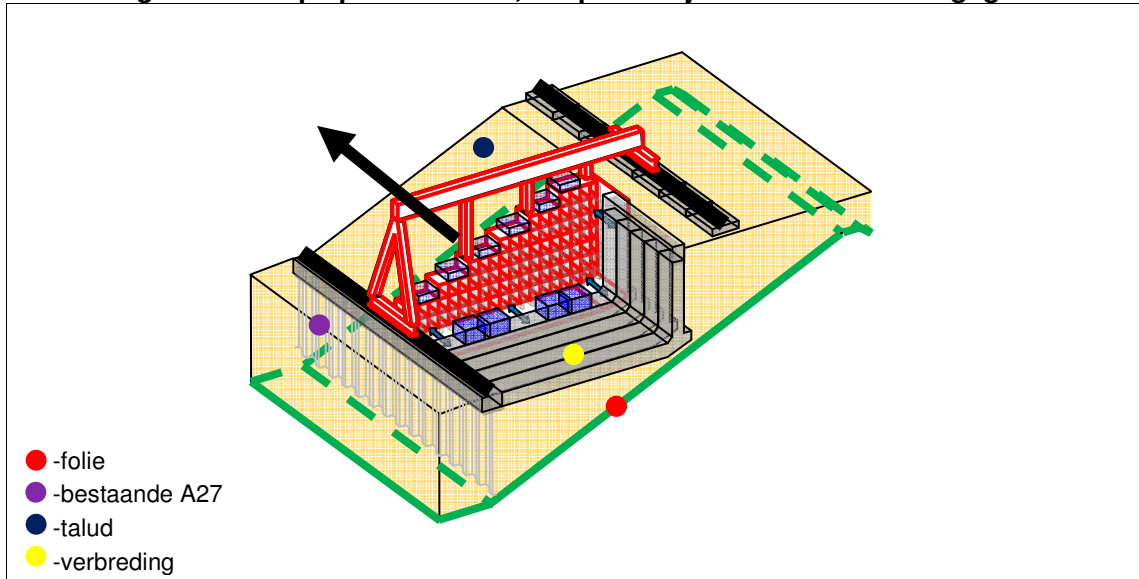
**Persmethode**

Met de persmethode is het mogelijk om grond weg te halen en direct het evenwicht te herstellen. Daardoor kun je de folie dichter naderen dan met de sleufmethode. De benodigde tegendruk op de folie wordt tijdens ontgraven gewaarborgd door een persconstructie. Er is



geen 3D spreiding in de ondergrond nodig en de ontgraving vindt, anders dan bij de wateropzet- en sleufmethode, niet van bovenaf, maar van opzij plaats (evenwijdig aan de A27).

**Afbeelding 2.4. Principe persmethode, de 'patatsnijder' is in rood weergegeven**

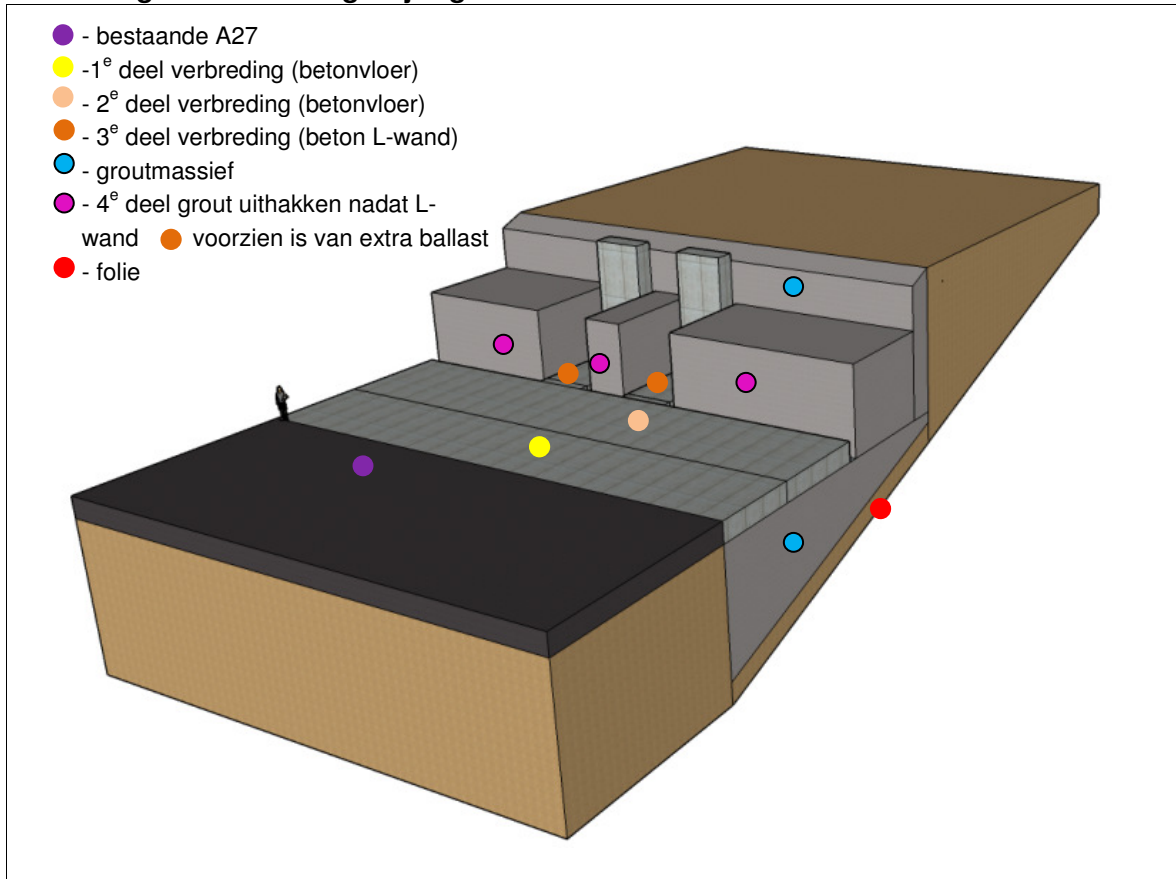


De persmethode is afgeleid van de bouwmethodiek van een perstunnel (bijvoorbeeld een kleine fietstunnel of duiker). Daarbij wordt op de voorzijde van een betonnen tunneldeel een zogenaamde 'patatsnijder' gemonteerd waarmee de hele tunnel door de grond wordt gedrukt en waarachter de grond kan worden afgevoerd. Met een vijzelconstructie wordt de gehele tunnel stapje voor stapje door een weglichaam of spoorlijk geperst. Er zijn in Nederland perstunnels (formaat fietstunnel) uitgevoerd tot een lengte van circa 60 meter. De persmethode voor dit project werkt in essentie hetzelfde, met als belangrijk verschil dat door de open bovenzijde (er hoeft immers geen tunnel maar alleen een keerwand te worden gemaakt) niet hoeft te worden gewerkt vanuit een gesloten (en van buitenaf moeilijk bereikbare) tunneldoorsnede. Hierdoor kan na elke vijzelslag relatief eenvoudig een prefab keerwandelement op de plaats van de vijzels worden aangebracht, zodat de werklengte telkens slechts enkele meters is.

### **Groutmethode**

De groutmethode verstevigt de grond zodat net als bij de sleufmethode kleine ontgravingen kunnen worden gedaan zonder dat de folie naar boven komt omdat de omliggende grond stevig genoeg is om dat te voorkomen. Bij de groutmethode is die dus nog steviger dan bij de sleufmethode. De grond in de taluds naast de huidige A27 wordt gemengd met grout, zodanig dat er iets boven de folie één groot groutmassief ('verstening') ontstaat. Het 'versteende' talud wordt in verschillende kleine delen uitgehakt, waarna er delen van de toekomstige L-wand worden gestort.

**Afbeelding 2.5. Uitvoeringswijze groutmethode 3D aanzicht vanaf bestaande A27**



#### **Methode met tijdelijke lokale verlaging van de (grond)waterdruk**

Bij de methode met tijdelijke en lokale verlaging van de (grond)waterdruk wordt het grondwaterpeil onder de folie lokaal verlaagd tot iets onder het ontgravingsniveau van de uitbreiding van de A27. Hiermee is het mogelijk om de grond op de folie weg te halen, zonder risico dat de folie opbarst. Direct nadat het L-vormige betonelement van de verbreding is gerealiseerd, wordt de lokale verlaging van het grondwaterpeil weer opgeheven. De tijdelijke en lokale verlaging van het grondwaterpeil volgt de werkzaamheden in de lengterichting van het tracé door nauwkeurige in- en uitschakeling van de bemaling. Door het onttrokken grondwater op verschillende uitgekiende locaties terug te brengen in de bodem (retourputten) zijn de effecten van de grondwaterpeilverlaging op de omgeving te beperken.

**Afbeelding 2.6. Invloedslijnen tijdelijke en lokale verlaging grondwaterdruk in folie-  
vak ten noorden van spoorlijn Utrecht-Arnhem**

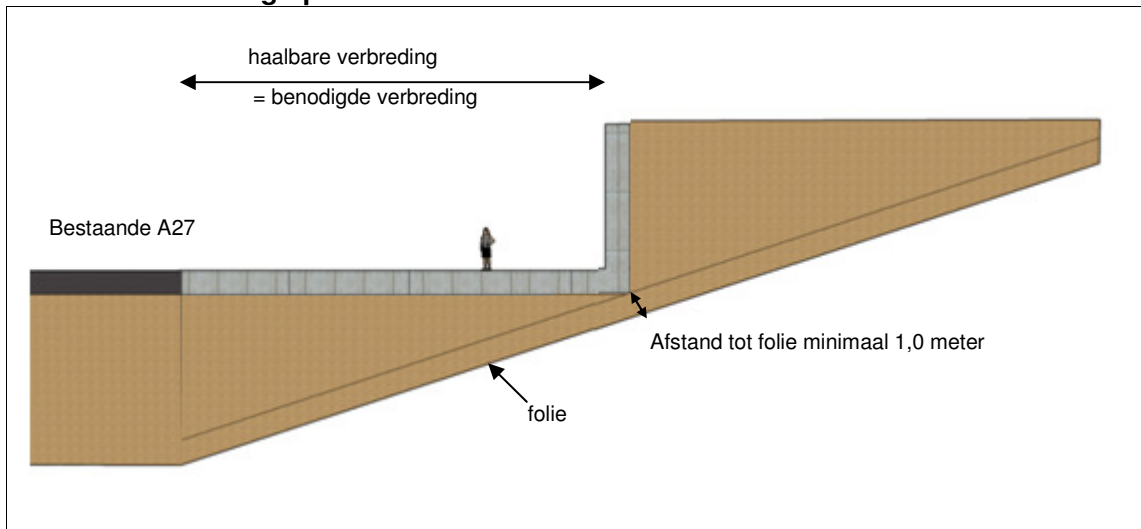


## 2.2. Met welke methoden is de benodigde verbreding haalbaar?

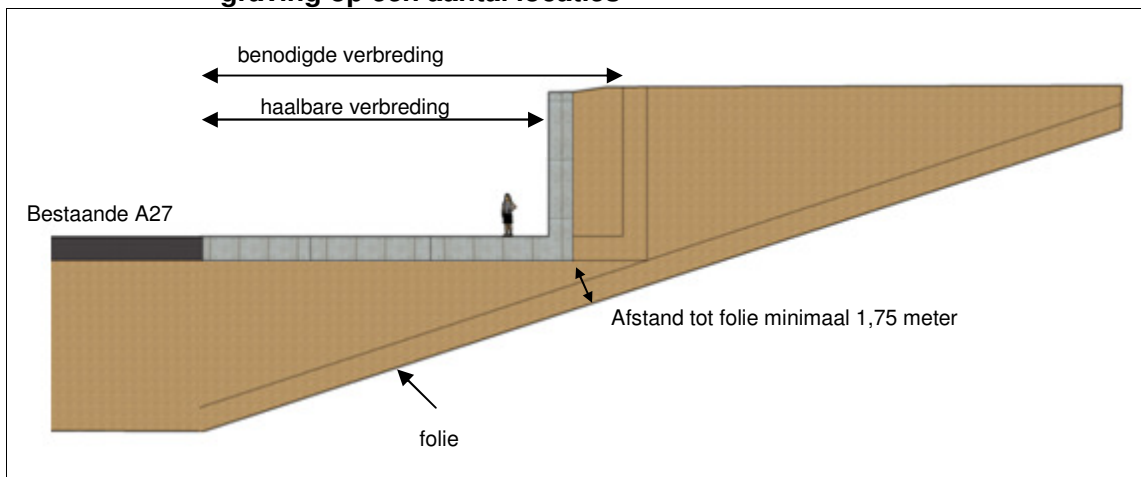
De wateropzetmethode en tijdelijke lokale verlaging van de grondwaterdruk zijn volledige toepasbaar bij de geoptimaliseerde verbreding uit het Ontwerp Tracébesluit. De sleufmethode en de groutmethode zijn niet op alle locaties toepasbaar omdat de afstand tussen de ontgraving en de folie daarvoor soms te klein is. Die methodes vragen op deze locaties een grotere afstand tot de folie voor een veilige ontgraving. In afbeelding 2.8 en 2.9 is dit schematisch weergegeven.

De persmethode is bijna op alle locaties toepasbaar. Alleen ter plaatse van de aansluiting van de persmethode op de schuin gelegen spoorkruising Utrecht-Den Bosch zal de persmethode over een kleine lengte gecombineerd moeten worden met een andere methode.

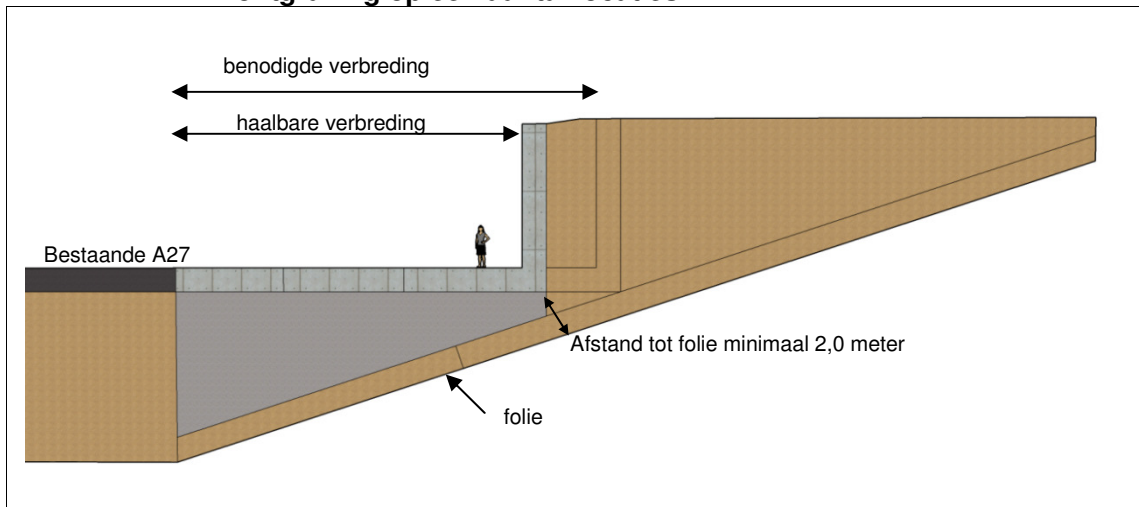
**Afbeelding 2.7. Wateropzetmethode, tijdelijke lokale verlaging grondwaterdruk en persmethode: voldoende afstand tussen folie en bovenzijde ontgraving op alle locaties**



**Afbeelding 2.8. Sleufmethode: onvoldoende afstand tussen folie en bovenzijde ontgraving op een aantal locaties**



**Afbeelding 2.9. Groutmethode: onvoldoende afstand tussen folie en bovenzijde ontgraving op een aantal locaties**



**2.3. Wat zijn de belangrijkste risico's per methode en hoe zijn deze te beheersen?**

In de eerder uitgevoerde studies is per verbredingsmethode een risicobeschouwing uitgevoerd. Voor het uitgebreide technische risicodossier wordt verwezen naar die studies. In tabel 2.1 is een samenvatting opgenomen van de belangrijkste risico's, de bijbehorende beheersmaatregelen en de belangrijkste gevolgen.

**Tabel 2.1. Overzicht technische toepasbaarheid van de verbredingsmethoden**

methode	toepasbaar?	belangrijkste risico's	belangrijkste potentiële gevolgen	belangrijkste beheersmaatregelen
wateropzetmethode (studie 2010)	ja	'doorgaand bezwijken'. Door bezwijken van damwand en of vrieslichaam stroomt het water van het talud, waardoor het evenwicht van de folie niet gegarandeerd kan worden	het scheuren van de folie, waardoor wateroverlast ontstaat op de A27. Doordat de scheur ontstaat door evenwichtsverlies, bestaat de kans dat het een grotere scheur betreft. Door de nog aanwezige aanvulgrond is de locatie en grootte van de scheur niet zichtbaar	het werken in compartimenten kan de grootte van de scheur beperken  zorgen voor bemalingsputten aan de buitenzijde van de foliepolder om na optreden van het risico zo snel mogelijk de waterstand aan de buitenzijde te verlagen. Deze beheersmaatregel heeft negatieve effecten op de omgeving
sleufmethode (studie 2013)	ja, gedeeltelijk, de methode is niet over het gehele tracé toepasbaar	de 3D boogwerking van de grond is afhankelijk van de eigenschappen van deze grond. Binnen de foliepolder zijn deze eigenschappen	bij falen boogwerking zal de folieconstructie plaatselijk scheuren, er ontstaat wateroverlast	zorgen voor een grotere afstand tussen de folie en de ontgraving, zodat tegenvallende eigenschappen van de aanvulgrond minder

methode	toepasbaar?	belangrijkste risico's	belangrijkste potentiële gevolgen	belangrijkste beheersmaatregelen
		wisselend, waardoor de boogwerking kan falen  door veel repetitiewerk ontstaat een groter risico op menselijke fouten door bijvoorbeeld te diep inbrengen van de sleufbekisting of te diep ontgraven	bij beschadiging folie door aanbrengen sleufbekisting of te diep ontgraven, ontstaat een plaatselijke scheur in de folieconstructie. Hierdoor ontstaat ook wateroverlast	impact hebben op de boogwerking. Hierdoor is de methode echter over een groter deel van het tracé niet toepasbaar  materieel computergestuurd, vooraf instellen en toezicht houden om menselijke fouten te voorkomen
persmethode (studie 2013)	ja, gedeeltelijk, maar ter plaatse van de spoorkruising Utrecht-Den Bosch zal de persmethode gecombineerd moeten worden met een andere methode	onbeproeft techniek, waarbij door de nadering tot heel dicht op de folie het risico bestaat dat de folie op gaat stropen. Er moet speciaal voor dit werk een machine ontwikkeld worden	door opstropen van de folie ontstaat een scheur, waardoor wateroverlast ontstaat op de A27. De grootte en exacte locatie van de scheur is niet zichtbaar	een proefmachine bouwen en de techniek in de praktijk beproeven onder zoveel mogelijk gelijke omstandigheden. De foliepolder van de A27 niet als proefproject beschouwen
groutmethode (studie 2015)	ja gedeeltelijk, de methode is niet over het gehele tracé toepasbaar	door de bewerkelijkheid van het verstenen van het talud en het later weer uithakken van het talud is het niet ondenkbaar dat hier uitvoeringsfouten worden gemaakt, waardoor zowel bij het aanbrengen van het grout als bij het uithakken, de folie beschadigd raakt	door beschadiging van de folie ontstaat een scheur en wateroverlast. De grootte en exacte locatie van de scheur is niet zichtbaar. Doordat het mechanische schade betreft zal de scheur minder groot zijn dan wanneer deze door evenwichtsverlies is veroorzaakt. Echter door het vele repetitiewerk is schade op meerdere locaties goed denkbaar	materieel computergestuurd, vooraf instellen en toezicht houden om menselijke fouten te voorkomen
methode met lokale en tijdelijke verlaging van de grondwaterdruk (studie 2015)	ja	technisch gezien is dit de methode met de minste risico's. Bij deze methode is het invloedsgebied groter	droogteschade aan gewassen en bomen door waterstandsverlaging treedt toch op	door uitgekiende locaties te kiezen voor de retourputten, is droogteschade beheersbaar

### **2.3.1. Ervaringen met de bouwmethode op andere locaties**

#### **Wateropzetmethode**

De wateropzetmethode is een combinatie van beproefde methoden. Met andere woorden de onderdelen waaruit deze bouwmethode bestaat zijn niet nieuw. Maar de wateropzetmethode in combinatie met deze situatie, met de folie en het verkeer dicht naast de bouwkuip zijn wel nieuw.

#### **Sleufmethode**

Het principe van de sleufmethode is niet nieuw. Er worden bijvoorbeeld binnen een bouwkuip vaak lokale sleuven ontgraven, zonder dat de bouwkuipbodem opbarst. De combinatie met de folieconstructie en de hoeveelheid naast elkaar gelegen sleuven is bij deze bouwmethode wel nieuw.

#### **Persmethode**

De persmethode is gebaseerd op het principe van een pers- of trektunnel. Met deze techniek is ervaring opgedaan bij de bouw van kleinere fietstunnels en duikers. Het persen evenwijdig aan het talud en de combinatie met de folieconstructie maakt dat voor deze methode een aparte nieuwe machine ontwikkeld moet worden.

#### **Groutmethode**

Grout is een materiaal wat meerdere toepassingen kent in de civiele techniek. Het 'verstenen' van een heel talud en later uithakken binnen een foliepolder is een nieuwe toepassing van deze techniek.

#### **Tijdelijke en lokale verlaging van de grondwaterdruk**

Tijdelijke en lokale verlaging van de grondwaterdruk wordt uitgevoerd door middel van een uitgekende bemaling met retourputten. Met deze bouwmethode is veel ervaring opgedaan. Uit de in januari 2015 uitgevoerde studie blijkt dat de methode voor de folievakken ten zuiden van de spoorlijn Utrecht - Arnhem naar verwachting niet zal leiden tot een onomkeerbaar effect voor de omgeving (bebouwing, spoorlijnen, gewassen, het golfterrein en parken stinzenbos op landgoed Amelisweerd). In het folievak ten noorden van de spoorlijn Utrecht- Arnhem zal kortstondig (verdeeld over twee periodes van 3 á 4 maanden) een lokale grondwaterstandsverlaging optreden in het park- en stinzenbos op landgoed Amelisweerd. Indien wordt overwogen om deze methode in dit folievak toe te passen, verdient het aanbeveling nader onderzoek te doen naar de ecologische gevolgen van deze grondwaterstandsverlaging en de mogelijke beheersmaatregelen om permanente negatieve ecologische effecten te voorkomen.

### **2.4. Combinatie van bouwmethoden**

De verschillende bouwmethoden zijn met elkaar te combineren. Bij de persmethode wordt voor deze situatie speciaal een kostbare machine ontworpen. De persmethode is daarom met name efficiënt indien over het grootste gedeelte van het tracé gebruik gemaakt wordt van deze machine.

### **2.5. Relatie met spoorkruisingen**

De foliepolder wordt op twee plaatsen doorkruist door de spoorlijnen Utrecht-Arnhem en Utrecht- Den Bosch. Om te kunnen passeren met het verbrede wegprofiel worden aanpassen aan de spoorviaducten gedaan, welke beschreven staan in de voorgaande studie uit oktober 2013. Bij deze aanpassingen moet de klembalk, waarmee de folie bevestigd zit aan de damwand, intact blijven.

Bij de persmethode is het van belang dat de aanpassing aan de spoorkruisingen gereed is voordat begonnen wordt met het persen. De aanpassing aan de spoorkruisingen doet in dit geval dienst als start- en ontvangtpunt voor de persmachine. Bij de andere bouwmethoden is de bouwvolgorde tussen verbreding binnen de foliepolder en aanpassing aan de spoorkruisingen niet van belang.



### 3. VISUALISATIE RESULTATEN

#### **Bovenaanzichten bouwmethoden**

De vijf onderzochte bouwmethoden zijn geanalyseerd op toepasbaarheid binnen het definitieve OTB wegontwerp. In paragraaf 2.2 is per bouwmethode aangegeven of deze toepasbaar is. De benodigde afstand van de ontgraving tot de folie blijkt hier een grote rol te spelen.

Op de volgende pagina's is dit visueel weergegeven door in een bovenaanzicht van de verschillende bouwmethoden de verbreding te voorzien van een rode kleur wanneer deze niet technisch toepasbaar is (beschikbare afstand tot folie is kleiner dan de benodigde afstand tot de folie). Wanneer de methode wel toepasbaar is, is dit in groen weergegeven.

#### **Barometers**

In de visualisaties zijn risicobarometers opgenomen om de relatieve verschillen tussen de bouwmethoden met betrekking tot de techniek, omgeving, tijd en kosten te visualiseren. Deze barometers geven een relatief beeld hoe de betreffende bouwmethode zich verhoudt tot de andere bouwmethoden. Een oranje kleur betekent de betreffende methode qua risico's ongunstiger scoort ten opzichte van de overige bouwmethoden. Deze benadering geldt ook voor de gele en groene kleuren van de barometers. Bij geen van de methoden zijn negatieve effecten te verwachten op de bebouwde omgeving.

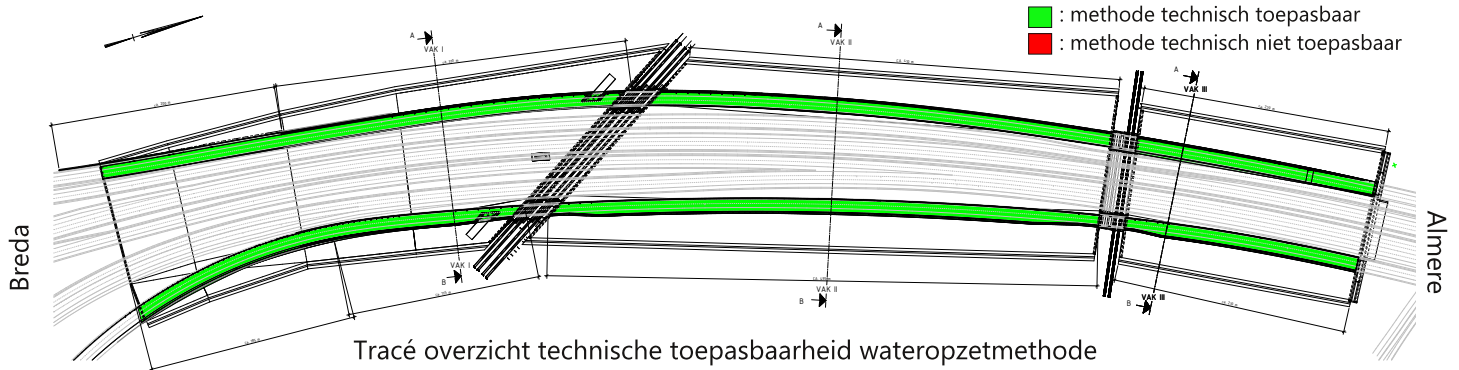
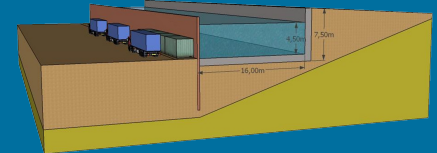
#### **Relatie bouwmethode met spoorkruisingen**

Zoal in paragraaf 2.4 beschreven heeft de persmethode een volgorde relatie met de aanpassingen aan de spoorkruisingen. De volgorde relatie tussen de verschillende bouwmethoden en de spoorkruisingen is meegenomen in de visualisaties op de volgende pagina's.

# Wateropzetmethode

Bij deze methode wordt direct naast de bestaande weg een damwand geplaatst en met behulp van vriestechnieken waterdicht aangesloten op de onderliggende folie.

Deze constructie maakt het mogelijk om het talud naast de bestaande A27 onder water te zetten en te ontgraven voor de verbreding.



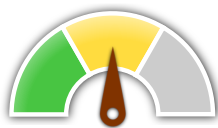
Techniek

Oranje in verband met het risico op onbeheerst falen van de bouwconstructie



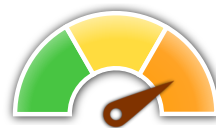
Omgeving

Groen, geen effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden.



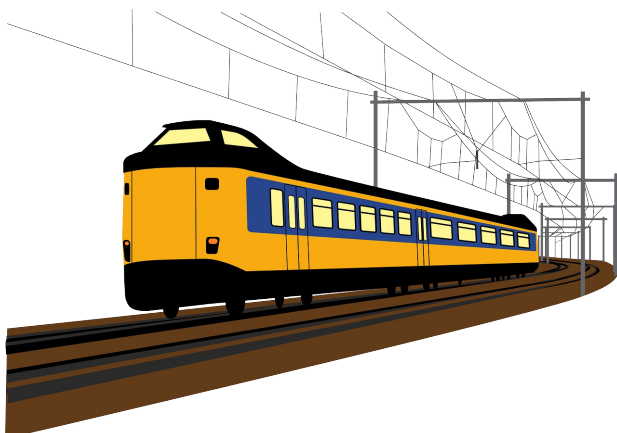
Tijd

De uitvoeringsduur is korter dan bij de sleuf- en gROUTmethode, maar langer dan bij de tijdelijke en lokale verlaging grondwaterdruk



Kosten

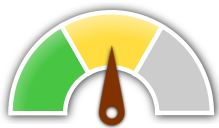
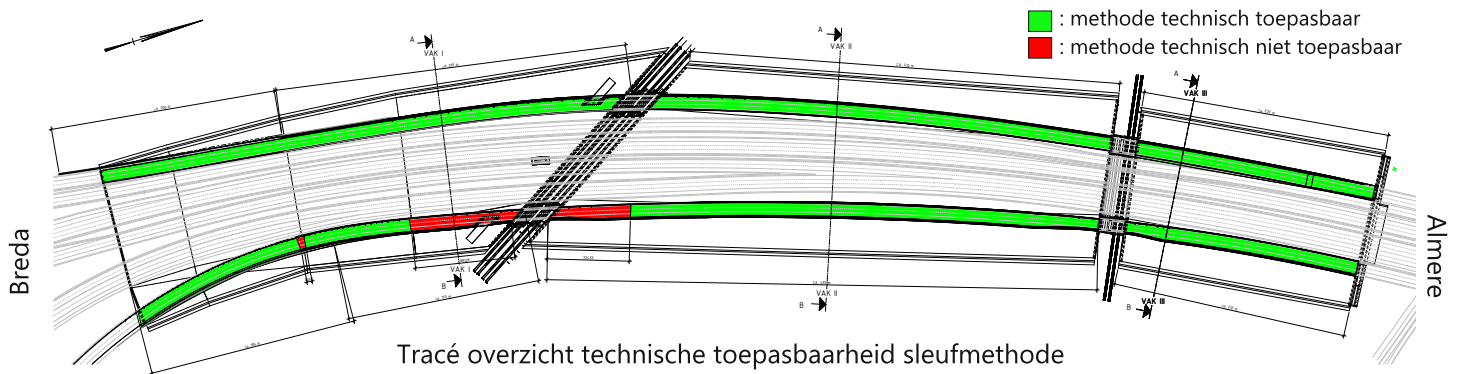
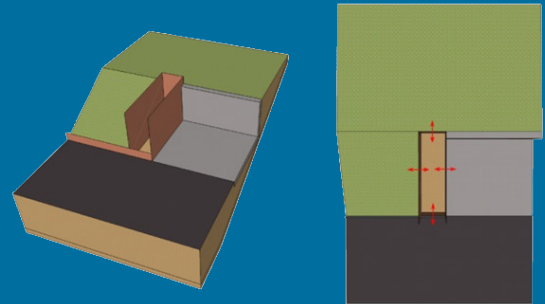
Oranje vanwege de relatief hoge bouwkosten



Bij de wateropzetmethode kan de aanpassing van de spoorviaducten en het verbreden van de weg binnen de folie afzonderlijk van elkaar gerealiseerd worden.

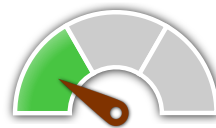
# Sleufmethode

Bij deze methode wordt de verbreding in hele smalle sleufjes uitgegraven zodanig dat het folie het nauwelijks 'voelt'.



Techniek

Geel in verband met onzekerheid grondaanvulling en fouten door repetitiewerk



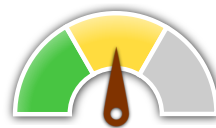
Omgeving

Groen, geen effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden.



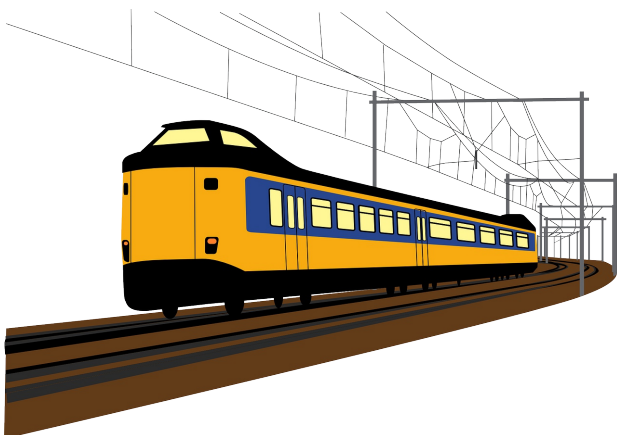
Tijd

Oranje vanwege de relatief lange uitvoeringsduur



Kosten

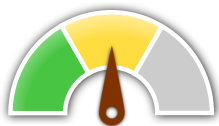
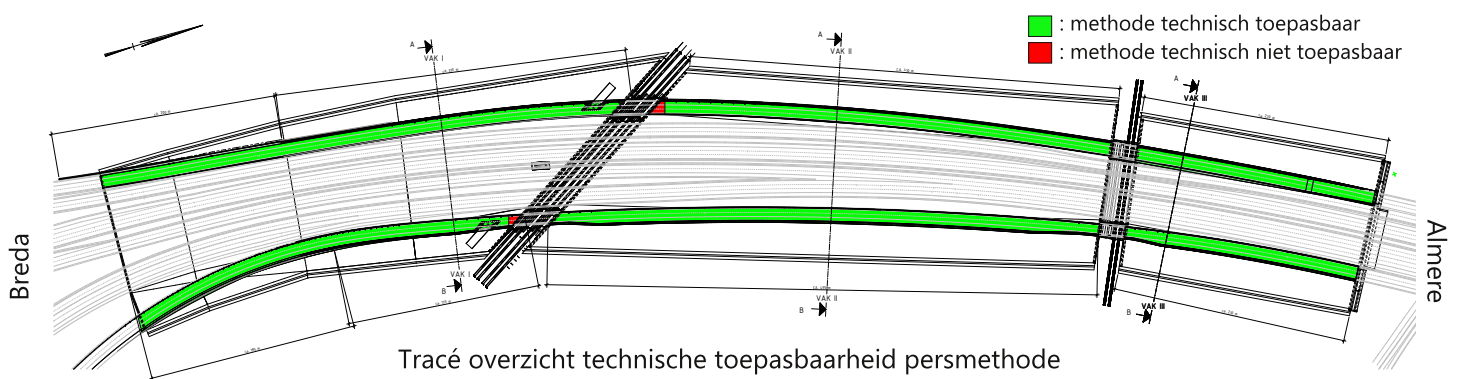
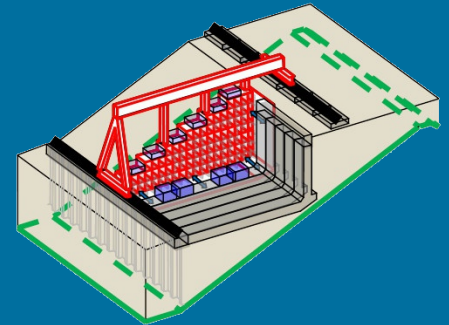
De bouwkosten zijn hoger dan bij de methode met tijdelijke en lokale verlaging van de grondwaterdruk, maar lager dan bij de wateropzetmethode



Bij de sleufmethode kan de aanpassing van de spoorviaducten en het verbreden van de weg binnen de folie afzonderlijk van elkaar gerealiseerd worden.

# Persmethode

Bij deze methode wordt de verbreding gerealiseerd met behulp van een persframe met een werkrichting evenwijdig aan de A27.



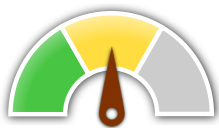
Techniek

Geel in verband met niet beproefde methode



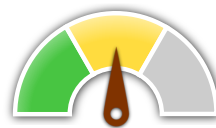
Omgeving

Groen, geen effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden.



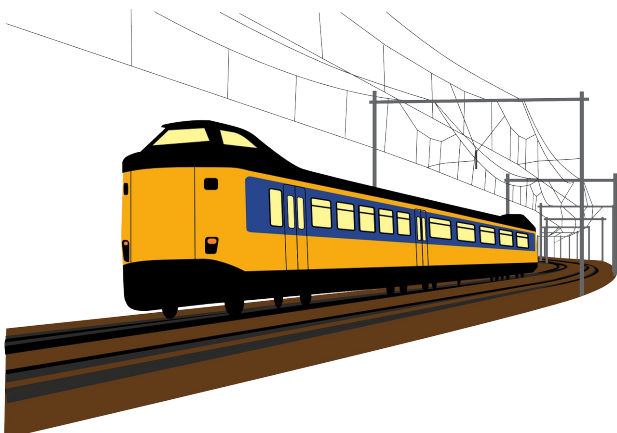
Tijd

Geel vanwege de kortere uitvoeringsduur dan bij de sleuf- en groutmethode, maar langer dan tijdelijk en lokale verlaging grondwaterdruk



Kosten

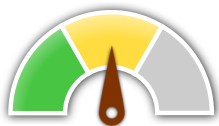
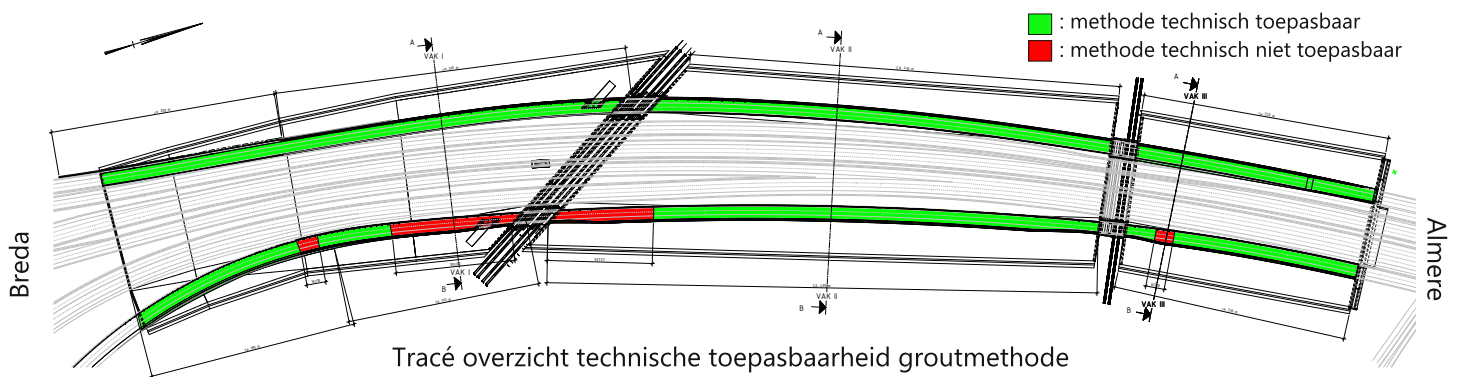
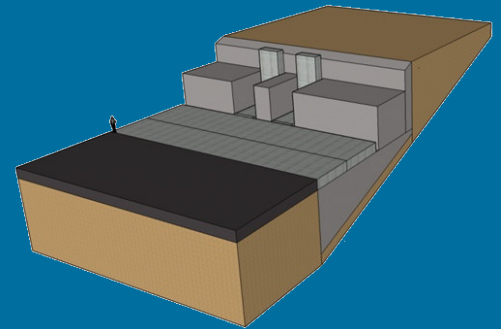
De bouwkosten zijn hoger dan bij de methode met tijdelijke en lokale verlaging van de grondwaterdruk, maar lager dan bij de wateropzetmethode



Bij de persmethode dienen de spoor kruisingen eerst aangepast te worden, voordat met persen wordt begonnen

# Groutmethode

Bij deze methode wordt de bodem onder de te verbreden zone als het ware versteend en daarna in kleine gedeeltes 'uitgehakt'.



Techniek

Geel in verband met uitvoeringsrisico's aanbrengen en uithakken grout



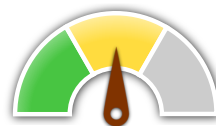
Omgeving

Groen, geen effecten op de omgeving indien de methode op de juiste manier wordt uitgevoerd en de technische risico's niet optreden.



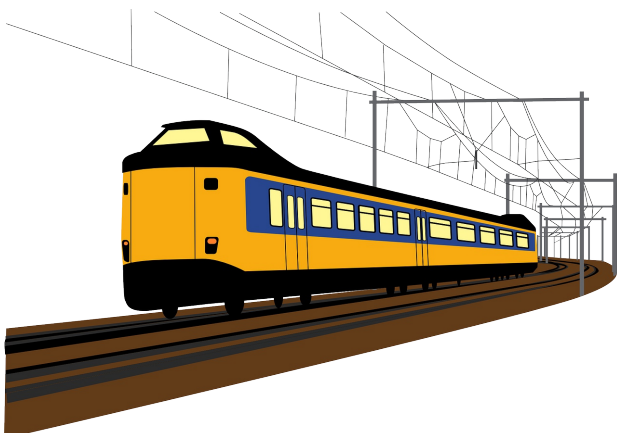
Tijd

Oranje vanwege de relatief lange uitvoeringsduur



Kosten

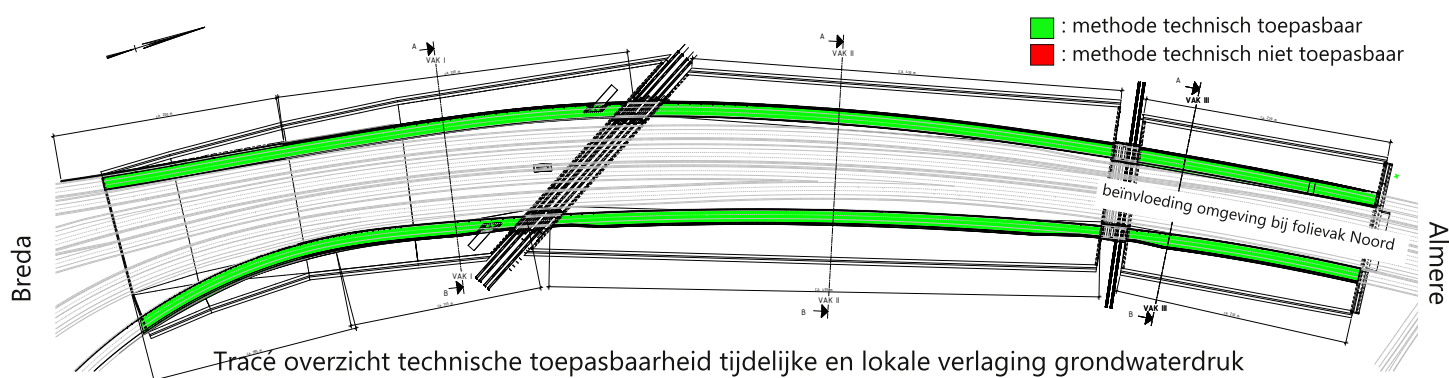
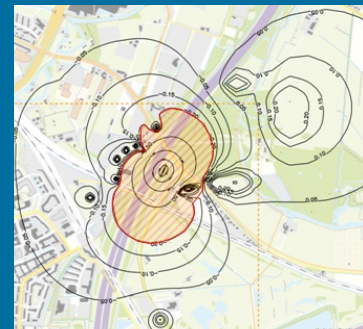
De bouwkosten zijn hoger dan bij de methode met tijdelijke en lokale verlaging van de grondwaterdruk, maar lager dan bij de wateropzetmethode



Bij de groutmethode kan de aanpassing van de spoorviaducten en het verbreden van de weg binnen de folie afzonderlijk van elkaar gerealiseerd worden.

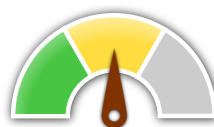
# Tijdelijke en lokale verlaging grondwaterdruk

Bij deze methode wordt de grondwaterdruk onder de folie tijdelijk en lokaal verlaagd, zodat de verbreding op de traditionele manier (in den droge) ontgraven kan worden.



Groen, relatief gezien technisch het laagste risicioprofiel

Techniek



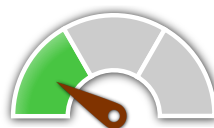
Geel aangezien in het folievak ten noorden van de spoorlijn Utrecht-Arnhem beïnvloeding van omgeving plaats kan vinden

Omgeving



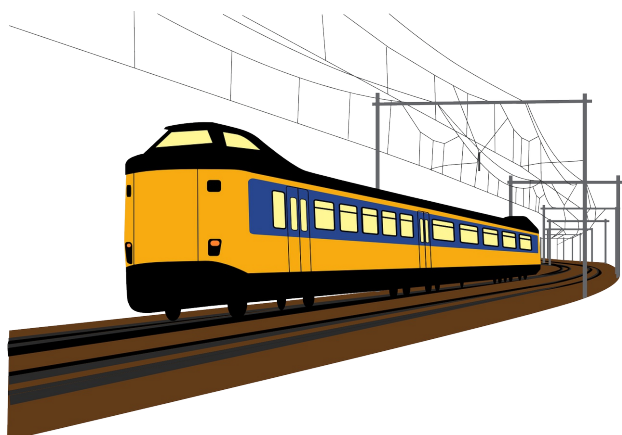
Groen vanwege de relatief korte uitvoeringsduur

Tijd



Groen vanwege de relatief lage bouwkosten

Kosten



Bij de tijdelijke en lokale verlaging grondwaterdruk kan de aanpassing van de spoorviaducten en het verbreden van de weg binnen de folie afzonderlijk van elkaar gerealiseerd worden.

## **BIJLAGE I    OVERZICHT UITGEVOERDE ONDERZOEKEN**

## **Uitgevoerde onderzoeken**

- technisch onderzoek Wegverbreding A27 Lunetten-Rijnsweerd, kenmerk RW1940-1/bakn/009, , d.d. 24 oktober 2013:
  1. analyse bestaande en benodigde situatie;
  2. analyse varianten en afweging (trade off matrix);
  3. analyse aanpassing spoorkruisingen;
  4. analyse geotechnische aspecten foliepolder sleufmethode;
  5. analyse uitbreiding foliepolder persmethode;
  6. analyse logistiek;
  7. analyse risico's;
  8. analyse expertise markt;
  
- haalbaarheid wegverbreding A27 folieconstructie Amelisweerd Variant met scheiding wand en opzetten waterstand, d.d. 10 november 2010;
  
- technisch onderzoek Wegverbreding A27 Lunetten-Rijnsweerd, vervolgonderzoek, kenmerk RW2007-1/15.001.729, , d.d. 30 januari 2015:
  1. analyse ruimtebeslag;
  2. analyse kwalitatieve beoordeling en verkenning varianten 2c en 4;
  3. analyse uitbreiding foliepolder groutmethode;
  4. analyse tijdelijke en lokale verlaging (grond)waterpeil;
  5. analyse uitbreiding logistiek;
  6. analyse risico's.