

# Toepassing van geokunsstoffen in spoorbanen Ontwerprichtlijnen en productspecificaties

Door: Erik Kwast



# Inhoud

- Inleiding
- Ontwerprichtlijnen en aandachtspunten
  - Grondkerende constructies
  - Overgangsconstructies en wissels
  - Baanlichaam
- Productspecificaties
  - Vliezen en weefsels
  - Geogrids
- Conclusies
- Vragen

# Inleiding

- **Korte historie**

- Sinds ca. 10 jaar toepassing geotextielen en geogrids (wapenen en scheiden) onder het ballastbed (bovenbouw vernieuwing).
- Sinds ca. 10 jaar toepassing geogrids (wapenen) voor tijdelijke grondkerende wanden.
- Sinds 3 - 5 jaar toepassing van geogrids en geotextielen in ontwerprichtlijnen (OVS) voor permanente constructies.

# Ontwerprichtlijnen en aandachtspunten

- **Grondkerende constructies (OVS Kunstwerken):**
  - Kunstwerken voor spoorverkeer (deel 1):
    - gewapende grondconstructies met kunststof verankering zijn toegestaan mits de levensduur aantoonbaar groter is dan 100 jaar (NEN-EN 13250).
  - Kunstwerken over en naast het spoor (deel 2):
    - zie deel 1 met aanvullende eisen op gebied normering, betonnen bekleding, ontgravingsdiepte en aanlegdiepte, (ankerstrippen) en aanvulmateriaal.

# Grondkerende constructies



# Grondkerende constructies

- **Harde bekledingssystemen o.a. spuitbeton, betonnen paneelwanden, blokkenwand**
  - toegestaan zettingsverschil maximaal 1 : 200
- **Semi-flexibele bekledingssystemen o.a. betonnen panelen, schanskorven**
  - toegestaan zettingsverschil maximaal 1 : 10 tot 1 : 100
- **Flexibele bekledingssystemen o.a. omgeslagen geogrids (met grondkerend geotextiel aan voorzijde)**
  - toegestaan zettingsverschil maximaal 1 : 10

# Grondkerende constructies

- **Materiaaleigenschappen geogrids (polymere grondwapeningsproducten):**
  - polyester geogrids (PET): treksterkte 30 - 200 kN/m', breukrek 8 - 12%
  - hoge dichtheid polyetheen geogrids (HDPE): treksterkte 40 - 175 kN/m', breukrek 12%
  - polyester strips (PET): 40 -175 kN/strip, breukrek 12%
- **Materiaaleigenschappen aanvulmateriaal:**
  - meestal niet-cohesief aanvulmateriaal (schoon zand) in lagen van circa 0,5 m aangebracht en verdicht

# Grondkerende constructies

- Reductiefactoren t.b.v. bepaling rekenwaarde sterkte wapening:
  - kruip (afhankelijk o.a. testdata, levensduur): 2,0 tot 5,0
  - productie onzekerheden: 1,1
  - extrapolatie testdata:
    - tot 10 jaar: 1,0
    - tot 100 jaar: 2,0
  - mechanische beschadiging: 1,5 tot 2,0
  - chemische beschadiging (o.a. biologische aantasting en UV-straling): 1,0 tot 2,0
  - risico constructie: 1,0 tot 1,1

# Grondkerende constructies

- **Controle van de interne stabiliteit conform CUR-richtlijn 198:**
  - tie back wedge method (verankerde wig methode) voor rekbaar wapening ( $\text{rek} > 1\%$ , geogrids), met actieve en passieve zone volgens de theorie;
  - coherent gravity method voor niet-rekbaar wapening ( $\text{rek} < 1\%$ , stalen strips), met actieve en passieve zone op basis van meetresultaten.
- **Toetsing t.b.v. bepaling type wapening en h.o.h.-afstand door leverancier.**

# Grondkerende constructies

- Controle van de externe stabiliteit (monoliet geheel) conform NEN 6740/6744 en CUR-richtlijn 198:
  - verticale draagkracht (gedraineerd);
  - kantelen;
  - horizontale draagkracht (gedraineerd);
  - totale stabiliteit (diepgelegen glijcirkels).
- Toetsing t.b.v. bepaling afmetingen grondkerende constructie (lengte wapening) door ingenieursbureau of leverancier.

# Grondkerende constructies

- **Aandachtspunten (1):**

- Aanlegniveau afhankelijk van: bodemopbouw (grondverbetering), ontgravingsniveau K&L (0,75 m), vorstvrije aanlegdiepte (0,8 m), externe stabiliteit en te verwachten zettingen/zettingsverschillen.
- Ontwerpen voor definitieve constructies (gebruik > 5 jaar) voor een levensduur van 100 jaar.

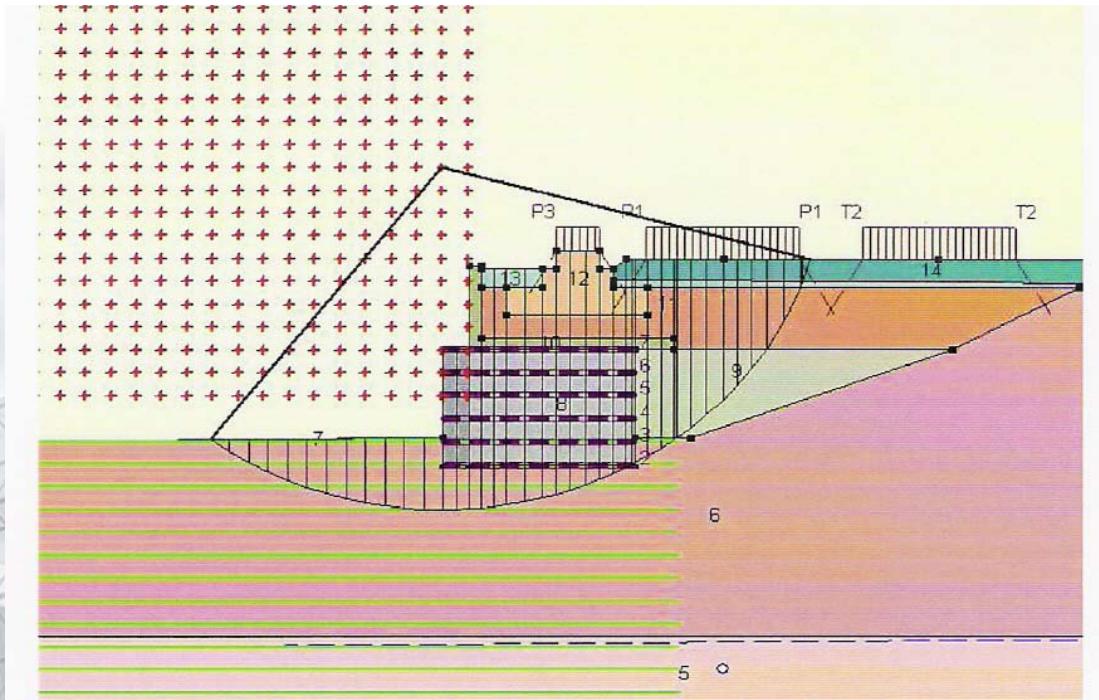
# Grondkerende constructies

- **Aandachtspunten (2):**

- Verticale vervorming (grotendeels tijdens de bouwfase) t.g.v. zetting van de ondergrond, klink van het ophoogmateriaal en eventueel zetting t.g.v. bovenbelasting.
- Horizontale vervorming (tijdens bouw- en gebruiksfase) t.g.v. kruip (maximale rek 0,5 – 1,0%) van de wapening.
- Freatische grondwaterstand (GHG) bij voorkeur beneden onderste wapeningslaag, eventueel beheersing d.m.v. drainagevoorziening.

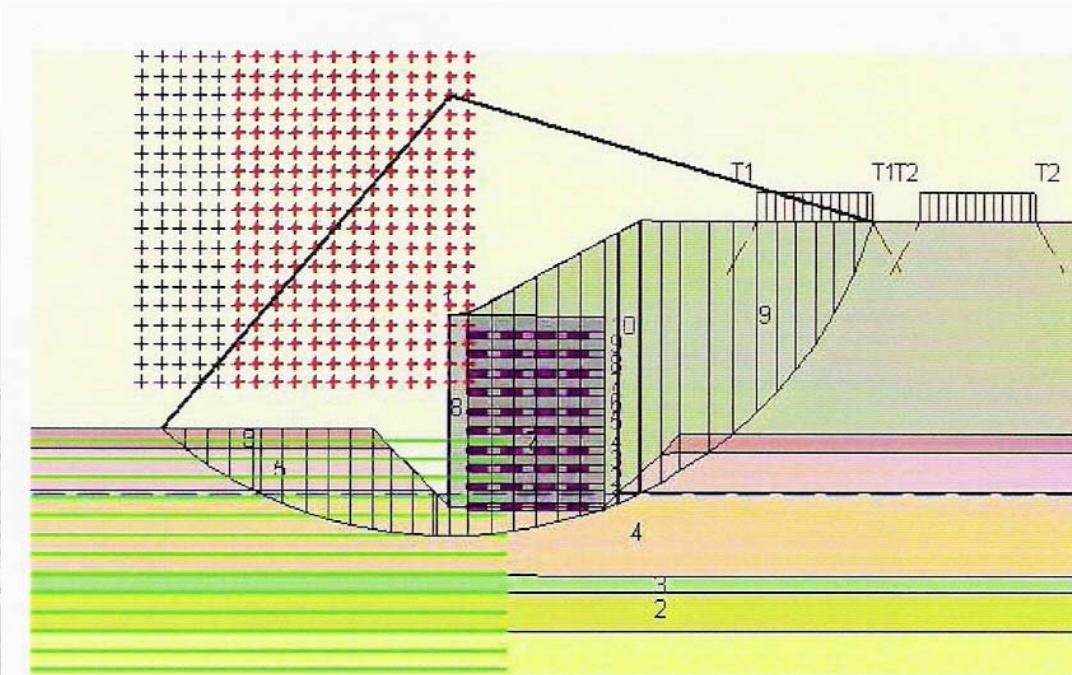
# Grondkerende constructies

- Project Vleugel/RSS – traject Vleuten - ARK



# Grondkerende constructies

- Project Vleugel/RSS – traject Vleuten - ARK



# Grondkerende constructies

- Project Vleugel/RSS – traject Vleuten - ARK



# Grondkerende constructies

- Project Vleugel/RSS – traject Vleuten - ARK

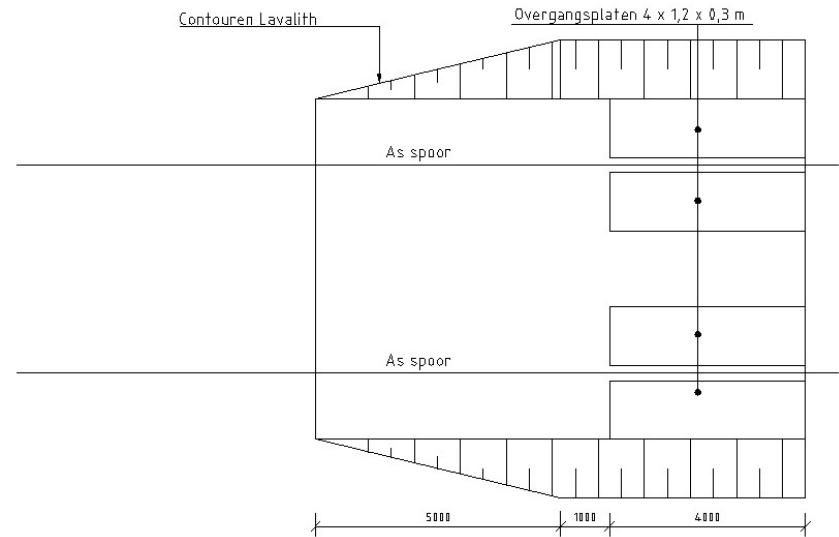
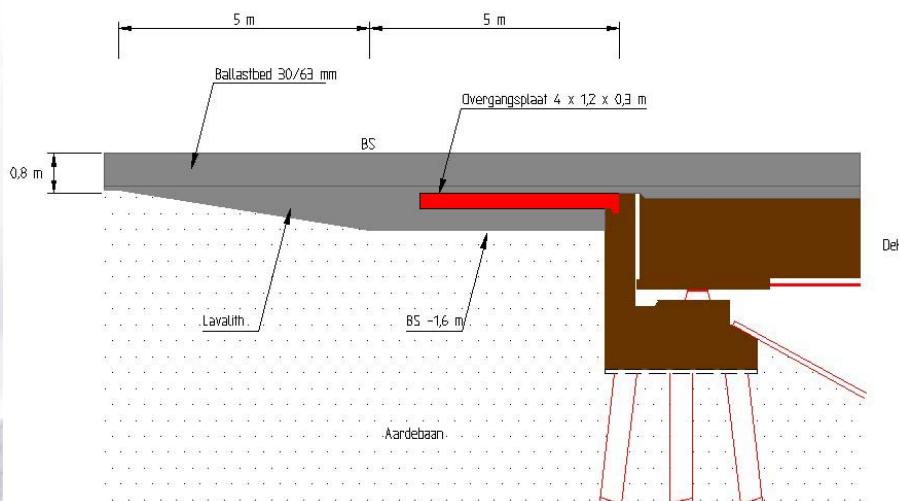


# Overgangsconstructies

- Toepassing overgangsconstructie tussen aardebaan en kunstwerk om gelijkmatige en veilige overgang te realiseren.
- Met het toenemen van de treinsnelheid (140 -> 200 km/uur) is aanpassing van de standaard overgangsconstructie noodzakelijk (reizigerscomfort, veiligheidsniveau en beperking onderhoud).
- Onderzoek naar alternatieve overgangsconstructie voor project Amsterdam – Utrecht:
  - statisch gedrag – Plaxis 2D;
  - dynamisch gedrag – Cambrigde model.

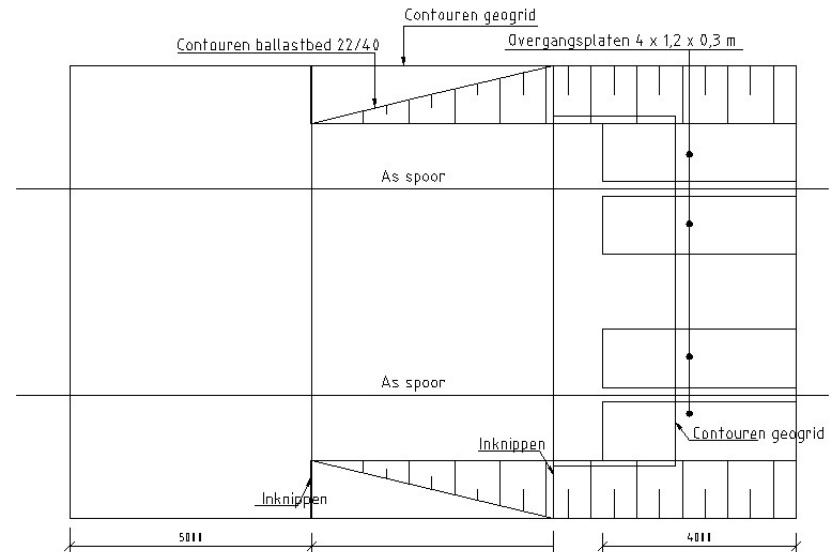
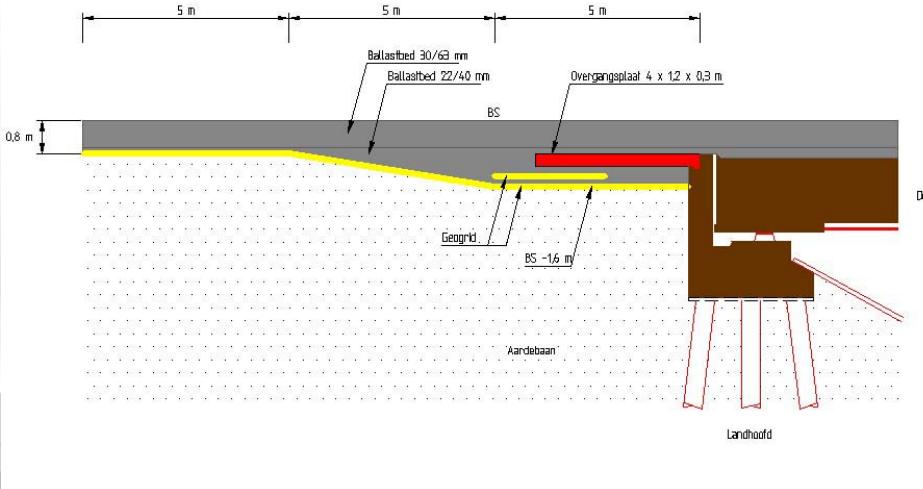
# Overgangsconstructies

- Standaard overgangsconstructie



# Overgangsconstructies

- Alternatieve overgangsconstructie

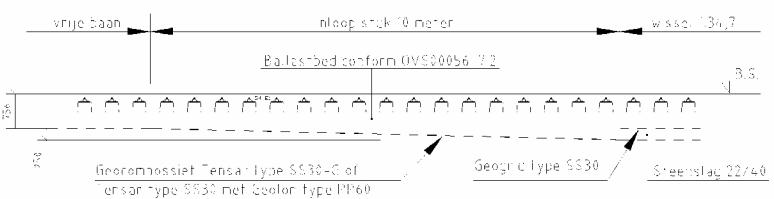


# Overgangsconstructies

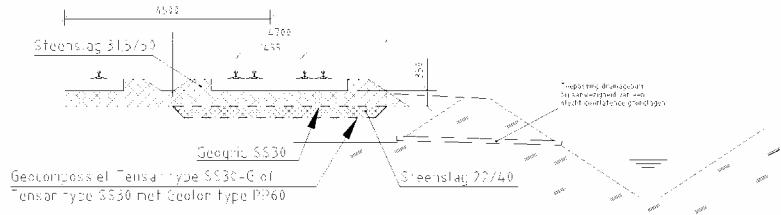
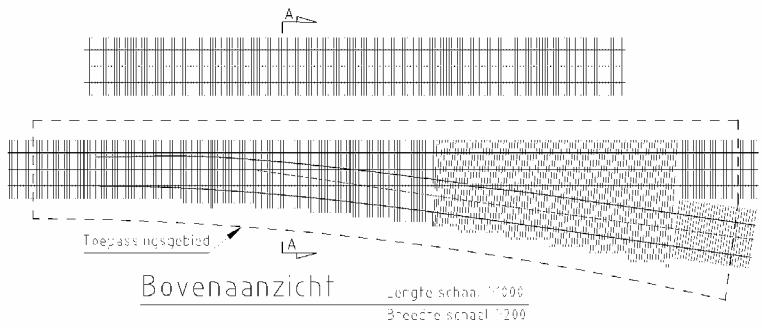
- **Conclusie ontwerp alternatieve overgangsconstructie:**
  - meer gelijkmatig verloop van de (rest-)zettingen;
  - vergelijkbare bakversnelling (reizigerscomfort) bij standaard en alternatieve overgangsconstructie;
  - toepassing van het geogrid heeft een positief effect op het statisch en dynamisch gedrag.
- **Om het gedrag van de alternatieve overgangsconstructie te toetsen in de praktijk, is door ProRail een meetprogramma op het traject Amsterdam – Utrecht opgestart.**

# Wissels

- Wissels zijn gevoelig voor ongelijkmatige (rest-) zettingen.
- Om onderhoud en storingen te beperken is voor bestaande spoorbanen (bovenbouw vernieuwing) een alternatieve wisselfundatie (met geogrids) uitgewerkt.
- Toetsing van het ontwerp is vooralsnog beperkt mogelijk.
- Uitvoering van metingen om meerwaarde alternatieve wisselfundatie aan te tonen.



Zijaanzicht Schaal 1:100



Doorsnede A-A Schaal 1:100

Aflever voor de uitvoering:

Uitgave	Gewijzigd
Gedownload	Gedownload
Datum	Gecontroleerd
omschrijving wijziging	

(Status: DEFNTIFF)

Utrecht

	naam	pos	datum
getekend	W. Brinkhorst	WB	25/8/05
gecontroleerd	L. Kwaast	JK	25/8/05
gedownload	L. Kwaast	JK	25/8/05
projectnr.			uitgave
formaat	A3		
schaal	1:100		

Wisselfundament 134,7

ProRail

Principe tekening

43 00 70

T-CT AG B&S Bouwvoorbouwconstruccies  
Postbus 2855  
5584 GW Utrecht  
Telefoon 030 - 265 43 02  
Telefax 030 - 265 43 98

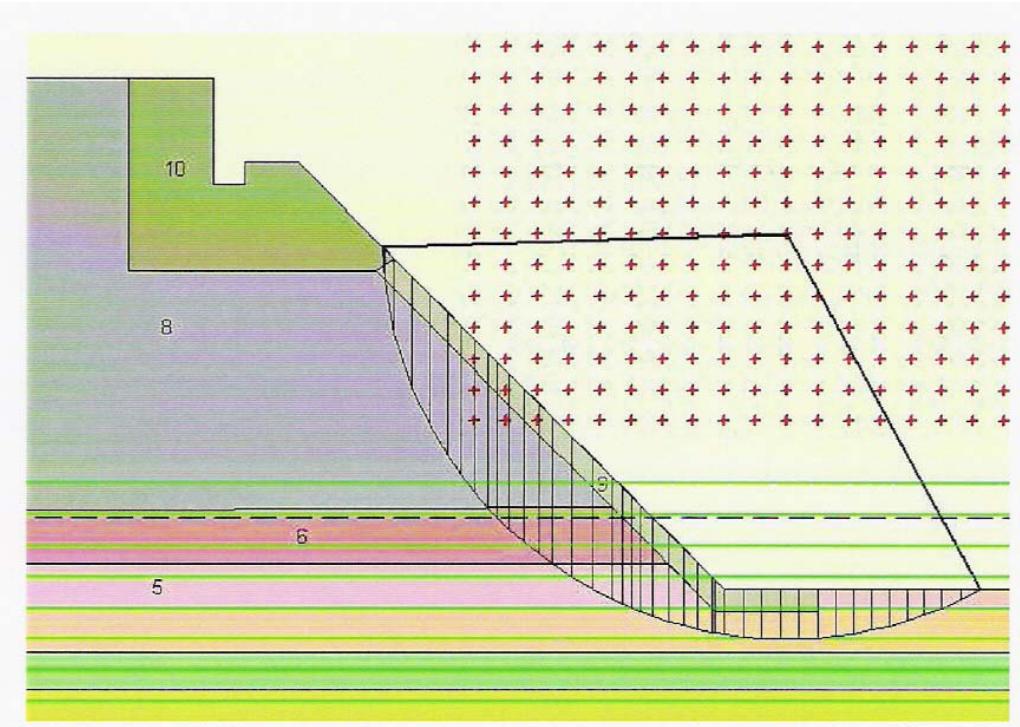
Holland Railconsult

# Baanlichaam

- **Toepassing geotextielen en geogrids onder het ballastbed (bovenbouw vernieuwing) -> presentatie Theo Huijbregts.**
- **Toepassing geokunststoffen t.b.v. stabiliteit van het talud (OVS Baanlichaam en Geotechniek):**
  - veiligheidsklasse 3, Geotechnische Categorie 2;
  - overall veiligheidsfactor 1,3 in eindfase met gebruik representatieve waarden;
  - Volgens NEN 6740/CUR 162 met gebruik partiële belasting- en materiaalfactoren (veiligheid > 1,0);
  - Dynamische factor (treinverkeer) behoeft niet in rekening te worden gebracht.

# Baanlichaam

- Project Vleugel/RSS – traject Vleuten - ARK



# Productspecificaties (SPC)

- Productspecificaties ProRail voor vrijgave (certificering) van geokunststoffen in de spoorwegbouw:
  - Functionele eisen
  - Prestatie eisen
  - RAMS-eisen (o.a. levensduur 50 jaar)
  - Aanvullende eisen (omgeving)
- Uitgangspunt NEN-EN 13250: Geotextiel en aan geotextiel verwante producten – Vereiste eigenschappen voor toepassing in de spoorwegbouw.

# SPC – vliezen en weefsels

- Toepassing vliezen en weefsels in spoorbanen voor scheiden en filteren (SPC00252).
- Toepassing geogrids in spoorbanen voor wapening ter verhoging van de draagkracht van de onderbouw (SPC00253).

# Functionele eisen vliezen en weefsels

Karakteristieke eigenschap	Functie
Treksterkte	Filterwerking, Scheiding
Oppervlakte slijtage	Filterwerking <sup>1</sup> , Scheiding <sup>1</sup>
Statische ponsweerstand	Scheiding
Weerstand tegen dynamische perforatie	Filterwerking
Karakteristieke openingsmaat	Filterwerking
Waterdoorlatendheid loodrecht op het vlak	Filterwerking
Duurzaamheid	Filterwerking, Scheiding

# Prestatie eisen vliezen en weefsels

Volgnummer eisen	Karakteristieke eigenschap	Beproevingsmethode	Karakteristieke waarde (95% betrouwbaarheid)
1	Treksterkte (MR/DMR)	NEN-EN ISO 10319	> 5 kN/m' / > 5 kN/m'
2	Oppervlakte slijtage <sup>1</sup>	NEN-EN ISO 13427	Reststerkte > 85%
3	Statische ponsweerstand <sup>2</sup>	NEN-EN ISO 12236 (CBR proef)	> 3,0 kN
4	Weerstand tegen dynamische perforatie	NEN-EN 918 (Kegel-valproef)	< 35 mm
5	Karakteristieke openingsmaat ( $O_{90}$ ) <sup>3</sup>	NEN-EN ISO 12956	$O_{90} < 500 \mu\text{m}$
6	Waterdoorlatendheidsindex ( $VI_{H50}$ ) loodrecht op het vlak <sup>4</sup>	NEN-EN ISO 11058	> 10 mm/s
7	Duurzaamheid <sup>5</sup> - UV bestendigheid	NEN-EN 13250 (Annex B) NEN-EN 12224	Levensduur > 50 jaar Afdektijd maximaal 2 weken

# Functionele eisen geogrids

Karakteristieke eigenschap	Functie
Treksterkte	Wapening
Rek bij maximale belasting	Wapening
Wrijvingseigenschappen	Wapening
Oppervlakte slijtage	Wapening <sup>1</sup>
Duurzaamheid	Wapening

# Prestatie eisen geogrids (1)

- Wapeningsfunctie van het geogrid moet kunnen worden vervuld volgens het principe van horizontale wapening, waarbij geringe vervormingen optreden (geen membraanwerking).

# Prestatie eisen geogrids (2)

Volgnummer eisen	Karakteristieke eigenschap	Beproevingsmethode	Karakteristieke waarde (95% betrouwbaarheid)
2	Treksterkte (MR/DMR)	NEN-EN ISO 10319	> 30 kN/m' / > 30 kN/m'
3	Rek bij maximale belasting (MR/DMR)	NEN-EN ISO 10319	< 10% / < 10%
4	Treksterkte (MR/DMR) bij 3% rek	NEN-EN ISO 10319	> 10 kN/m' / > 10 kN/m'
5	Oppervlakte slijtage <sup>1</sup>	NEN-EN ISO 13427	Reststerkte > 90%
6	Duurzaamheid <sup>2</sup> - UV bestendigheid	NEN-EN 13250 (Annex B) NEN-EN 12224	Levensduur > 50 jaar Afdektijd maximaal 2 weken

# Conclusies

- **Flexibele constructies t.a.v. zettingen / zettingsverschillen.**
- **Ontwerpmethoden beschikbaar en praktijkervaringen (nationaal/internationaal) ruim aanwezig.**
- **Korte bouwtijd en relatief lage bouwkosten.**
- **Toepassing als definitieve constructie onder of in de nabijheid van spoorwegen is toegestaan.**
- **Inpassing (b.v. groene wanden) in omgeving is goed mogelijk.**

# Vragen ???

