

# GS-GRID

## Designmanual

*Vej- og pladsstabilisering*



## • Indholdsfortegnelse

<b>Forord</b>	<b>Side 1</b>
<b>Anvendelsesområder</b>	<b>2</b>
<b>Grundbegreber</b>	<b>2</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geonet eller geotekstil?</li> <li>• Kraftoverførsel – forkiling og friktion</li> </ul>	
<b>Underbundens styrke – vingeforsøg kontra pladebelastning</b>	<b>3</b>
<b>Kontrol af bæreevne før og efter indbygning</b>	<b>4</b>
<b>Belastningsklasser</b>	<b>4</b>
<b>Valg af geonet i forhold til underbund og belastning</b>	<b>5</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valg i forhold til underbundens styrke</li> <li>• Valg i forhold til belastningsklasse</li> <li>• Flere lag geonet i en opbygning</li> </ul>	
<b>Krav til materialer anvendt som ubundne bærelag</b>	<b>7</b>
<b>Indbygning af GS-GRID</b>	<b>7</b>
<b>Designdiagrammer – GS-GRID</b>	<b>8</b>
<b>Eksempel 1 – Byggeveje</b>	<b>9</b>
<b>Eksempel 2 – Lagergulve</b>	<b>9</b>
<b>Eksempel 3 – Tungt trafikerede veje</b>	<b>10</b>
<b>Referencer</b>	<b>10</b>

## • Forord

Geonet er blevet en mere og mere naturlig del i forbindelse med etablering af veje og pladser på problematisk underbund. Formålet er at stabilisere og opnå en bæreevneforøgelse i forhold til den uarmerede situation. Herved kan der opnås væsentlige besparelser i grusbærelaget.

Der er udviklet en del internationale beregningsmetoder, som typisk er baseret på fuldskala forsøg omsat til empiriske formler og kurver.

Vi har gennem en årerække indhentet dokumenterede data fra Danmark samtidig med den stigende anvendelse af geoarmering i anlægsprojekter.

For bedre at kunne rådgive om denne del, har Byggros gennem de seneste år deltaget aktivt med

henblik på at verificere effekten af de enkelte armeringsprodukter, indbygget under de forhold, vi normalt ser i Danmark.

Denne design manual er udarbejdet på basis af vore resultater og kan anvendes i forbindelse med indbygning af GS-Grid. Ved anvendelse af andre produkter bør resultaterne verificeres særskilt, idet der kan forekomme store variationer i de registrerede bæreevner.

Materialet er udarbejdet som en vederlagsfri serviceydelse og er baseret på vores nuværende viden. Der tages forbehold for ændringer. Indholdet er omfattet af Byggros' gældende salgs- og leveringsbetingelser, hvortil der henvises.

## • Anvendelsesområder

Anvendelsen af geonet i vejbygningsopgaver i Danmark har på forholdsvis få år udviklet sig til at indgå som en naturlig del af blødbundsopgaver. De væsentligste årsager hertil er typisk de store miljø-mæssige omkostninger, som er forbundet med blødbundsudskiftning, samt de økonomiske fordele som metoden tilbyder. Der findes i dag mange referenceprojekter over hele landet, der på bedste vis har løst komplicerede problemstillinger på en for alle parter tilfredsstillende måde.

Det største diskussionsemne er stadig, hvordan dimensioneres geonettet / geotekstilet i praksis. Den forsøgsrække, som vi har været part i, har belyst dette emne og stillet spørgsmålstegn ved tidligere tiders formodninger. Sidst men ikke mindst, har forsøgene givet anledning til en klar anbefaling vedr. kontrol af den aktuelle bæreevne i en given situation.

Inden for følgende områder har man med fordel anvendt geonet eller armerende geotekstiler:

- **Vej- og pladsstabilisering**
- **Modvirkning af differenssætninger**
- **Kompensationsopbygninger**
- **Forbelastede vejdæmninger**
- **Pæledæmninger**

Denne vejledning forudsætter udelukkende anvendelse i forbindelse med vej- og pladsstabilisering herunder modvirkning af differenssætninger samt kompensationsopbygninger. I det følgende er det hensigten at belyse de problemstillinger og overvejelser som generelt er forbundet med stabilisering af ubundne bærelag i disse opgaver.

**Vejledningen kan og må ikke benyttes til statisk belastede konstruktioner som eksempelvis forbelastede vejdæmninger og pæledæmninger. Kontakt Byggros for udarbejdelse af særskilt design.**

---

## • Grundbegreber

### Geonet eller geotekstil?

Man skelner mellem vævede eller ekstruderede/stansede geonet, vævede eller ikke vævede geotekstiler samt kombinationer heraf.

- Ekstruderede/stansede geonet er defineret som åbenmaskede net med en defineret styrke/-deformation og kendetegnes ved at være stive i form og udseende og have faste knudepunkter.
- Vævede geonet er defineret som åbenmaskede net med en defineret styrke/deformation, og kendetegnes ved at være fleksible i form og udseende.
- Vævede geotekstiler defineres som tæt vævede eller finmaskede net med en defineret styrke/-deformation og definerede filteregenskaber.
- Ikke vævede geotekstiler (non wovens) defineres som enten termisk bundne eller nålede geotekstiler, primært fremstillet med

henblik på separation, beskyttelse og filtrering. **Ikke vævede geotekstiler kendetegnes endvidere ved at have relativt store bruddefomationer, typisk > 35% og fungerer som separations-dug i vejkassen.**

### Kraftoverførsel:

Der skelnes mellem to kraftoverførselsprincipper:

- **Friktion**
- **Forkiling**

Alle typer armering overfører i en eller anden grad kræfterne ved friktion, mens forkiling udelukkende er i forbindelse med de åbne geonet. Kraftoverførsel ved friktion hører typisk til de vævede geonet og geotekstiler, mens forkiling primært hører til de stive geonet med faste knudepunkter.

Forsøg viser, at kraftoverførslen ved udtrækningsforsøg stort set er identisk for geonet, uanset om der er tale om vævede eller ekstruderede/stansede geonet. Interaktionskoefficienten dvs. geonettets

kraftoverførselskoefficient ligger typisk i området 0,8 - 1,0.

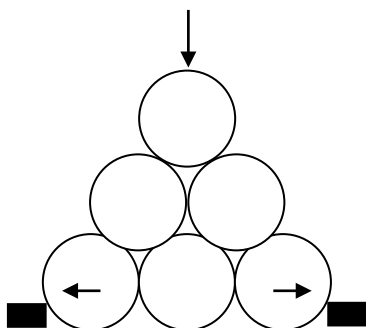
For vævede geotekstiler og kombinationsduge ligger interaktionskoefficienten typisk i området 0,6 - 0,8.

Kraftoverførsel ved friktion kan især udnyttes i forbindelse med vej-dæmninger, pæledæmninger, støttemure og lignende, hvor påvirkningen er 2-dimensional og typisk kun sker i en retning.

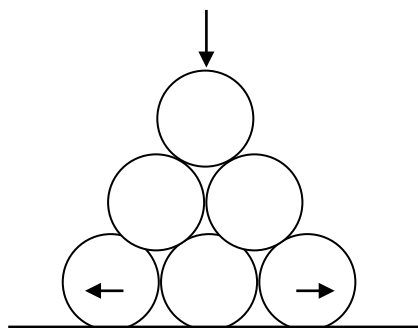
Anderledes forholder det sig ved vej- og pladsstabiliseringsopgaver – her er der tale om en 3-dimensional påvirkning.

I forbindelse med traditionelle vej- og pladsstabiliseringsopgaver er det afgørende for geonettets effekt, at grusmaterialerne fastholdes i netmaskerne. Forsøg viser, at geonettets fysiske stivhed og evne til at fastlåse grusmaterialerne har stor betydning for effekten.

Kraftoverførslen ved forkiling sammenlignet med friktion kan skildres ved, at man placere runde emner i en pyramideform som vist på figur 1 og 2. Geonettets tværribber er modsat geotekstilet i stand til at fastholde grusmaterialerne i samme position. Belastningen kan derved overføres til geonettet, hvorved stabiliseringseffekten øges.



Figur 1. Fastlåsning via forkiling i geonettets tværribber



Figur 2. Fastholdelse via friktion

## • Underbundens styrke – vingeforsøg kontra pladebelastning

Oftest er der i den geotekniske rapport angivet vingestykker til beskrivelse af underbundens styrke. Kun sjældent er der udført pladebelastningsforsøg til bestemmelse af underbundens aktuelle bæreevne. Mest pålidelig synes pladebelastningen, idet man herved uafhængig af dybden er i stand til at få et billede af den aktuelle bæreevne. Der kan kun i

nogen grad drages paralleller mellem de to forsøg, idet vandindholdet spiller en stor rolle.

Følgende relationer ses i typisk forekommende dansk moræneler, gytje eller lignende med højt vandindhold. Der tages forbehold for afvigelse.

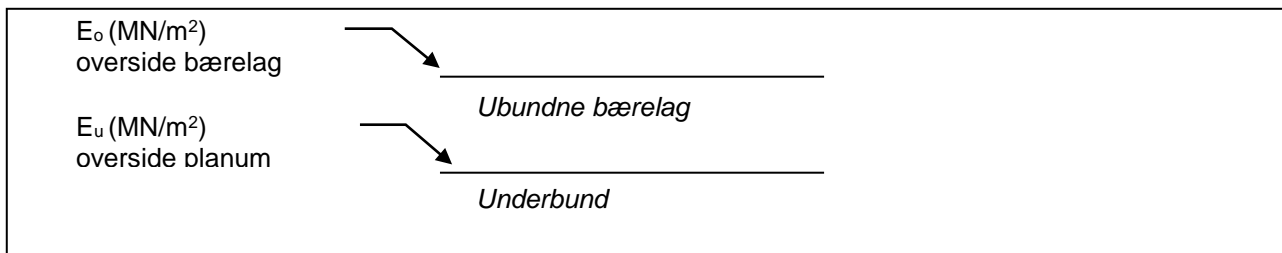
E-modul på planum $E_u$	Tilhørende vingestykke $C_v$
5 MN/m <sup>2</sup>	0-30 kN/m <sup>2</sup>
10 MN/m <sup>2</sup>	30-60 kN/m <sup>2</sup>
15 MN/m <sup>2</sup>	60-90 kN/m <sup>2</sup>
20 MN/m <sup>2</sup>	90-120 kN/m <sup>2</sup>
25 MN/m <sup>2</sup>	120-150 kN/m <sup>2</sup>
30 MN/m <sup>2</sup>	150-180 kN/m <sup>2</sup>

Figur 3. Relationen mellem E-modul og vingestykke som typisk findes for moræneler, gytje og lignende.

## • Kontrol af bæreevne før og efter indbygning

Ved dimensionering af en vejopbygning er det vores erfaring, at pladebelastningen er et godt redskab til verificering af underbundens bæreevne. Herved fås et godt billede af underbundens aktuelle E-modul, og samtidig vil man være istand til

med endnu et forsøg på den færdige opbygning at kontrollere den aktuelle bæreevne i den færdige opbygning. Forsøget er relativt billigt at få udført og man kan på et tidligt tidspunkt verificere en opbygning og eventuelt korrigere i opbygningen.



**Figur 4.** Pladebelastning på henholdsvis overside planum, samt overside bærelag.

I Danmark anvendes ved pladebelastning som oftest enten det "danske forsøg" eller det "tyske forsøg" i henhold til DIN 18 134. Der er god overensstemmelse mellem de to forsøg, dog er det tyske forsøg samtidig glimrende til verifikation af den

aktuelle komprimering, idet der reelt er tale om to uafhængige belastningskurver, hvor forholdet mellem de to E-moduler er et udtryk for komprimeringsgraden.

## • Belastningsklasser

Designdiagrammerne er bygget op med udgangspunkt i det afsluttende E-modul målt på oversiden af det ubundne bærelag og inddelt i følgende belastningsklasser

Afsluttende E-modul E <sub>o</sub> Overside ubundne bærelag	Anvendelsesområde	Belastningsklasse
E <sub>o</sub> = 30 MN/m <sup>2</sup>	Cykelstier, midlertidige byggeveje med begrænset belastning	1
E <sub>o</sub> = 45 MN/m <sup>2</sup>	Markveje – midlertidige byggeveje med større belastning	2
E <sub>o</sub> = 60 MN/m <sup>2</sup>	Let trafik – maksimalt akseltryk 6 t Villaveje og lignende – parkeringsarealer for personbiler	3
E <sub>o</sub> = 80 MN/m <sup>2</sup>	Middel trafik – maksimalt akseltryk 8 t Middel trafikerede veje, parkeringsarealer, flydende gulve i lagerhaller	4
E <sub>o</sub> = 120 MN/m <sup>2</sup>	Tung trafik – maksimalt akseltryk 12 t Tungt trafikerede veje – hovedveje, amtsveje, parkeringsarealer og containerpladser	5
E <sub>o</sub> = 150 MN/m <sup>2</sup>	Meget tung trafik – maksimalt akseltryk 15 t Parkeringsarealer for meget tunge køretøjer, containerpladser, landingsbaner og lignende	6

**Figur 5.** Inddeling i belastningsklasser.

Diagrammerne kan desuden anvendes i forbindelse med brug af Vejdirektoratets vejregler. I givet fald foretages dimensioneringen ved først at anvende designdiagrammerne for opnåelse af et bæredygtigt planum. Med det opnåede E-modul

f.eks E<sub>o</sub> = 30 MN/m<sup>2</sup> i det modificerede planum fortsættes dimensionering med E<sub>u</sub> = 30 MN/m<sup>2</sup> som indgangsværdi på normal vis jf. Vejdirektoratets vejregler.

• **Valg af geonet i forhold til belastning og underbundens styrke**

Vore forsøg har vist, at forskellen mellem de enkelte geonet viser sig i sporkøring. Uanset belastning vil overflademodulet kunne relateres til nettypen - f.eks. har GS-Grid B30/30 større effekt end eksempelvis GS-Grid B20/20 [Ref. 11]. Besparelsen i bærelaget er derfor afhængig af nettypen.

Forskellen mellem såvel armerede som uarmerede opbygninger under samme forudsætninger kan relateres til nettype, styrke og udformning. For opbygninger placeret på samme underbund, med samme bærelag, henholdsvis uarmeret/armeret vil antallet af passager blive øget eksponentielt.

Samtidig reduceres deformationerne på råjordsplanum.

**Valg af geonet i forhold til underbundens styrke – effektindeks**

Indvirkningen på E-modulet målt på oversiden af de ubundne bærelag  $E_o$  kan som nævnt relateres til typen af geonet.

For bundmoduler i området  $E_u \approx 2-60 \text{ MN/m}^2$  målt på råjordsplanum, er der ved indbygning af 40-50 cm stabilgrus henholdsvis armeret og uarmeret fundet følgende sammenhæng:

Opbygning	Effektindeks $E_u \approx 2 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks $E_u \approx 5 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks $E_u \approx 10 \text{ MN/m}^2$	Effektindeks* $E_u \approx 60 \text{ MN/m}^2$
Uarmeret	25	40	60	80
GS-GRID B20/20 20 kN/m	70	80	90	-
GS-GRID B20/20L 20 kN/m	70	80	90	-
GS-GRID B30/30 30 kN/m	100	100	100	100
GS-GRID B30/30L 30 kN/m	100	100	100	100
GS-GRID B40/40 40 kN/m	130	120	110	-
GS-GRID B40/40L 40 kN/m	130	120	110	-

Figur 6. Som reference (indeks 100) anvendes GS-GRID B30/30 \*(Effektindeks fundet ved forsøg på 35 cm stabilgrus).

**Bemærk: GS-GRID "L" produkter bør anvendes når den maksimale kornstørrelse > 32 mm – dvs. ved brug af 0-80 mm osv.**

For GS-GRID typerne anvendes effektindekset i praksis som følger:

Geonet type	Indvirkning på opbygning jævnfør design diagrammerne
GS-GRID B20/20 og B20/20L	Aflæst bærelagstykkelse øges med 10 %
GS-GRID B30/30 og B30/30L – reference	Aflæst bærelagstykkelse anvendes direkte
GS-GRID B40/40 og B40/40L	Aflæst bærelagstykkelse reduceres med 10%

Figur 7. Effektindeks for GS-GRID serien

For ekstremt lave E-moduler i planum er effekten af geonet meget i øjenfaldende.

For stigende E-moduler i planum er effekten af geonetets tilstedeværelse aftagende. Ikke desto

mindre vil der kunne registreres en bæreevnetilvækst på ca. 25% ved indbygning af geonet på et råjordplanum med en E-værdi  $E_u \approx 50-60 \text{ MN/m}^2$ .

### Valg af geonet i forhold til belastning

Under hensyn til belastningsklasserne (figur 5), bør valg af geonet ske efter følgende retningslinier:

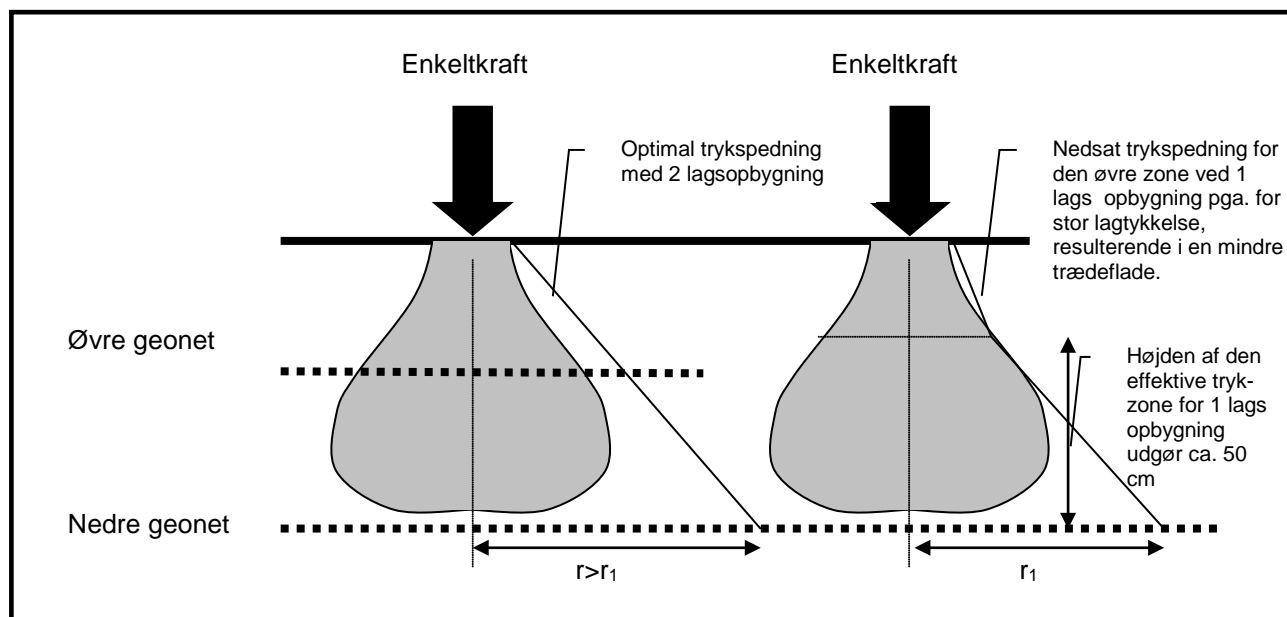
Belastningsklasse (se figur 5)					
1	2	3	4	5	6
GS-GRID B20/20 og B20/20L					
		GS-GRID B30/30 og B30/30L			
				GS-GRID B40/40 og B40/40L	

Figur 8. Valg af geonet relateret til belastning.

### Flere lag geonet i samme opbygning

Når den totale bærelagstykkelse overstiger ca. 50 cm kan man med fordel indbygge 2 eller flere lag geonet for at opnå maksimal trykspredning op gennem bærelagene. Dette skyldes samme mekanisme som ses i forbindelse med komprimering,

dvs. at en påvirkning på oversiden af bærelaget spredes i en pære- eller kugleform under enkeltkraften. Påvirkningen fra en enkeltkraft aftager med dybden. Når påvirkningen bliver tilstrækkelig lille, kan der opnås en yderligere trykspredningseffekt ved indbygning af endnu et lag geonet placeret højere oppe i opbygningen. Se figur 9.



Figur 9. Belastningen fra enkeltkraften får ved store bærelagstykkelser mindre indvirkning på det nederste lag geonet - der kan opnås en yderligere trykspredningseffekt ved indbygning af flere lag geonet

Ved forsøg har man fundet, at afstanden mellem de enkelt lag geonet bør udgøre minimum 20 cm og max. 50 cm. Øverste lag geonet bør som minimum placeres 20 cm under overside af det ubundne bærelag.

Ved indbygning af flere lag GS-Grid vil den totale tykkelse af de ubundne bærelag, jf. designdiagrammerne, kunne yderligere reduceres med ca. 10%. [Ref. 9]

- **Krav til materialer anvendt som ubundne bærelag**

Designdiagrammerne er udarbejdet under forudsætning af, at der anvendes velgraduerede friktionsmaterialer som bærelag, med en karakteristisk friktionsvinkel  $> 35^\circ$ . På basis af dette vurderes

det, at stabilgrus 0-32 mm, velgradueret bundsikring 0-90 mm, sprængsten, knust beton eller lignende direkte vil kunne anvendes i ubundne bærelag i forbindelse med brug af diagrammerne.

---

- **Indbygning af GS-GRID geonet**

Vandholdig blød underbund er særlig følsom under indbygningen af grusbærelag, idet kraftig komprimering eller stor trafikbelastning på tynde grusbærelag meget let forårsager ganske store forøgelser i porevandtrykket. Dette resulterer typisk i en opblødning og dermed betydelige forringelser af den aktuelle bæreevne. Da stort set alle blødbundsforekomster er forbundet med et meget højt vandindhold i underbunden, bør man om muligt tage følgende forholdsregler ved indbygningen af geonet som forstærkning.

**Erfaringerne viser:**

- At **komprimering** af bærelag på vandholdig underbund **med vibration** ofte er til ugunst for konstruktionen, idet påvirkningen **forøger porevandtrykket og** dermed midlertidigt **nedsætter bæreevnen**.
- At **stor trafikbelastning på for tynde grusbærelag** ligeledes kan være medvirkende til en forøgelse af porevandtrykket og dermed nedsætte bæreevnen.
- At der **ved komprimering uden vibration opnås komprimeringsgrader  $>95\%$**  standard proctor på selv ekstremt bløde aflejringer ved indbygning af min. 50 cm bundsikring eller stabilgrus. **Denne komprimeringsgrad synes umiddelbart tilfredsstillende** for den nederste del af bærelaget.

**Overlæg i samlinger:**

Overlæg for GS-Grid serien bør udgøre minimum 30 cm for  $E_u > 5 \text{ MN/m}^2$ . For  $E_u < 5 \text{ MN/m}^2$  bør overlæg udgøre minimum 40 cm.



• **Designdiagrammer for GS-GRID**

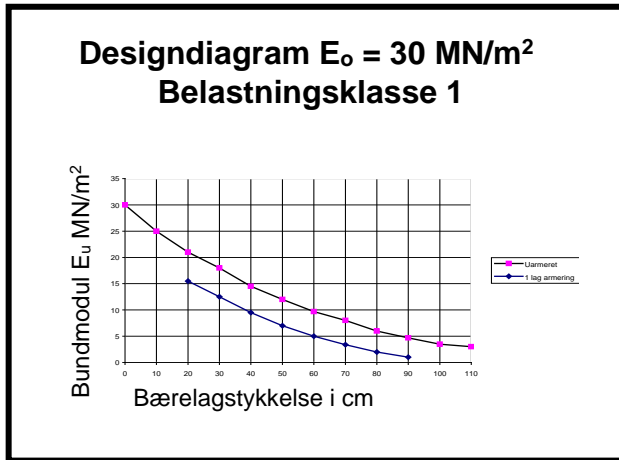


Diagram 1 – baseret på anvendelse af GS-Grid B30/30

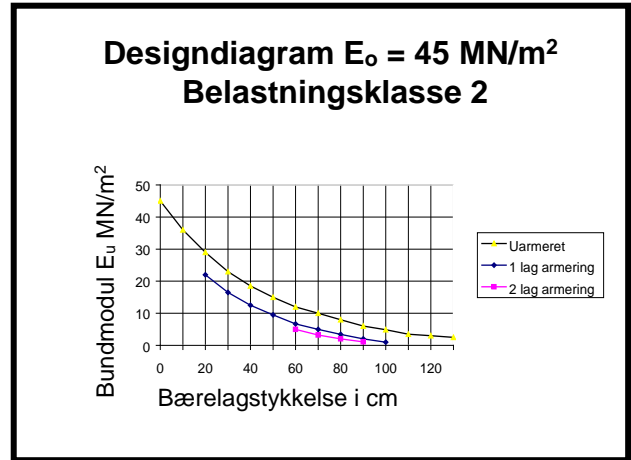


Diagram 2 – baseret på anvendelse af GS-Grid B30/30

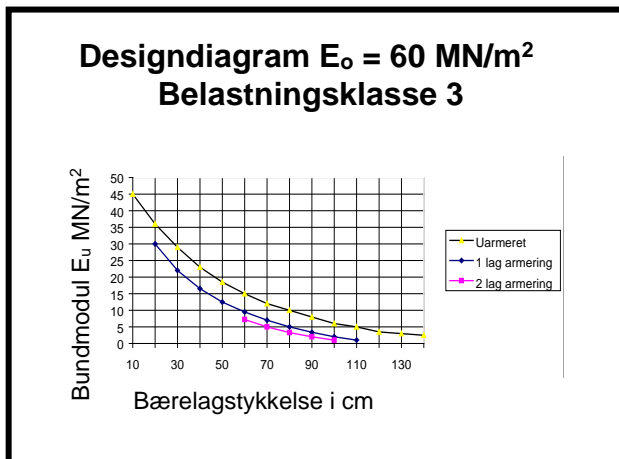


Diagram 3 – baseret på anvendelse af GS-Grid B30/30

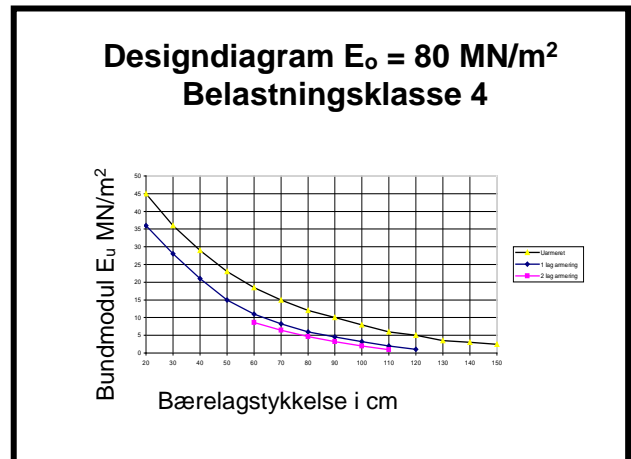


Diagram 4 – baseret på anvendelse af GS-Grid B30/30

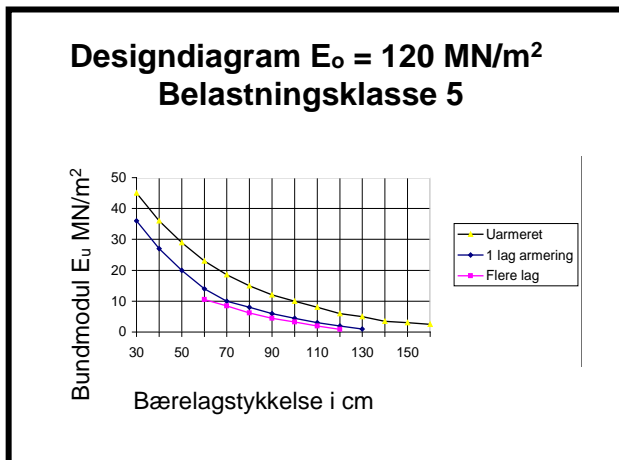


Diagram 5 – baseret på anvendelse af GS-Grid B30/30

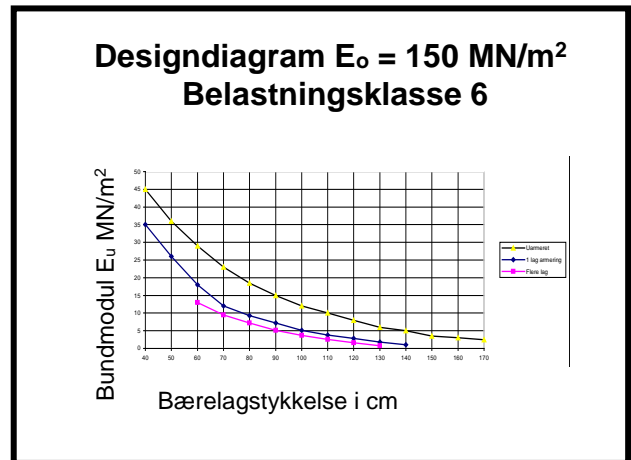


Diagram 6 – baseret på anvendelse af GS-Grid B40/40

## • Eksempel 1 - Byggeveje

### Forudsætninger:

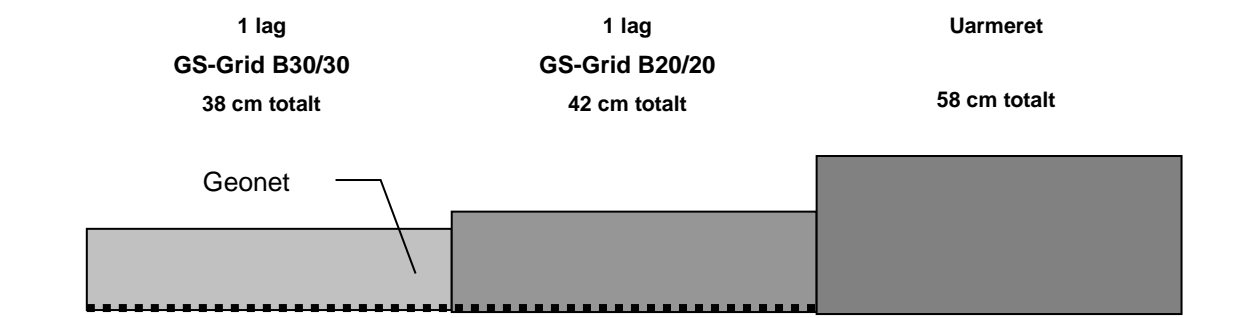
Anlæg af midlertidig byggevej på relativ slap moræneler – vingestykken målt i området 40-50 kN/m<sup>2</sup>. Vejen skal fungere i en kortvarig periode for trafik i forbindelse med tilkørsel af materialer. Det vurderes, at der er behov for et overflademodul svarende til ca. 30 MN/m<sup>2</sup>. Der accepteres løbende opretning af vejen, såfremt belastningen måtte for-

årsage uacceptabel sporkøring. Som bærelag anvendes 0-90 mm velgraderet bundsikring.

### Diagram og indgangsværdi:

Der anvendes designdiagram 1 - gældende for  $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$  - belastningsklasse 1, jævnfør figur 5. Vingestykken målt i området 40-50 kN/m<sup>2</sup> – svarer til  $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$ , jævnfør figur 3.

### Aflæst opbygning jævnfør designdiagram 1:



### Bemærk!

Ved ændring fra GS-Grid B30/30 til GS-Grid B20/20 øges bærelaget med ca. 10%, jævnfør figur 7.

## • Eksempel 2 - Lagergulve

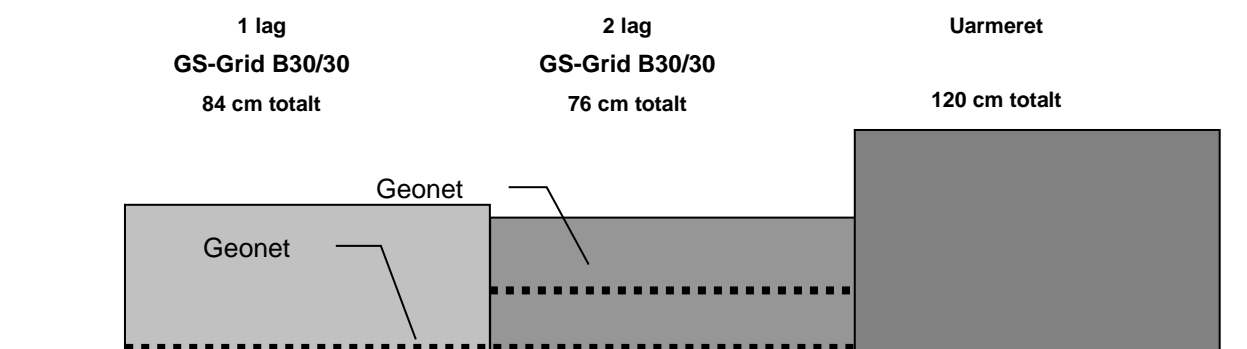
### Forudsætninger:

Etablering af lagerhal med flydende gulve på følsom moræneler - ved pladebelastning er målt E-moduler i råjordsplanum på ca. 5 MN/m<sup>2</sup>. Der kræves et E-modul på 80 MN/m<sup>2</sup>, målt på oversiden af det ubundne bærelag. Som bærelag anvendes 0-90 mm velgraderet bundsikring samt 0-32 mm stabilgrus fordelt med 2/3 bundsikring og 1/3 stabil.

### Diagram og indgangsværdi:

Der anvendes designdiagram 4 - gældende for  $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$  - belastningsklasse 4, jævnfør figur 5.  $E_u = 5 \text{ MN/m}^2$

### Aflæst opbygning jævnfør designdiagram 4:



## • Eksempel 3 – Tungt trafikerede veje

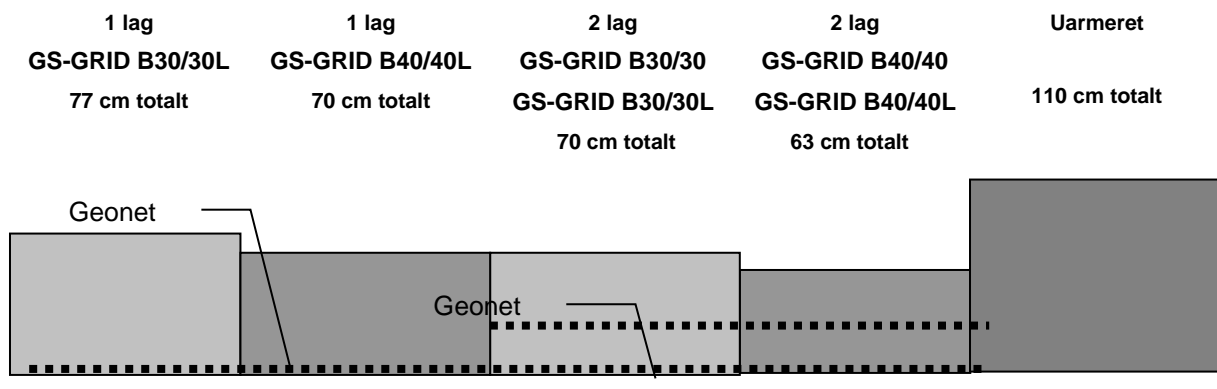
### Forudsætninger:

Etablering af tungt trafikeret vej - svarende til belastningsklasse 6. Ved pladebelastning er målt E-moduler i råjordsplanum på ca. 10 MN/m<sup>2</sup>. Som bærelag anvendes 0-90 mm velgradueret bundsikring samt 0-32 mm stabilgrus fordelt med 2/3 bundsikring og 1/3 stabil.

### Diagram og indgangsværdi:

Der anvendes designdiagram 5 - gældende for  $E_0 = 120 \text{ MN/m}^2$  - belastningsklasse 5, jævnfør figur 5.  
 $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$

### Aflæst opbygning jævnfør designdiagram 6:



### Bemærk!

Ved ændring fra GS-GRID B30/30 til GS-GRID B40/40 reduceres bærelaget med ca. 10% jævnfør figur 7.

## • Referencer

1. Prof. Voss Tyskland (1961)  
Beziehung zwischen  $E_{v2}$ -werten des Planums under Oberkante einer unterschiedlich dicken Frostschuttschicht aus Kiessand
2. J. P. Giroud, L. Noiray (1981)  
Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design
3. Dr. F. P. Jaecklin, Prof. R. Floss, Technische Universität München, (1988)  
"Methode zur Bemessung von Geotextilien im Strassenbau auf besonders weichem Untergrund"
4. Guy T. Houlby & Richard A. Jewell (1990)  
Design of reinforced unpaved roads for small rut depths
5. Van Zanten, R. Veldhuijzen (1986)  
"Geotextiles and geomembranes in civil engineering"
6. Voskamp, Vim (1993)  
"Geogrids in road design - towards generic specifications"
7. DS 415, Fundering, februar 1984
8. A. Watn, H. Søgner, E. Emdal (1996)  
Improvement of bearing capacity for traffic areas on soft subsoil - Large scale laboratory testing
9. Prof. Andrea Cancelli, Ing. Filippo Montanelli (1997)  
Full scale laboratory testing on geosynthetics reinforced paved roads
10. Morten Vanggaard, Franck Geoteknik AS - Pladebelastningsforsøg udført i perioden august 1997 til juli 1999
11. Prof. Andrea Cancelli, Ing. Filippo Montanelli (1998)  
In-Ground Test for Geosynthetic Reinforced Flexible Paved Road