

Austroads



Funderingswapening

Christ van Gulp

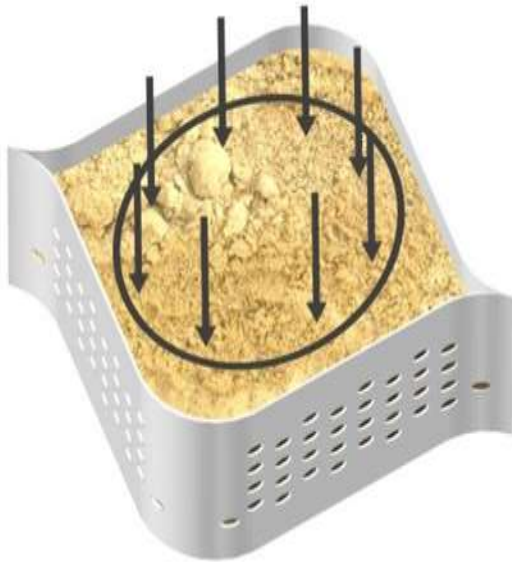
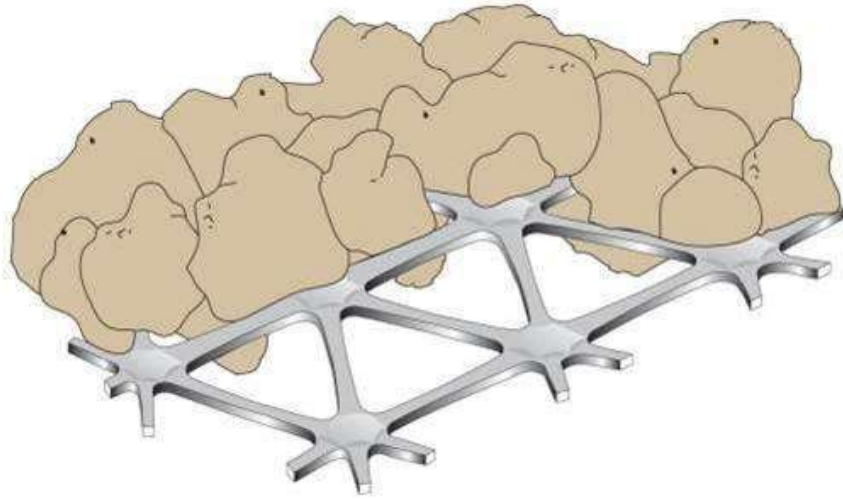
Kiwa KOAC Technolgendagen - maart 2019

Doel van funderingswapening

- Vergroting weerstand tegen permanente vervorming
- Vergroting lastspreiding
- Vermindering spanning op lager gelegen lagen en/of ondergrond

- Mogelijkheid tot dunnere wegconstructie

Vergroting opsluiting mineraal aggregaat

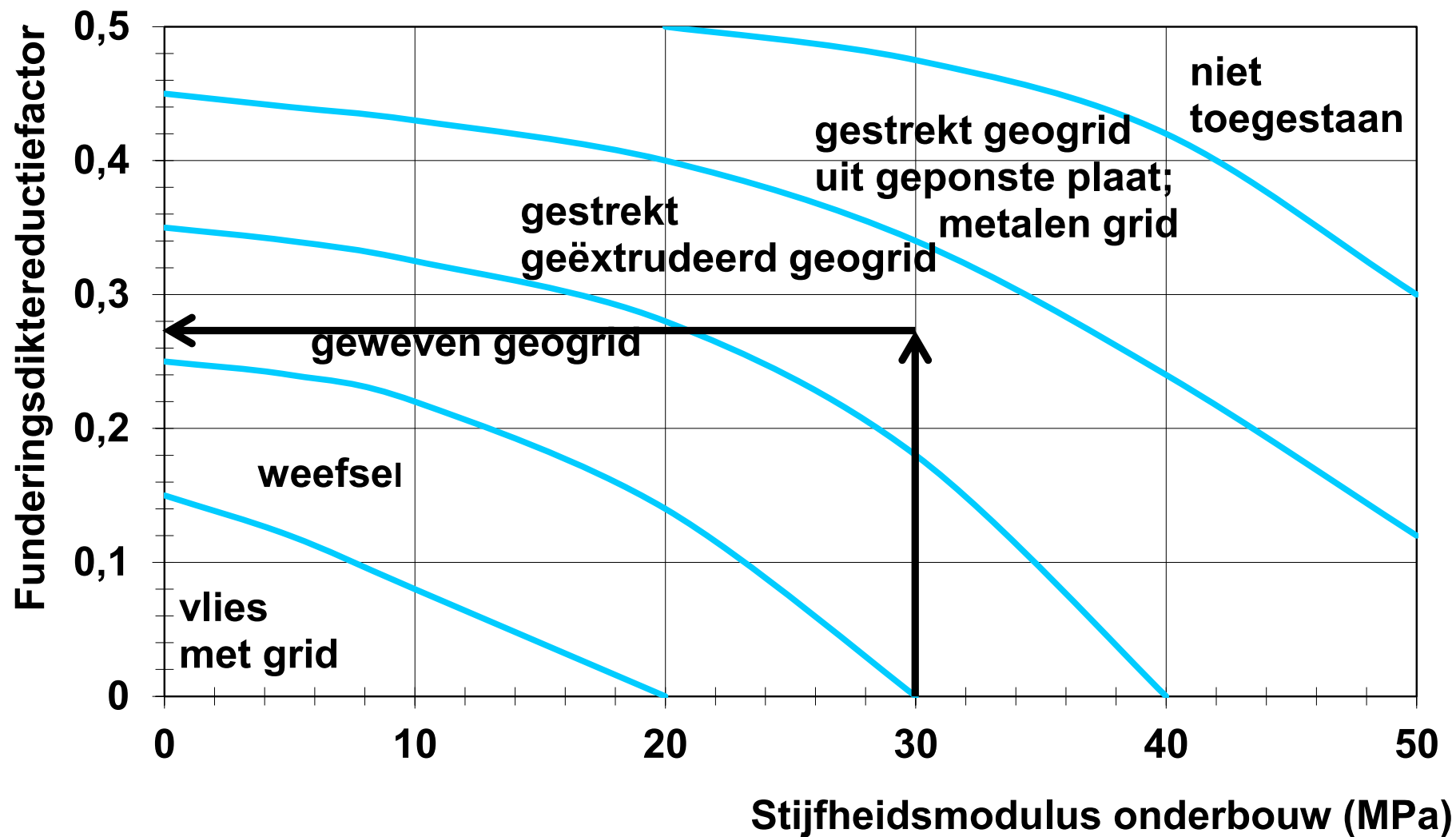


Publicatie funderingswapening



- Dimensionering van funderingswapening in
 - onverharde wegen
 - straatsteenverhardingen
 - asfaltverhardingen

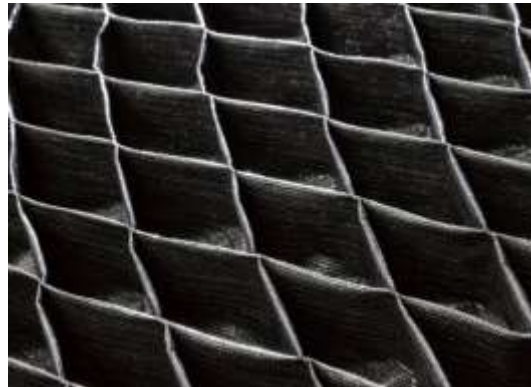
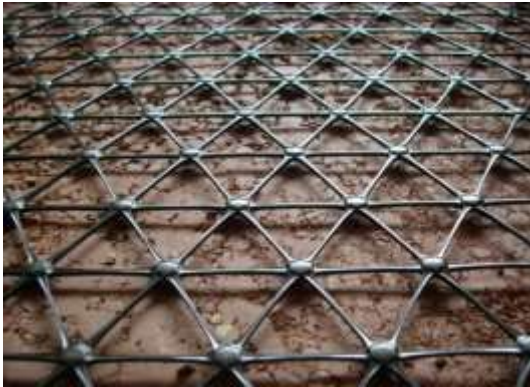
CROW-ontwerpgrafiek funderingswapening



Nadeel CROW-ontwerpmethode

- Alleen onderscheid in 'families' van producten
- Geen prestaties van geocellen in verwerkt
- Onduidelijk hoe nieuwe producten een plaats moesten krijgen in de ontwerpmethode
- Ontwerpmethode niet helemaal compatibel met OIA 2.0
- Tijd voor een update!

Geokunststoffen funderingswapening



Eis aan nieuwe ontwerpmethode

- Verbeterend effect moet zijn gebaseerd op werking van funderingswapening en mineraal aggregaat samen, dus niet op alleen materiaaleigenschappen zoals
 - maaswijdte
 - treksterkte
 - knooppunteffectiviteit
- Toepasbaar op asfaltwegen, straatsteenverhardingen en onverharde wegen
- Methode voor asfaltverhardingen moet aansluiten op CROW-software OIA 2.0 (Ontwerpinstrumentarium asfaltverhardingen)

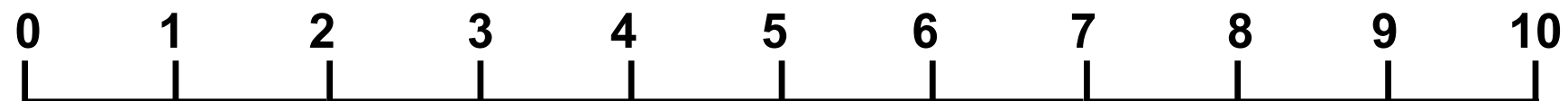
Knelpunten

- Keuze van voorspellende modellen voor wapenend effect van (onder)funderingswapening
 - wapening
 - mechanische stabilisatie
- Karakterisering stijfheid ondergrond
- Karakterisering wapenend effect funderingswapening

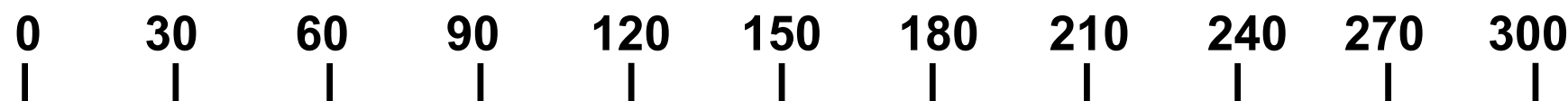
Karakterisering stijfheid ondergrond

- Meerdere indicatoren voor stijfheid in diverse ontwerpprocedures
 - conussondeerweerstand
 - ongedraineerde schuifsterkte
 - CBR-waarde
 - dynamische stijfheidsmodulus
 - vervormingsmodulus
- Gekozen voor dynamische stijfheidsmodulus als indicator
 - resilient modulus

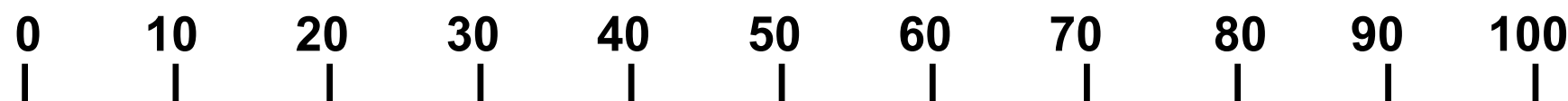
Conversie stijfheid cohesief/fijnkorrelig mineraal



CBR (%)



c_u (kPa)



$M_r = E_{dyn}$ (MPa)



E_{vd-K} (MPa)

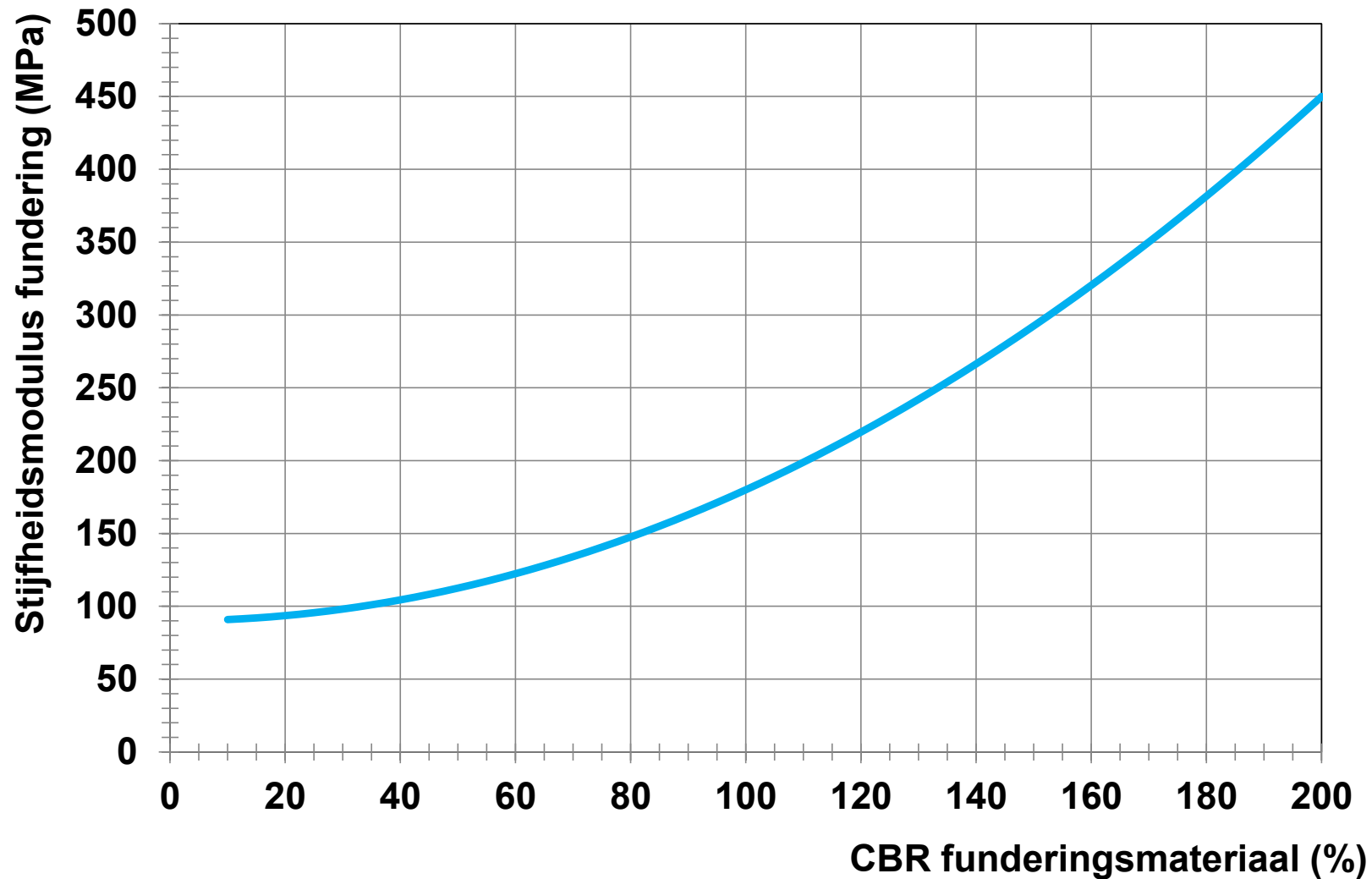


E_{vd-Z} (MPa)

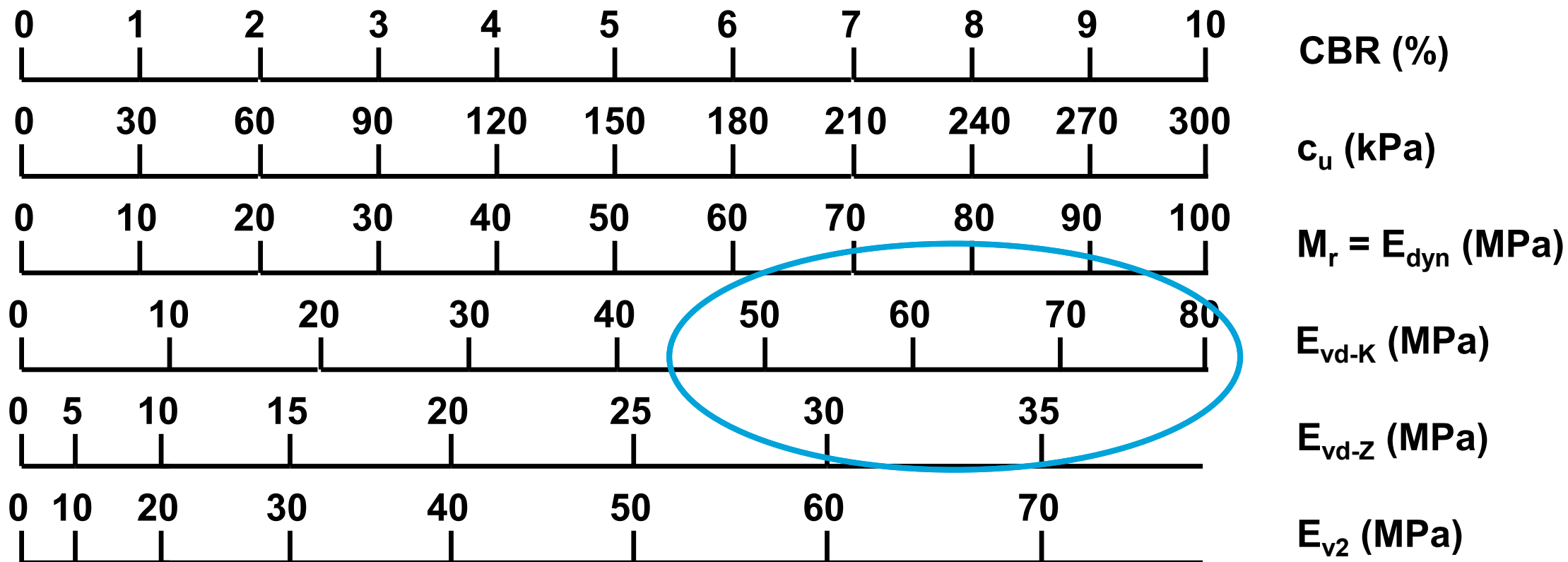


E_{v2} (MPa)

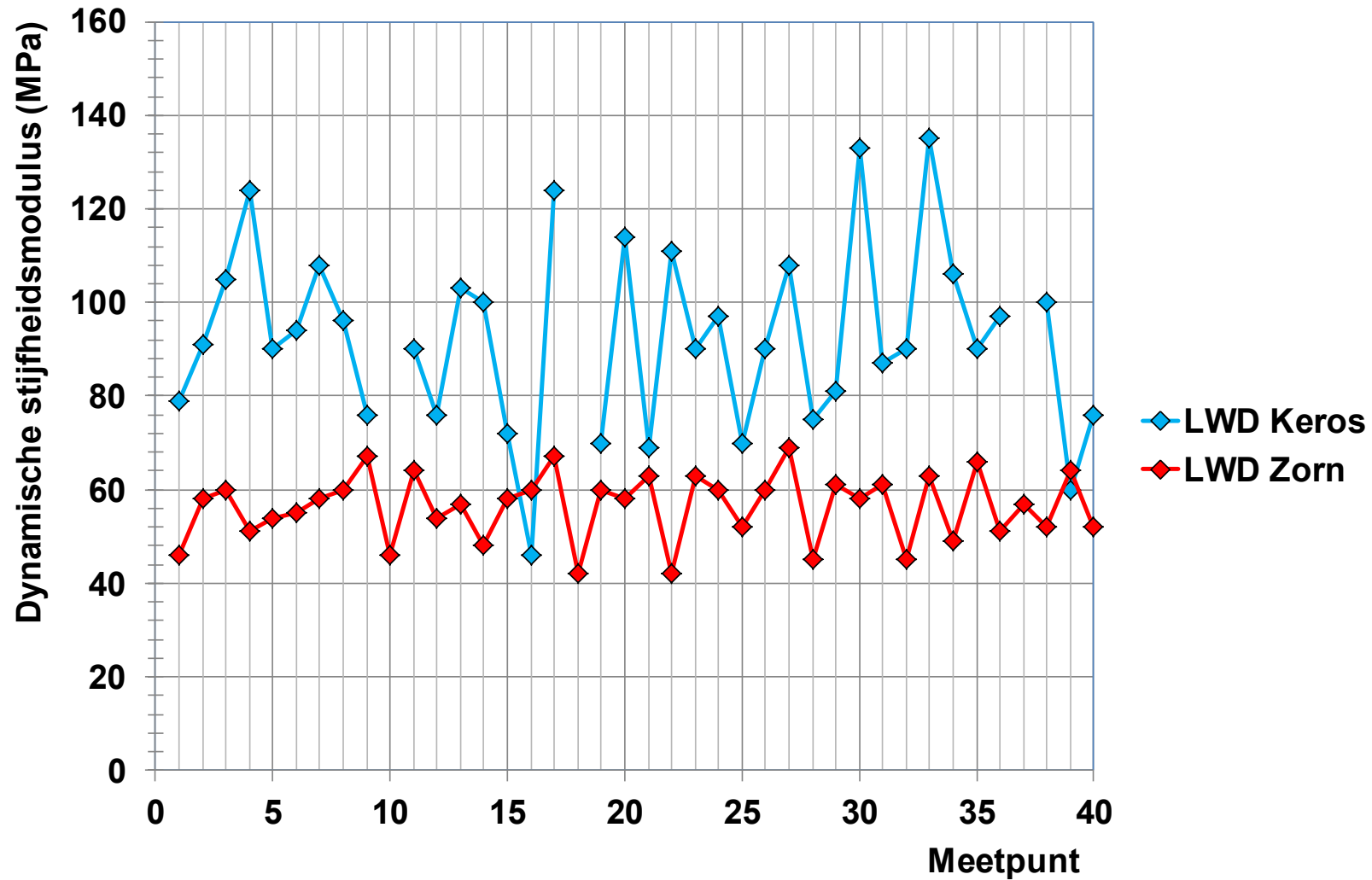
Conversie stijfheid grofkorrelig mineraal



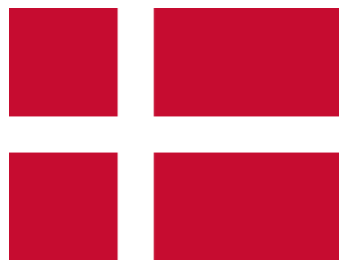
Conversie stijfheid cohesief/fijnkorrelig mineraal



Verschillen tussen Light Weight Deflectometers



De ene LWD is de andere niet



Sweco PRIMA100

**Vraag altijd naar
met welk apparaat is gemeten
anders kunt u de stijfheidsmoduli
niet op waarde beoordelen**



Zorn ZFG 3.0
Zorn ZFG 3000 GPS

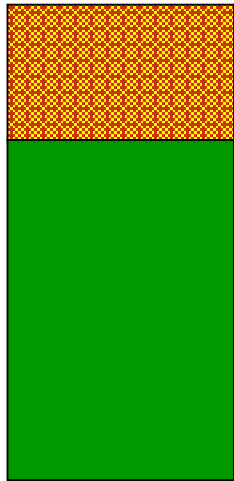
- Kracht gemeten door drukdoos of vast getal
- Deflectie gemeten door gefoon of versnellingsopnemer
- Deflectie gemeten door gat in voetplaat of op voetplaat
- Poissongetal 0,35 of 0,50 in berekening surface modulus

Karakterisering onderbouw

- In ontwerpmethode voor funderingswapening op onverharde wegen slechts een enkele indicator voor stijfheid van geheel van lagen onder fundering toegestaan
- Berekening stijfheidsmodulus van ongebonden onderfundering en/of fundering afhankelijk van stijfheid onderbouw en niet alleen ondergrond
- In OIA grens aan aantal lagen onder asfaltverharding
- Gekozen voor equivalente stijfheid van onderbouw

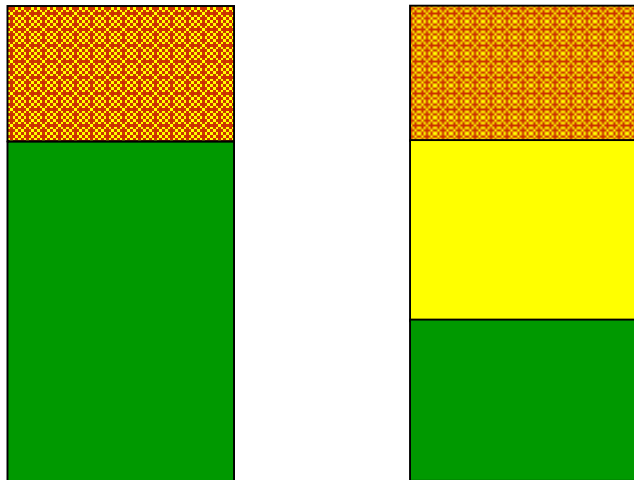
Austrorads

Gelaagde opbouw



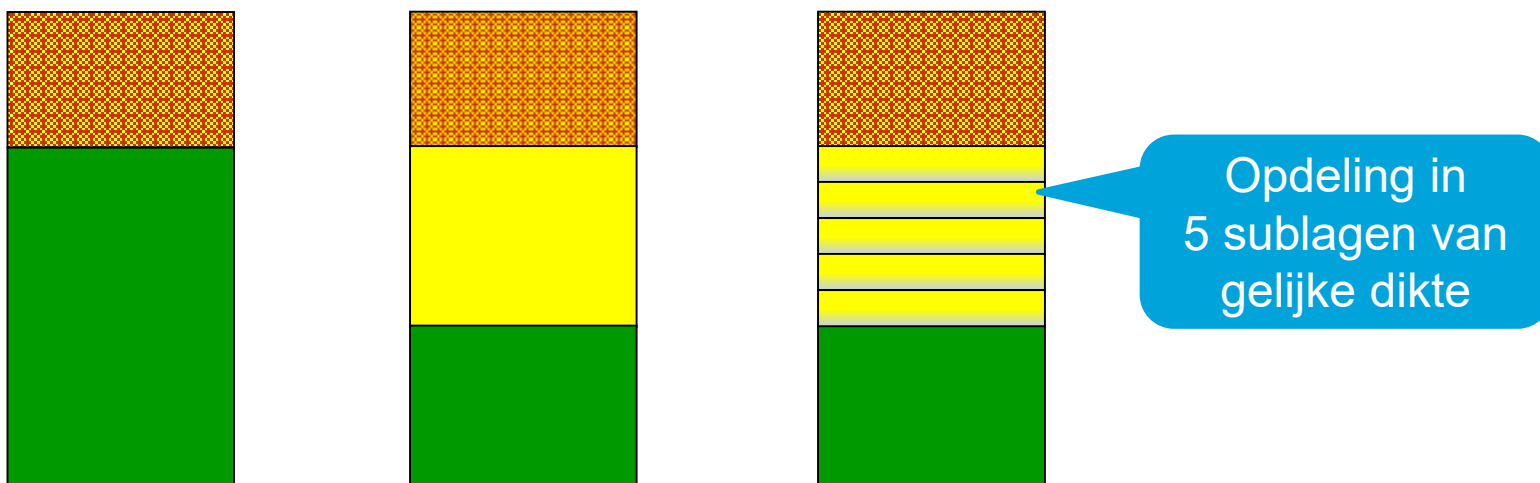
- Fundering direct op ondergrond, geen probleem met karakterisering van stijfheid onderbouw

Gelaagde opbouw



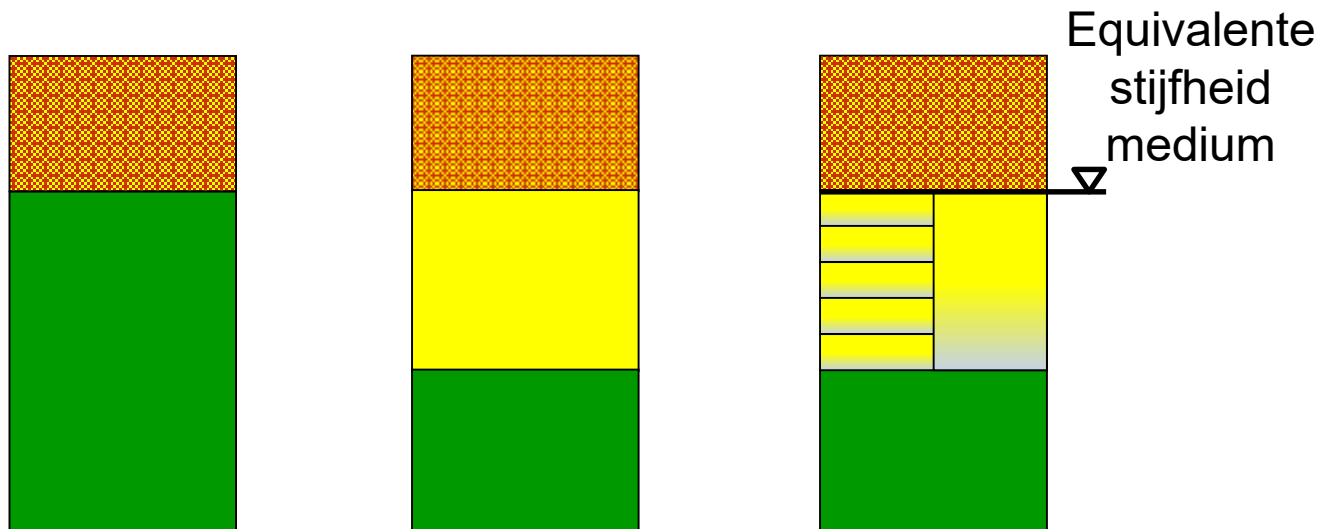
- Onderfundering op ondergrond
 - bepaling equivalente stijfheid van twee op elkaar liggende lagen
 - voorkomen overschatting stijfheid (onder)fundering op slappe grondslag

Gelaagde opbouw via Austroads



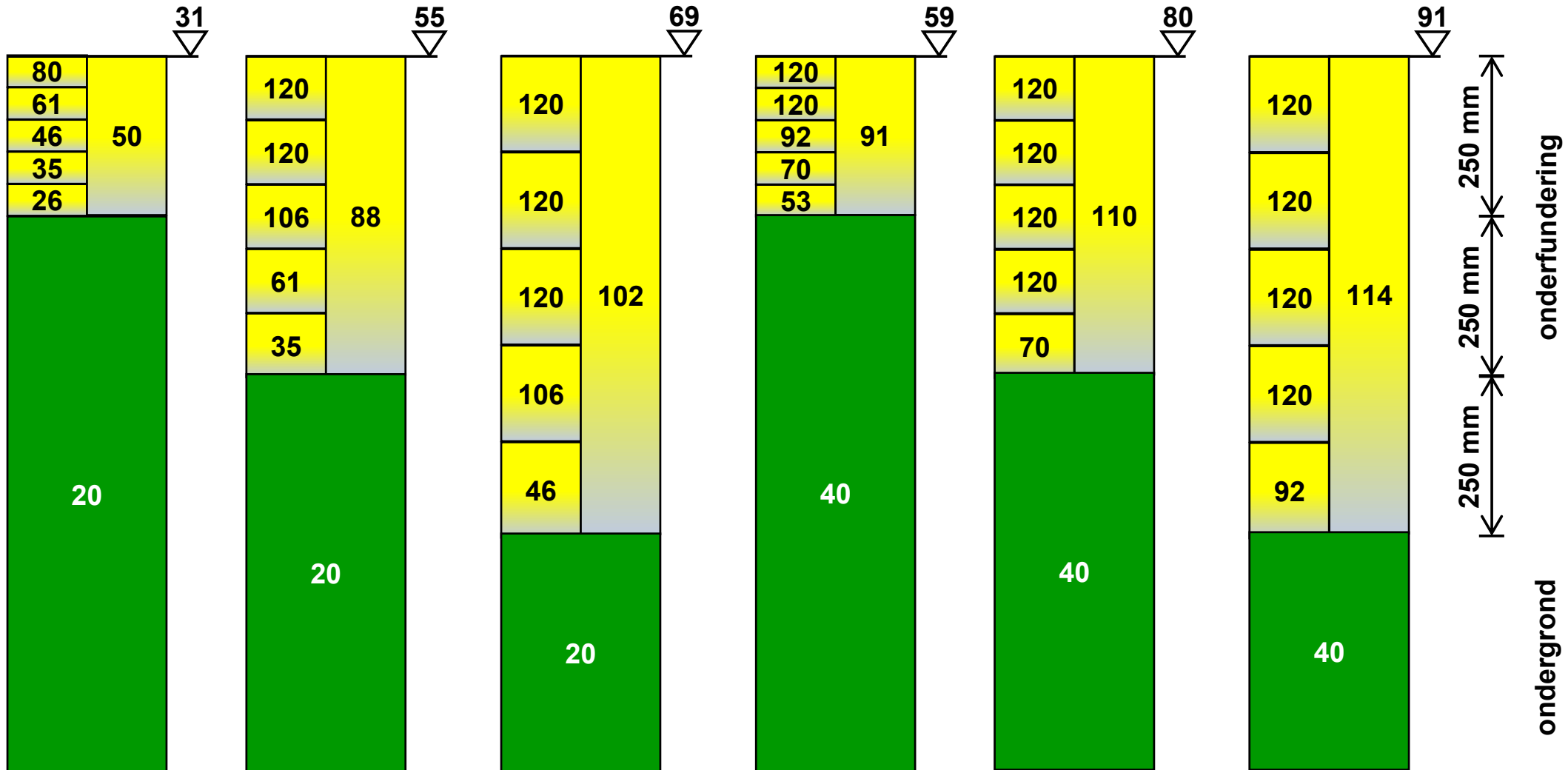
- Berekening realistische stijfheid (onder)fundering met Austroads-model
 - IN: totale laagdikte onderfundering
 - IN: grenswaarde stijfheidsmodulus onderfundering onder optimale omstandigheden

Gelaagde opbouw via Austroads



- Berekening realistische stijfheidsmodulus (onder)fundering
 - UIT: stijfheidsmodulus per sublaag
 - UIT: gemiddelde stijfheidsmodulus onderfundering

Stijfheid ongewapende gelaagde opbouw



Karakterisering wapenend effect

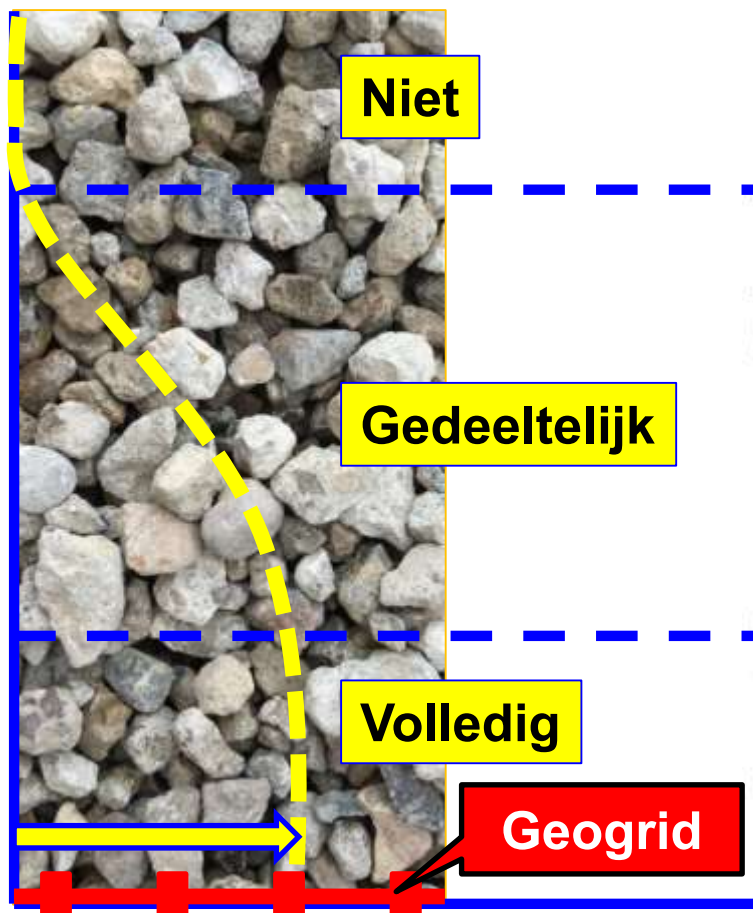


Asfaltverharding

Onverharde weg
Straatsteenverharding

- Langere levensduur
 - Traffic Benefit Ratio
- Grotere weerstand tegen permanente vervorming
- Modulus Improvement Factor (MIF)
 - $E_{gew} = MIF \cdot E_{ongew}$
- Equivalentiefactor gewapende laag
 - $h_{gew} = f \cdot h_{ongew}$

Effectieve werkingshoogte geogrid

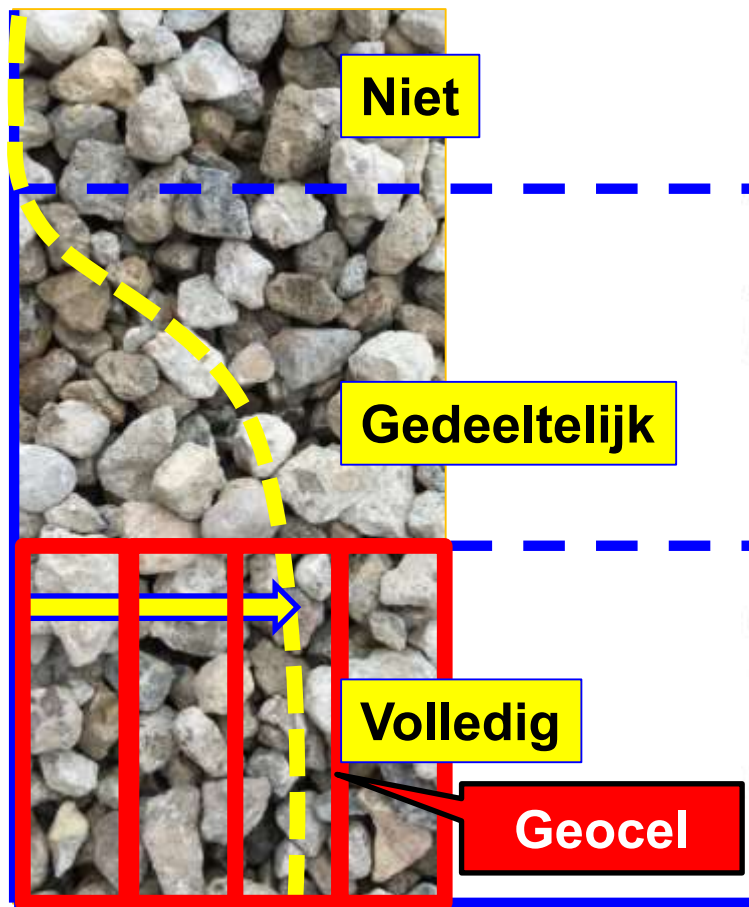


Mate van opsluiting



- Bovenzijde “Volledig” 2x tot 3x grootste korreldiameter vanaf geogrid
- Bovenzijde “Gedeeltelijk” 4x tot 5x grootste korreldiameter vanaf geogrid
- Bij vormvaste geogrids zijn vermenigvuldigingsfactoren iets groter
- Rekenwaarde effectieve werkingshoogte is som van hoogte “Volledig” + 0,5 x hoogte “Gedeeltelijk”

Effectieve werkingshoogte geocel



Mate van opsluiting



- Hoogte “Volledig” gelijk aan hoogte geocel
- Hoogte “Gedeeltelijk” afhankelijk van korreldiameter, stijfheid celwanden en aanwezigheid celbodem
- Rekenwaarde effectieve werkingshoogte is som van hoogte “Volledig” + 2 cm boven geocel en 2 cm onder geocel (indien geocel niet helemaal onderin is gesitueerd)

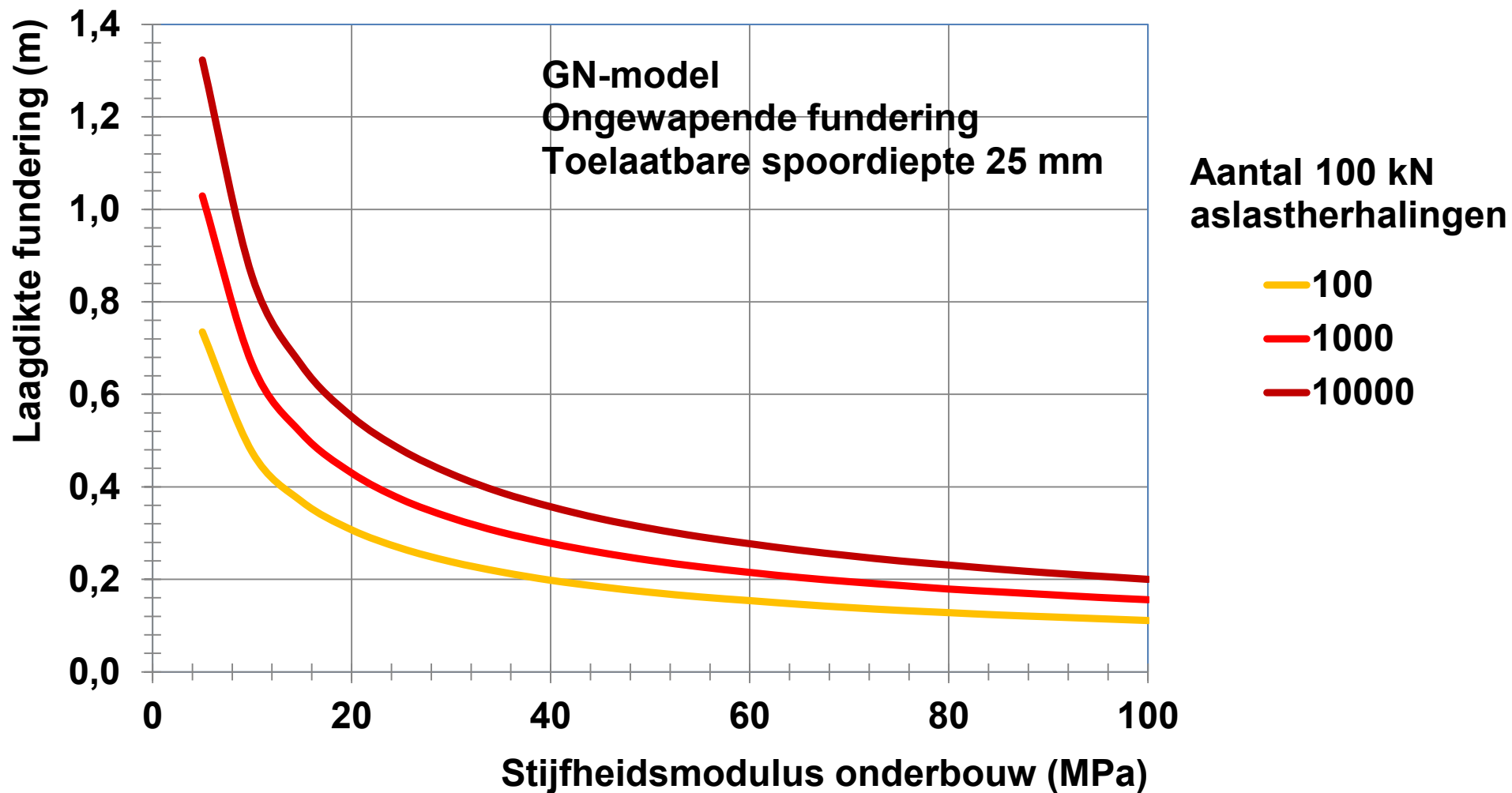
Dimensionering onverharde wegen

- Permanente vervorming (spoordiepte) maatgevend criterium
- Ontwerpparameter is laagdikte fundering
- Gereedschappen
 - formule Giroud-Noiray
 - formule Giroud-Han
- Dimensionering
 - ongewapende onverharde weg
 - gewapende onverharde weg

Dimensionering onverharde wegen - Inputparameters

- Toelaatbare spoordiepte (mm)
- Standaard aslast (N)
- Aantal lastherhalingen van standaard aslast (-)
- Stijfheid onderbouw (MPa)
- Wapenend effect geogrid of geocel
 - wapenend effect funderingswapening verwerkt in coëfficiënten van formules

Funderingsdikte ongewapende onverharde weg



Dimensionering straatsteenverhardingen

- Permanente vervorming (spoordiepte) maatgevend criterium
- Dimensionering gelijk aan onverharde weg
 - toepassing van reductie op laagdikte fundering onverharde weg vanwege lastspreidend vermogen straatstenen

Dimensionering straatsteenverhardingen - Inputparameters

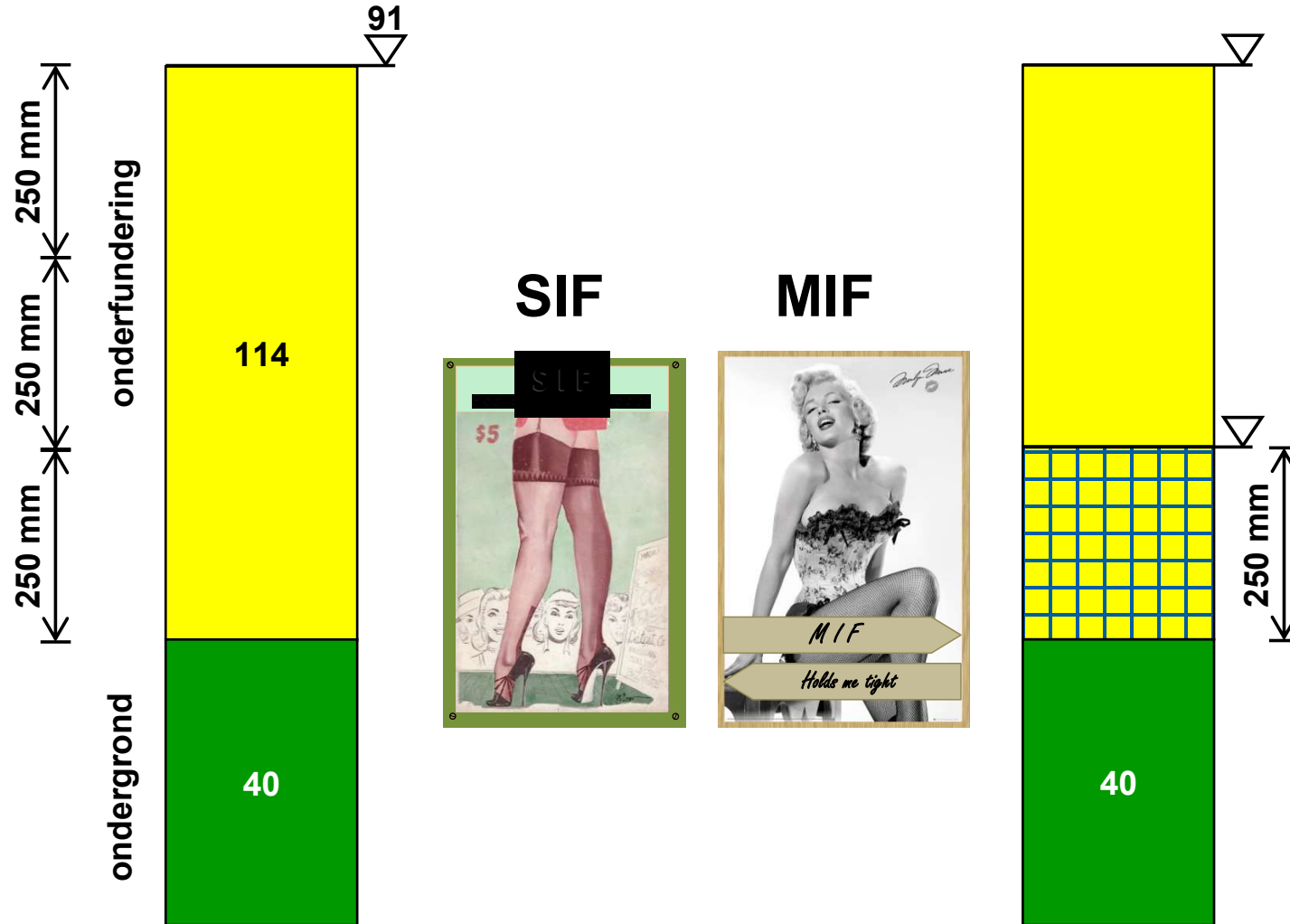
- Toelaatbare spoordiepte (mm)
- Standaard aslast (N)
- Aantal lastherhalingen van standaard aslast (-)
- Stijfheid onderbouw (MPa)
- Wapenend effect geogrid of geocel
- Dikte betonstraatsteen



Dimensionering asfaltverhardingen

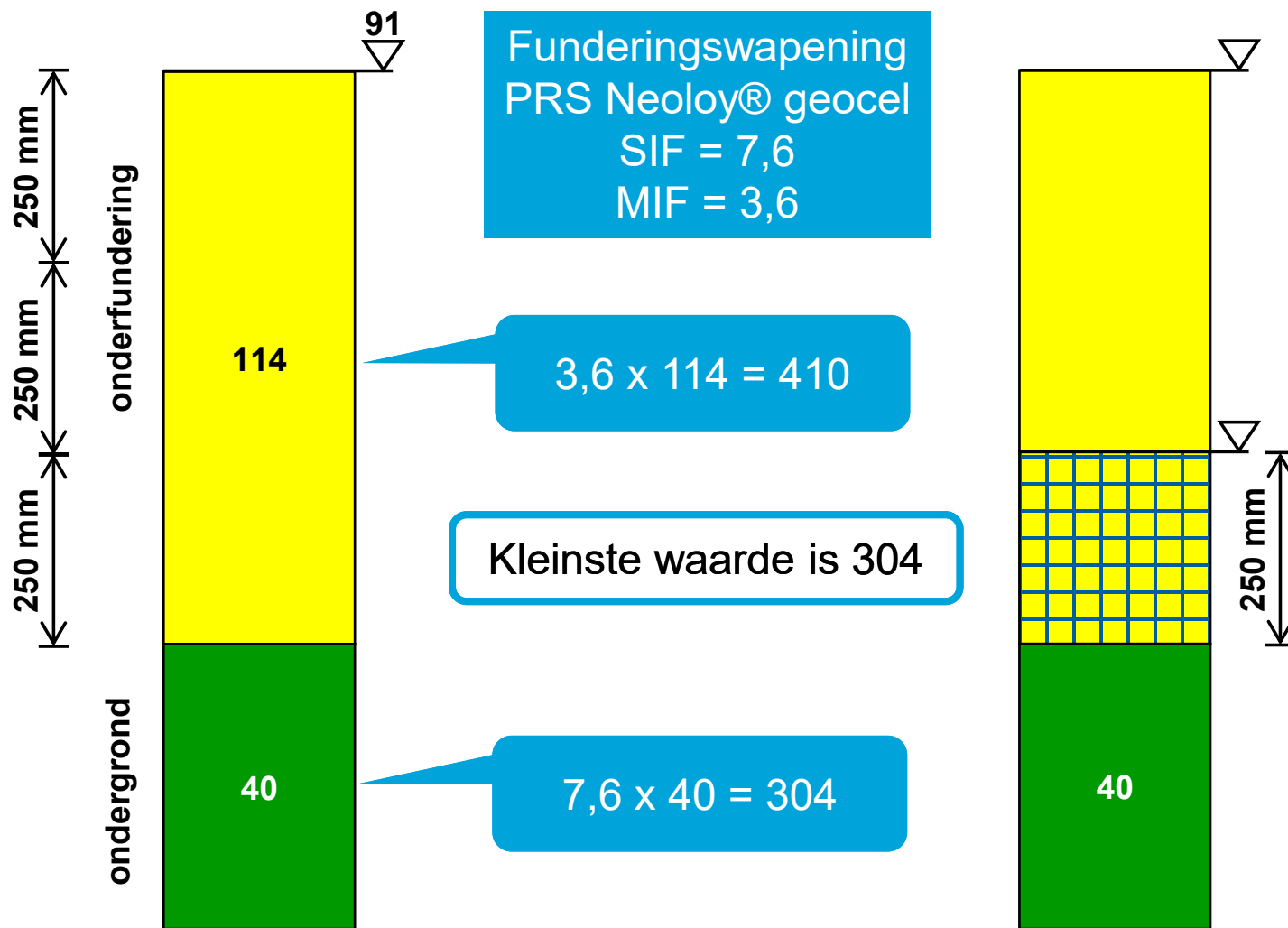
- Idealiter permanente vervorming fundering maatgevend criterium
 - funderingswapening verbetert de weerstand tegen permanente vervorming
 - geen criterium in gangbare Nederlandse ontwerpmodellen zoals CARE en OIA
- Wapenend effect verdisconteerd in verhoogde stijfheidsmodulus gewapende laag
 - wapenend effect alleen over effectieve werkingshoogte

Verhoging stijfheid door funderingswapening



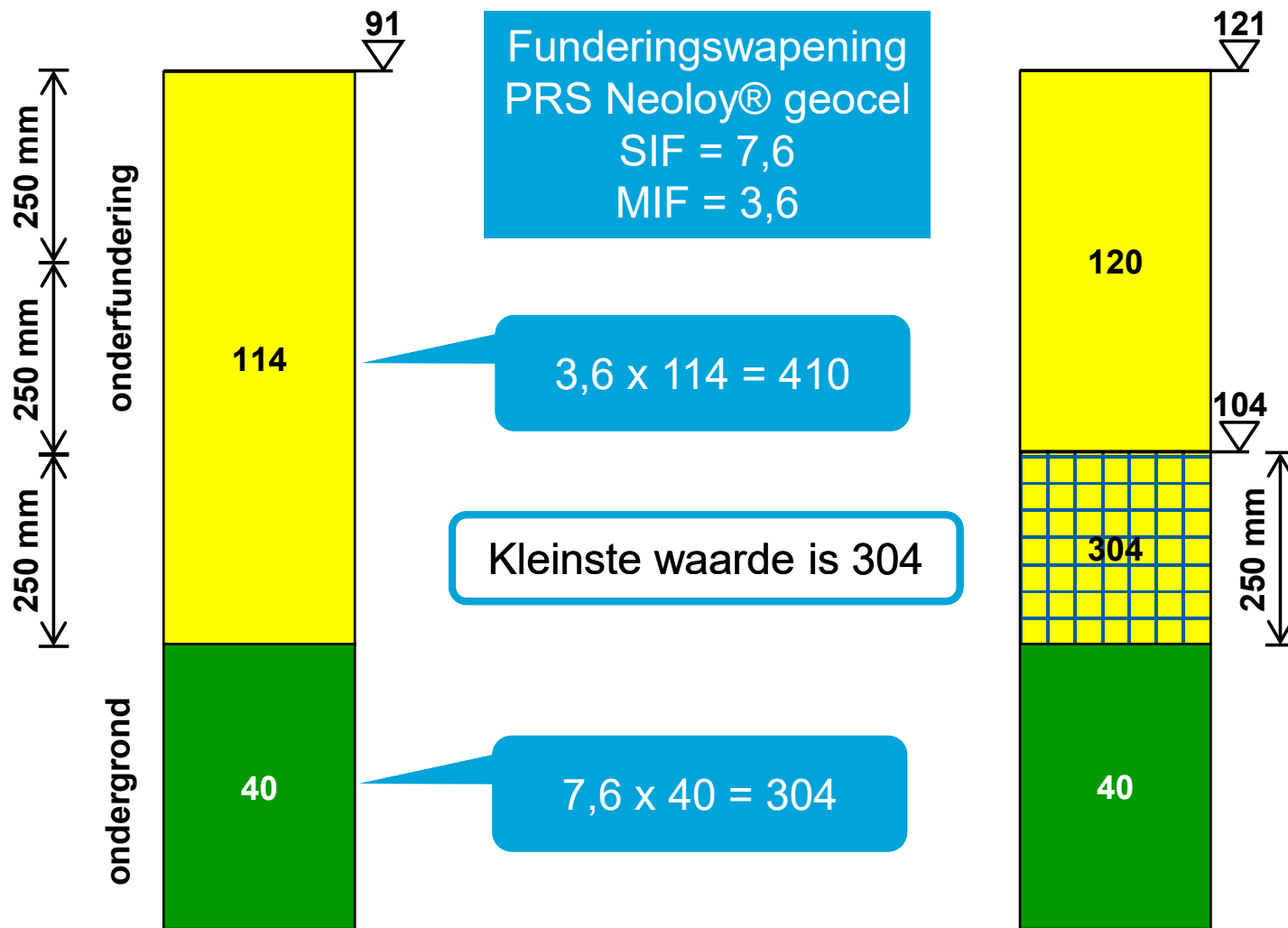
- Support Improvement Factor (SIF)
 - factor op stijfheid van lager gelegen lagen
 - meestal constante per product
- Modulus Improvement Factor (MIF)
 - factor op stijfheid van ongewapende laag onder lokale omstandigheden
 - afhankelijk van mineraal aggregaat en stijfheid van lager gelegen lagen

Verhoging stijfheid door funderingswapening



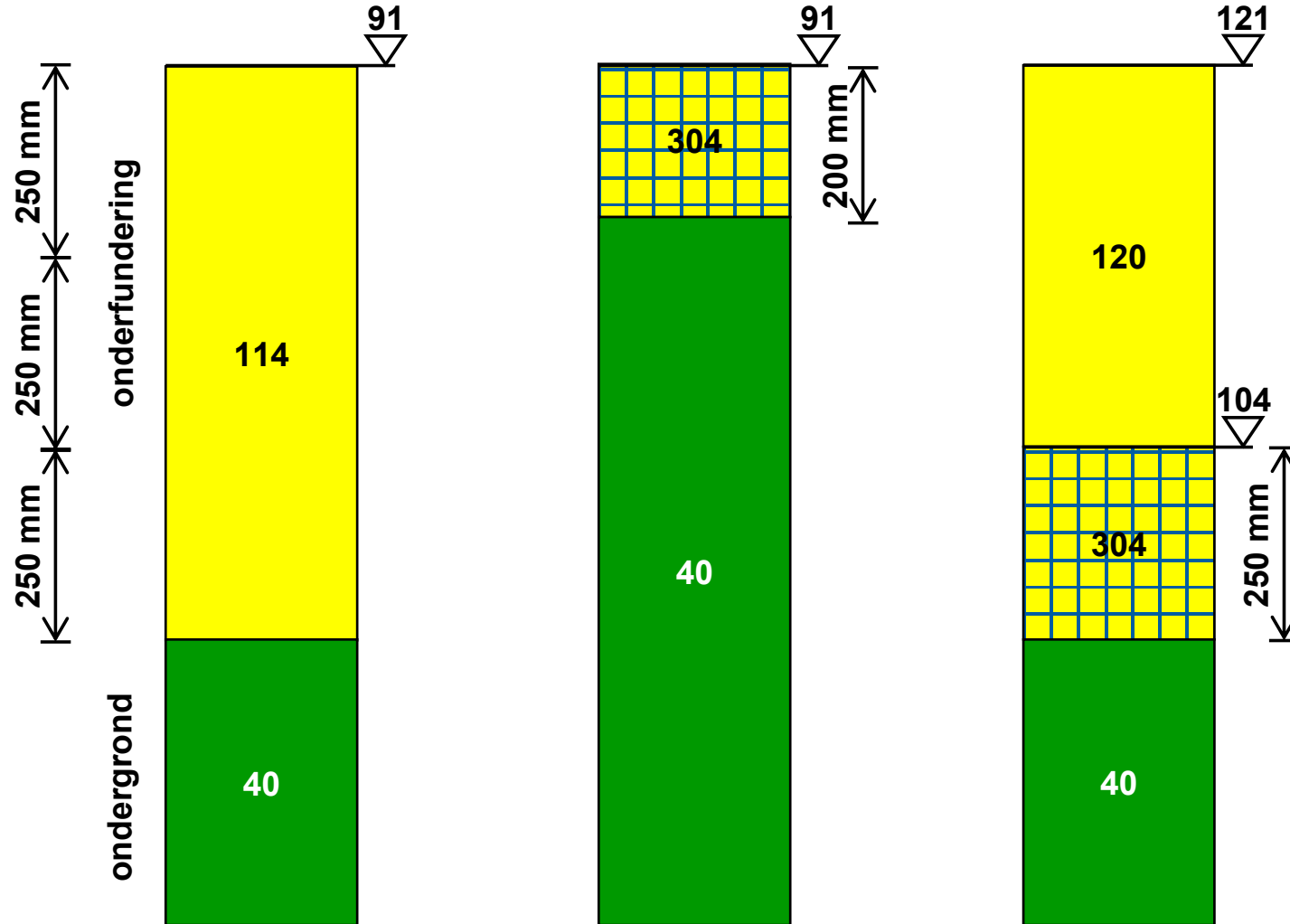
- Support Improvement Factor (SIF)
 - factor op stijfheid van lager gelegen lagen
 - meestal constante per product
- Modulus Improvement Factor (MIF)
 - factor op stijfheid van ongewapende laag onder lokale omstandigheden
 - afhankelijk van mineraal aggregaat en stijfheid van lager gelegen lagen

Verhoging stijfheid door funderingswapening



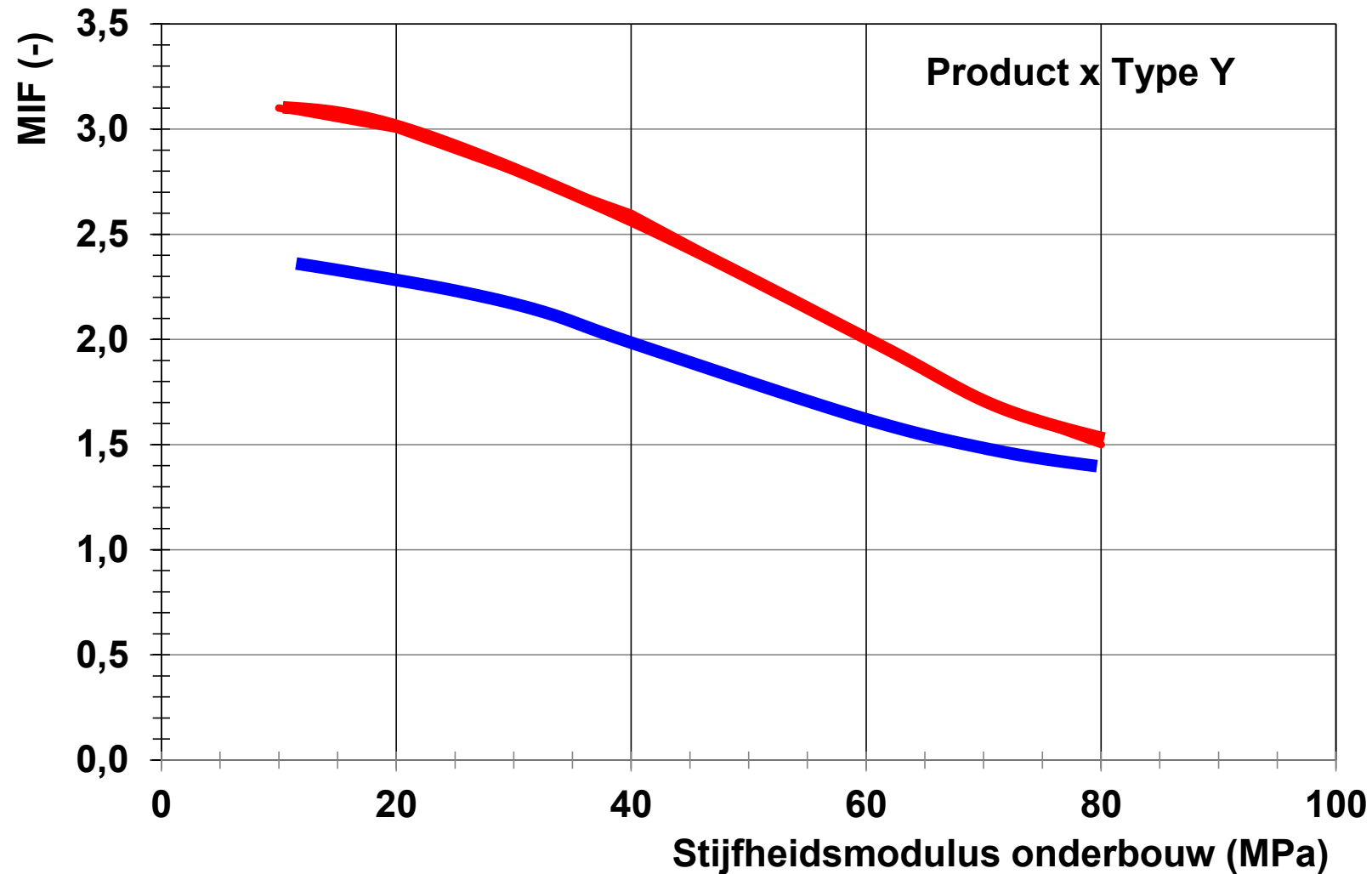
- Support Improvement Factor (SIF)
 - factor op stijfheid van lager gelegen lagen
 - meestal constante per product
- Modulus Improvement Factor (MIF)
 - factor op stijfheid van ongewapende laag onder lokale omstandigheden
 - afhankelijk van mineraal aggregaat en stijfheid van lager gelegen lagen

Verhoging stijfheid door funderingswapening



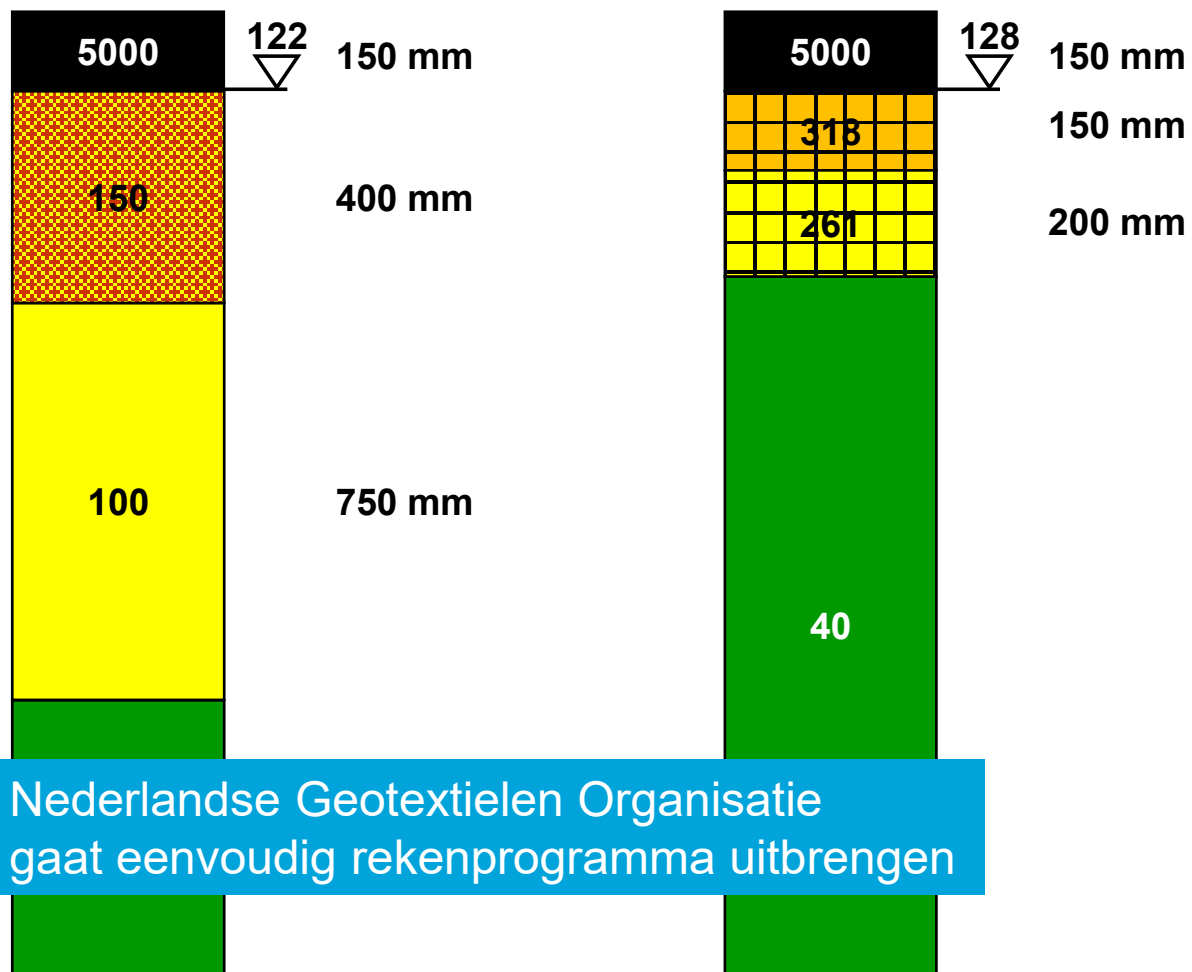
- Optimalisatie van laagopbouw
 - in deze casus reductie van wandhoogte van geocel
- Minder materiaalgebruik
- Geringer gewicht

Modulus Improvement Factor



-  Lage kwaliteit mineraal aggregaat
-  Hoge kwaliteit mineraal aggregaat

Gebruik in OIA



Nederlandse Geotextielen Organisatie
gaat eenvoudig rekenprogramma uitbrengen

- Wapening in fundering
 - 150 mm effectieve hoogte
 - op bodem van fundering
 - SIF = 5
 - MIF = 2
- Wapening in onderfundering
 - 170 mm effectieve hoogte
 - op bodem van onderfundering
 - SIF = 7,6
 - MIF = 3,7

Slot

- Snel inzicht in structurele meerwaarde van geogrids en geocellen in (onder)fundering
- Resultaten eenvoudig integreerbaar in OIA
- Afhankelijk van SIF- en MIF-waarden van producenten en leveranciers
- Streven naar certificering