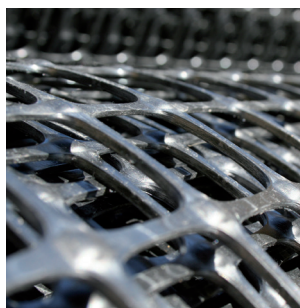


# GS-GRID geonät

Väg- och platsstabilisering

**Designmanual**





Geonät ingår numera allt oftare som en naturlig del när man etablerar vägar och hårdgjorda ytor på besvärligt underlag. Syftet är att stabilisera och uppnå en ökad bärighet jämfört med oförstärkta förhållanden. På så sätt kan man uppnå en betydande minskning av grusbärlagret.

Ett antal internationella beräkningsmetoder har tagits fram som typiskt baserar sig på fullskaliga experiment översatta till empiriska formler och kurvor. Samtidig har användningen av geoarmering i anläggningsprojekt ökat stabilt.

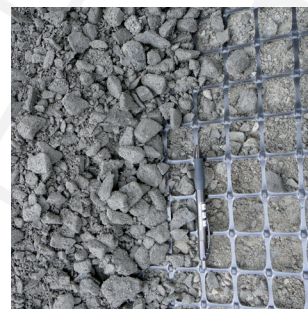
Efterhand som användningen av geoarmering blir allt vanligare i anläggningsprojekt har Byggros aktivt varit med till att verifiera de olika förstärkningsåtgärdernas effekt när de används under normala nordiska förhållanden. Detta har resulterat i verifierade data från ett stort antal projekt som ligger till grund för vår rådgivning.

Designmanualen baserar sig på våra resultat och kan användas i samband med inbyggnad av GS-GRID geonät. Vid användning av andra produkter bör resultaten verifieras särskilt, eftersom stora variationer i den registrerade bärigheten kan förekomma.

Materialet har tagits fram som en kostnadsfri hjälp och baserar sig på våra nuvarande kunskaper. Vi förbehåller oss rätten till ändringar. Innehållet omfattas av Byggros gällande försäljnings- och leveransvillkor.

## Innehåll

|  |    |
|--|----|
| Användningsområden   | 3  |
| Grundläggande begrepp  | 3  |
| - Geonät eller geotextil   |    |
| - Kraftöverföring  |    |
| Undergrundens styrka   |    |
| - Vingförsök kontra plattbelastning                                  | 4  |
| Bärighet före och efter installation                                 | 5  |
| Belastningsklasser   | 5  |
| Val av geonät i förhållande till belastning och undergrundens styrka | 6  |
| - Val av geonät i förhållande till undergrundens styrka              | 6  |
| - Val av geonät i förhållande till belastning                        | 7  |
| - Val av geonät i förhållande till maskstorlek                       | 7  |
| - Flera lager av geonät i samma struktur                             | 8  |
| Krav på material som används i obundna bärlager                      | 9  |
| Inbyggnad av GS-GRID geonät  | 9  |
| Designdiagram för GS-GRID geonät                                     | 10 |
| <b>Exempel 1</b> - Byggvägar   | 11 |
| <b>Exempel 2</b> - Lagergolv   | 11 |
| <b>Exempel 3</b> – Tungt trafikerade vägar                           | 12 |
| Referenser   | 12 |



## Användningsområde

Användning av geonät i vägbyggen i Skandinavien har på förhållandevis få år utvecklats till att ingå som en naturlig del på mark med dålig bärighet.

De huvudsakliga orsakerna till det är de vanligtvis stora miljökostnader som är förknippade med åtgärder av mjuka markskikt samt de ekonomiska fördelar som metoden erbjuder. Idag finns det många referensprojekt över hela landet, där man har löst komplicerade problemställningar på ett för alla parter tillfredsställande sätt.

De största diskussionsämnena är fortfarande hur geonät/geotextiler dimensioneras i praktiken. De försök som vi har deltagit i har belyst detta ämne och ifrågasatt tidigare antaganden. Sist men inte minst har försöken resulterat i en klar rekommendation gällande kontroll av den aktuella bärigheten i en given situation.

Geonät eller förstärkta geotextiler har med fördel använts inom följande områden:

- Väg- och platsstabilisering
- Motverkan av differenssättningar
- Kompensationsgrundläggning
- Vägbankar
- Bankpålning

Denna vägledning avser endast användning i förbindelse med väg- och platsstabilisering, motverkan av differenssättningar samt kompensationsstrukturer. Följande text syftar till att belysa de problemställningar och överväganden som generellt är förknippade med stabilisering av obundna bärlager.

OBS. Vägledningen bör inte användas för statiskt belastade konstruktioner såsom exempelvis förbelastade vägbankar och bankpålning. Kontakta Byggros för framtagning av specifik design.

## Grundbegrepp

### Geonät eller geotextil?

Man skiljer mellan vävda och extruderade/stansade geonät, vävda och icke-vävda geotextiler samt kombinationer av dessa.

- Extruderade/stansade geonät definieras som öppenmaskiga nät med en definierad hållfasthet/deformation och de utmärker sig genom vara styva i form och utseende och ha fasta knutpunkter.
- Vävda geonät definieras som öppenmaskiga nät med en definierad hållfasthet/- deformation och de utmärker sig genom att vara flexibla i form och utseende.
- Vävda geotextiler definieras som tätvävda eller finmaskiga nät med en definierad hållfasthet/deformation och definierade filteregenskaper.
- Icke-vävda geotextiler (non wovens) definieras som antingen termiskt bundna eller nålade geotextiler, primärt framställda för separation, skydd och filtrering.

Icke-vävda geotextiler utmärker sig även genom att ha relativt stor brottdeformation, vanligtvis > 35%, och de fungerar som en separationsduk i vägar etc.

### Kraftöverföring

Man skiljer mellan två kraftöverföringsprinciper:

- Friktion
- Fastkilning

Alla typer av förstärkning överför i någon grad kraft vid friktion,

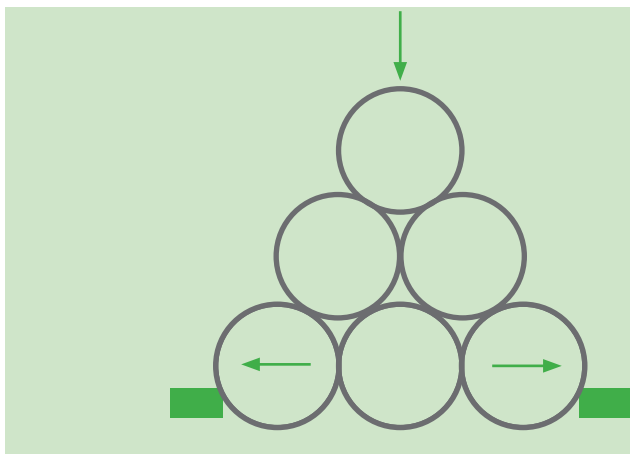
medan fastkilning endast förknippas med öppna geonät.

Kraftöverföring vid friktion förekommer typiskt i samband med vävda geonät och geotextiler, medan fastkilning primärt förekommer i samband med styva geonät med fasta knutpunkter.

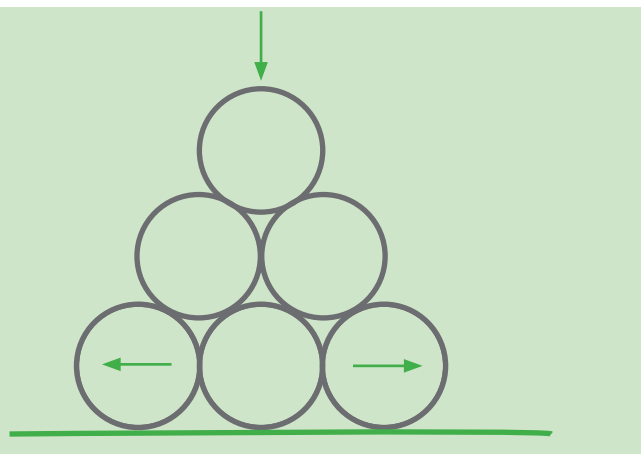
Försök har visat att kraftöverföringen vid dragförsök stort sett är identisk för geonät, oavsett om det är vävda eller extruderade/stansade geonät. Interaktionskoefficienten, dvs. geonätets kraftöverföringskoefficient, ligger vanligtvis i området 0,8 - 1,0. För vävda geotextiler och kombinationsdukar ligger interaktionskoefficienten vanligtvis i området 0,6 - 0,8.

Kraftöverföring vid friktion kan speciellt utnyttjas i förbindelse med vägbankar, bankpålning, stödmurar och liknande, där påverkan är 2-dimensionell och vanligtvis bara förekommer i en riktning. Det förhåller sig annorlunda vid väg- och platsstabiliseringsprojekt - här handlar det om en 3-dimensionell påverkan.

I samband med traditionella väg- och platsstabiliseringsprojekt är det avgörande för geonätets effekt att grusmaterialen hålls kvar i nätmaskerna. Försök har visat att geonätets fysiska styvhet och förmåga att hålla kvar grusmaterialen har stor inverkan på effekten.



**Figur 1** Fastlåsning via fastkilning i geonätets tvärribbor.



**Figur 2** Fasthålls via friktion.

## Undergrundens styrka -vingförsök kontra plattbelastning

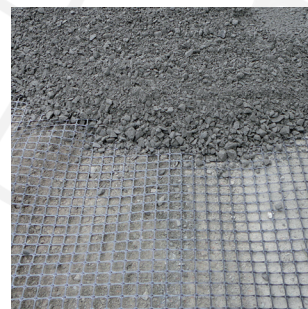
I den geotekniska rapporten anger man ofta skjuvhållfasthet för att beskriva jordens hållfasthet. Plattbelastningsförsök utförs endast sällan för att bestämma undergrundens aktuella bärrighet. Mest pålitligt tycks plattbelastningen vara, eftersom man då får en bild av den aktuella bärrigheten oberoende av djupet. Man kan endast i viss utsträckning dra paralleller mellan de två försöken eftersom vattenhalten spelar en viktig roll.

Följande förhållanden ses i vanligt förekommande moränlera, gyttja eller liknande med hög vattenhalt. Vi reservera oss avvikelser.

| E-modul på jordterrass<br>Eu | Tillhörande<br>skjuvhållfasthet Cv |
|------------------------------|------------------------------------|
| 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** Förhållandet mellan E-modul och skjuvhållfasthet i moränlera, gyttja och liknande.





## Kontroll av bärighet före och efter inbyggnad

Vid dimensionering av en vägkonstruktion är det vår erfarenhet att plattbelastningen är ett bra verktyg för att verifiera undergrundens bärighet. Det ger en bra bild av undergrundens aktuella E-modul, och samtidigt kan man kontrollera den aktuella bärigheten på den färdiga ytan. Försöket är relativt billigt att

utföra och man kan verifiera en struktur i ett tidigt skede och eventuellt göra korrigeringar.



**Figur 4** Plattbelastning på bärlagrets övre yta respektive jordterrassens övre yta

I Sverige användes vid plattbelastning det "svenska försöket" eller det "tyska försöket" enligt DIN 18 134. Det finns god överensstämmelse mellan de två försöken, emellertid är det tyska försöket samtidig utmärkt för verifiering av den aktuella komprimeringen, eftersom det handlar om två oberoende belastningskurvor, där förhållandet mellan de två E-modulerna är ett uttryck för komprimeringsgraden.

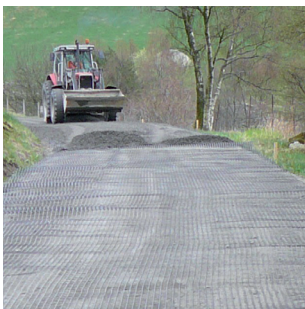
## Belastningsklasser

Designdiagrammet baserar sig på den avslutande E-modulen uppmätt på det obundna bärlagrets översida och indelas i följande belastningsklasser.

Avslutande E-modul  $E_o$

| Översidan obundna bärlager | Användningsområde   | Belastningsklass |
|----------------------------|---|------------------|
| $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$  | <b>Begränsad belastning</b> - Cykelväg, tillfälliga byggvägar   | 1                |
| $E_o = 45 \text{ MN/m}^2$  | <b>Större belastning</b> - tillfälliga byggvägar  | 2                |
| $E_o = 60 \text{ MN/m}^2$  | <b>Lätt trafik - maximalt axeltryck 6 t</b><br>Villavägar och liknande – parkeringsområden för personbilar                                      | 3                |
| $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$  | <b>Medel trafik - maximalt axeltryck 8 t</b><br>Medelhårt trafikerade vägar, parkeringsplatser, flytande golv i lagerhallar                     | 4                |
| $E_o = 120 \text{ MN/m}^2$ | <b>Tung trafik - maximalt axeltryck 12 t</b><br>Tungt trafikerade vägar – huvudväg, länsväg, parkeringsområden och containerplatser             | 5                |
| $E_o = 150 \text{ MN/m}^2$ | <b>Mycket tung trafik - maximalt axeltryck 15 t</b><br>Parkeringsområden för mycket tunga fordon, containerplatser, landningsbanor och liknande | 6                |

**Figur 5** Indelning i belastningsklasser.



Diagrammen kan även användas i samband med tillämpning av Vägverkets regelverk. I så fall utförs dimensioneringen genom att först använda designdiagrammen för att uppnå en bärande jordterrass.

Med den erhållna E-modulen, t.ex.  $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$  i den modifierade jordterrassen, dimensioneringen fortsätter med  $E_u = 30 \text{ MN/m}^2$  som ingångsvärde på normalt sätt, jfr Vägverkets regelverk.

## Val av geonät i förhållande till belastning och terrassens styrka

Våra försök har visat att skillnaden mellan de olika geonäten huvudsakligen visar sig i spårbildning. Ytmodulen kan relateras till nättypen oavsett belastning - exempelvis har GS-GRID B1250 större effekt än exempelvis GS-GRID B1000 [Ref. 11]. Minskningar av bärlagret beror därför på nättypen.

Skillnaden mellan förstärkta och oförstärkta ytor under samma förhållanden kan relateras till nättyp, styrka och utformning. För ytor som är placerade på samma terrass med samma bärlager, förstärkta respektive oförstärkta, kan antalet passager ökas exponentiellt. Samtidigt reduceras deformationerna på jordterrassen.

### Val av geonät i förhållande till terrassens styrka - effektindex

Effekten på E-modulen uppmätt på ovasidan av det obundna bärlagret  $E_o$  kan, som redan nämnts, relateras till typen av geonät.

För bottenmoduler i området  $E_u \approx 2-60 \text{ MN/m}^2$  mätt på terrassen har följande korrelationer hittats vid inbyggnad av 40-50 cm bärlager, förstärkt respektive oförstärkt.

| Uppbyggnad      | Effektindex<br>$E_u \approx 2 \text{ MN/m}^2$ | Effektindex<br>$E_u \approx 5 \text{ MN/m}^2$ | Effektindex<br>$E_u \approx 10 \text{ MN/m}^2$ | Effektindex*<br>$E_u \approx 60 \text{ MN/m}^2$ |
|-----------------|---|---|--|---|
| Oarmerad        | 25  | 40  | 60   | 80  |
| GS-GRID B1000   | 70  | 80  | 90   | -   |
| GS-GRID B1000L  | 70  | 80  | 90   | -   |
| GS-GRID B1100   | 100   | 100   | 100  | 100   |
| GS-GRID B1100L  | 100   | 100   | 100  | 100   |
| GS-GRID B1100XL | 100   | 100   | 100  | 100   |
| GS-GRID B1250   | 130   | 120   | 110  | -   |
| GS-GRID B1250L  | 130   | 120   | 110  | -   |

**Figur 6** Som referens (index 100) används GS-GRID B1100  
\*\*(Effektindex som uppkommit vid försök på 35 cm bärlager).

Effektindexet användes i praktiken enligt följande:

| Geonät-typ                                      | Effekt på strukturen enligt designdiagrammen    |
|---|---|
| GS-GRID B1000 och B1000L                        | Avläst tjocklek på bärlagret ökas med 10%       |
| GS-GRID B1100 och B1100L och B1100XL - referens | Avläst tjocklek på bärlagret används direkt     |
| GS-GRID B1250 och B1250L                        | Avläst tjocklek på bärlagret reduceras med 10 % |
| GS-GRID B1600                                   | Avläst överbyggnad reduceras med 12 %           |

**Figur 7** Effektindex för GS-GRID geonät

För extremt låga E-moduler i terrassen är geonätets effekt mycket tydlig.

För stigande E-moduler i jordterrassen är effekten av geonätets närvaro avtagande. Inte desto mindre kan man registrera en ökad av bärigheten på ca. 25 % vid inbyggnad av geonät i en terrass med ett E-värde  $E_u \approx 50-60 \text{ MN/m}^2$ .



## Val av geonät i förhållande till belastning

Med hänsyn till belastningsklasserna (figur 5), bör val av geonät ske efter följande riktlinjer:

| Belastningsklass (se figur 5) |   |                          |   |                                   |   |
|-------------------------------|---|--------------------------|---|-----------------------------------|---|
| 1                             | 2 | 3                        | 4 | 5                                 | 6 |
| GS-GRID B1000 och B1000L      |   |                          |   |                                   |   |
|                               |   | GS-GRID B1100 och B1100L |   |                                   |   |
|                               |   |                          |   | GS-GRID B1100XL, B1250 och B1250L |   |
|                               |   |                          |   | GS-GRID B1600                     |   |

Figur 8 Val av geonät relaterat till belastning

## Val av geonät efter maskstorlek

När det gäller maximal korndiameter bör man välja geonät enligt följande riktlinjer:

Den maximala kornfraktionen som läggs ut på ett geonät bör vara högst 2 x maskstorleken.

Tjockleken på överbyggnaden som läggs ut på geonätet bör vara minst 3 x största korndiameter.

Vi rekommenderar emellertid alltid en skiktjocklek på minst 20 cm för att uppnå optimal stabiliserande effekt.

| Typ     | Dimension   | Maskstorlek  | Rekommenderad korndiameter | Minsta överbyggnad |
|---------|-------------|--------------|----------------------------|--------------------|
| B1000   | 3,95 x 50 m | 37 x 37 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1000   | 5,95 x 50 m | 37 x 37 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1000   | 3,95 x 50 m | 35 x 35 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1100   | 5,95 x 50 m | 35 x 35 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1250   | 3,95 x 50 m | 35 x 35 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1600   | 3,95 x 50 m | 32 x 33 mm   | 0 - 90 mm                  | 20 cm              |
| B1100L  | 3,95 x 50 m | 65 x 65 mm   | 0 - 150 mm                 | 40 cm              |
| B1100L  | 5,95 x 50 m | 65 x 65 mm   | 0 - 150 mm                 | 40 cm              |
| B1250L  | 3,95 x 50 m | 60 x 60 mm   | 0 - 150 mm                 | 40 cm              |
| B1100XL | 3,95 x 50 m | 100 x 100 mm | 0 - 200 mm                 | 60 cm              |

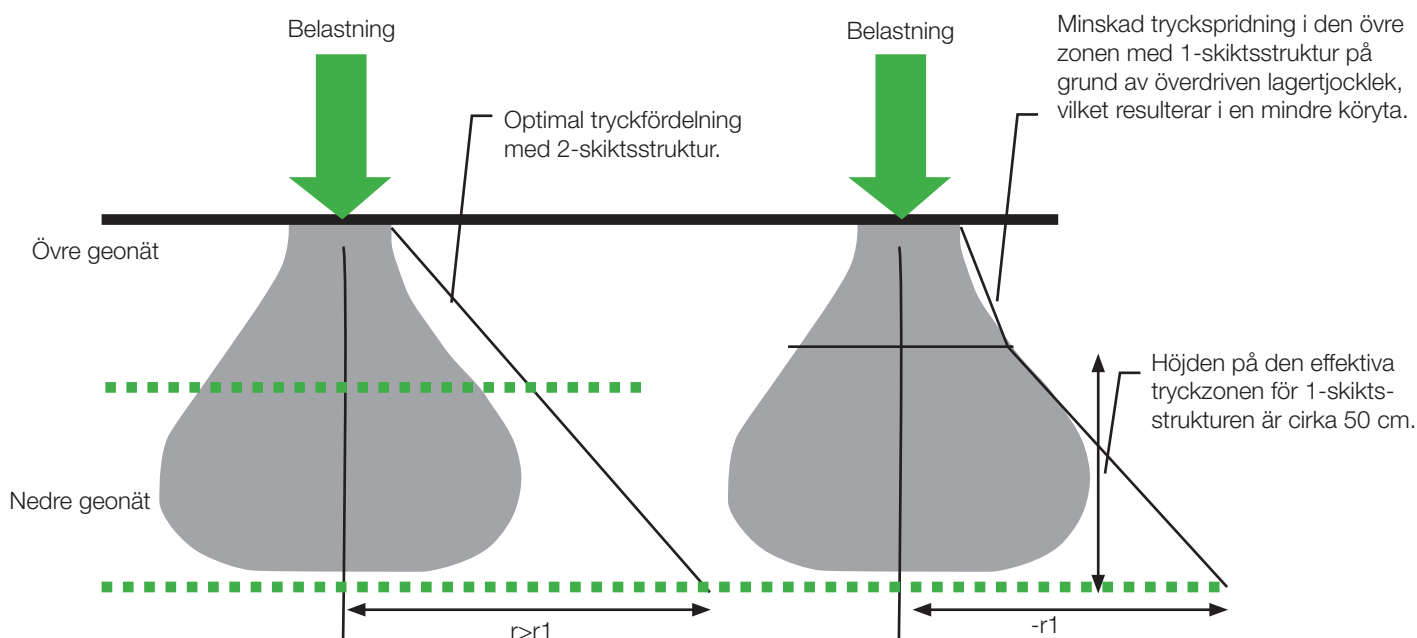
Figur 9 Val av geonät efter maximal korndiameter



## Flera lager av geonät i samma struktur

När bärlagrets totala tjocklek överstiger ca. 50 cm kan man med fördel bygga in 2 eller flera lager geonät för att uppnå maximal tryckspridning upp genom bärlagren. Det beror på samma mekanism som förekommer vid komprimering, dvs. att en påverkan på bärlagrets översida sprids i en päronform eller

kulform under punkbelastningen. Påverkan från en belastning avtar med djupet. När påverkan blir tillräckligt liten kan man få ytterligare tryckspridningseffekt genom att bygga in ytterligare ett lager geonät som placeras högre upp i konstruktionen. Se figur 10.



**Figur 10** Belastningen får vid stor bärlagertjocklek mindre inverkan på det nedersta lagret geonät - det kan uppnås en ytterligare tryckspridningseffekt genom inbyggnad av flera lager geonät.

Vid stora bärlagertjocklekar får belastningen mindre effekt på nedre lagret av geonät - ytterligare tryckspridningseffekt kan uppnås genom att använda flera lager av geonät.

obundna bärlagrens totala tjocklek reduceras med ytterligare cirka 10%, jfr designdiagrammen.

Försöka har visat att avståndet mellan de enskilda lagren av geonät bör vara minst 20 cm och högst 50 cm. Det övre lagret geonät ska placeras minst 20 cm under det obundna bärlagrets ovansida.

Genom att bygga in flera lager av GS-GRID geonät kan de





## Krav på material som används i obundna bärlager

Designdiagrammen har utarbetats under förutsättning att välgraderat friktionsmaterial används som bärlager med en karakteristisk friktionsvinkel  $> 35^\circ$ . Baserat på det beräknas att kross 0-40 mm, välgraderad kross 0-120 mm, sprängsten, krossad betong eller liknande kan användas direkt i obundna bärlager genom att använda diagrammen samt 20-200 mm kross gällande för XL-typ.

## Inbyggnad av GS-GRID geonät

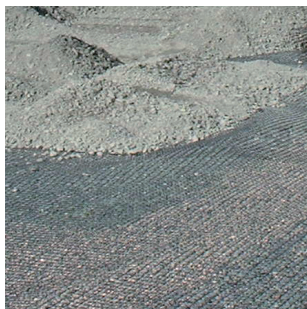
Vattenhaltig lös undergrund är särskilt känslig vid inbyggnad av bärlager, eftersom stark komprimering eller tung trafikbelastning på tunna bärlager kan orsaka stora ökningar av porvattentrycket. Det resulterar vanligtvis i en uppmjukning och därmed betydande försämring av den aktuella bärigheten. Eftersom praktiskt taget alla mjuka jordar är förknippade med en mycket hög vattenhalt i undergrunden, bör man om möjligt vidta följande försiktighetsåtgärder vid inbyggnad av geonät som förstärkning.

### Erfarenheten visar

- Att komprimering av bärlager på vattenhaltig undergrund med vibrationer ofta är skadligt för strukturen, eftersom påverkan ökar porvattentrycket och därmed tillfälligt minskar bärigheten.
- Att tung trafikbelastning på för tunna lagertjocklekar kan bidra till ökat porvattentryck och därmed minskad bärighet.
- Att vid kompression utan vibrationer uppnås komprimeringsgrader på  $> 95\%$  Standard Proctor även på extremt mjuka lager genom inbyggnad av minst 50 cm kross eller bärlager. Komprimeringsgrad verkar omedelbart tillfredsställande för bärlagrets nedre del.

## Överlappning i sammanfogningar

Överlappning för GS-GRID bör utgöra min. 30 cm för  $E_u > 5 \text{ MN/m}^2$ . För  $E_u < 5 \text{ MN/m}^2$  bör överlappningen utgöra min. 40 cm.

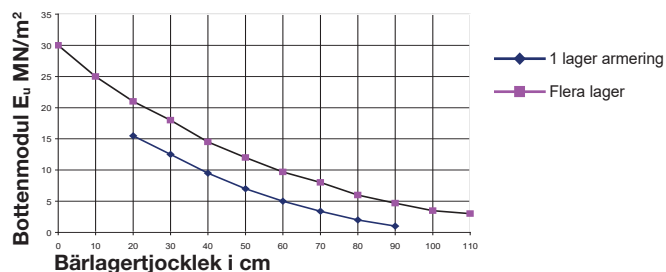


## Designdiagram för GS-GRID geonät

### Diagram 1

#### Användning av GS-GRID B1100

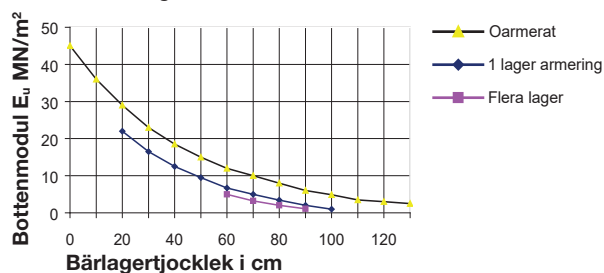
Designdiagram  $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklass 1



### Diagram 2

#### Användning av GS-GRID B1100

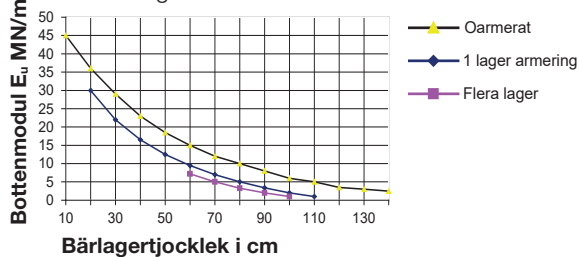
Designdiagram  $E_o = 45 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklass 2



### Diagram 3

#### Användning av GS-GRID B1100

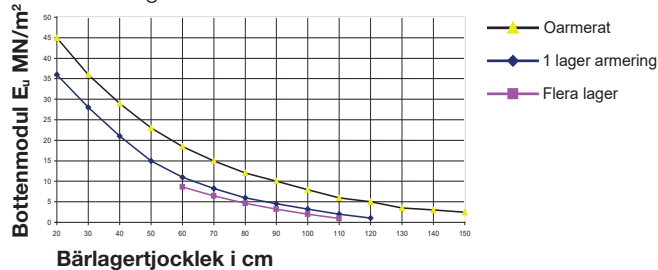
Designdiagram  $E_o = 60 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklass 3



### Diagram 4

#### Användning av GS-GRID B1100

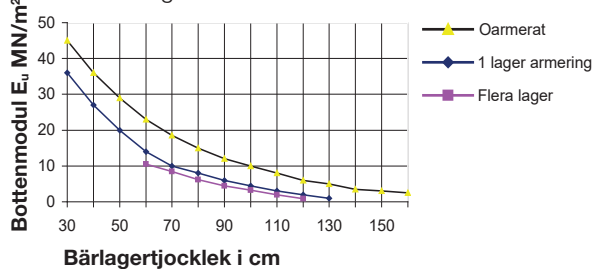
Designdiagram  $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklass 4



### Diagram 5

#### Användning av GS-GRID B1000

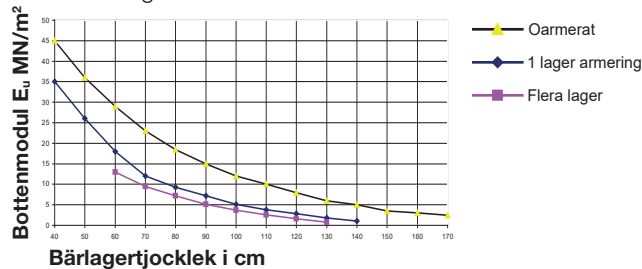
Designdiagram  $E_o = 120 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklasse 5



### Diagram 6

#### Användning av GS-GRID B1250

Designdiagram  $E_o = 150 \text{ MN/m}^2$   
Belastningsklasse 6





## Exempel 1

### Byggväg

#### Förutsättningar

Etablering av tillfällig byggväg på relativt lös moränlera. Skjuvfastheten är 40-50 kN/m<sup>2</sup>. Vägen ska tillfälligt fungera för trafik i samband med transport av material. Uppskattningsvis behövs en ytmodul motsvarande cirka 30 MN/m<sup>2</sup>.

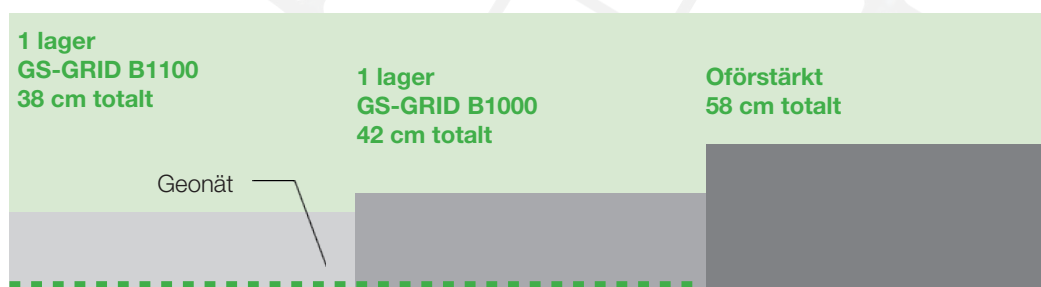
Löpande vägreparation accepteras om belastningen orsakar oacceptabel spårbildning. 0-90 mm välgraderad kross används som bärlager.

#### Diagram och ingångsvärde

Använd designdiagram 1 - gällande för  $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$  - belastningsklass 1, jfr figur 5.

Skjuvfasthet i området mäts till 40-50 kN/m<sup>2</sup> – motsvarande  $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$ , jfr figur 3.

#### Avläst struktur, jfr designdiagram 1



OBS: Vid ändring från GS-GRID B1100 till GS-GRID B1000 ökas bärlagret med cirka 10 %, jfr figur 7.

## Exempel 2

### Lagergolv

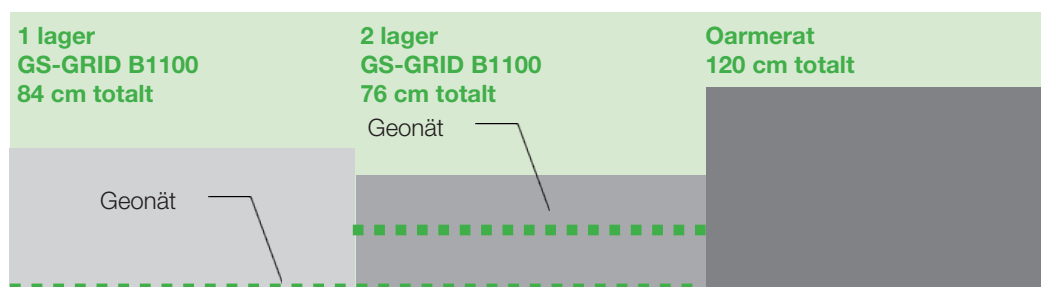
#### Förutsättning

Etablering av lagerhall med flytande golv på känslig moränlera. Vid plattbelastning mäts E-moduler i markplan på cirka 5 MN/m<sup>2</sup>. E-modul på 80 MN/m<sup>2</sup> är nödvändig, mätt på de obundna bärlagrets ovansida. Som bärlager används 0-90 mm välgraderad kross och 0-32 mm bärlager fördelat som 2/3 kross och 1/3 bärlagergrus.

#### Diagram och ingångsvärde

Används designdiagram 4 – gällande för  $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$  – belastningsklass 4, jfr figur 5.  $E_u = 5 \text{ MN/m}^2$

#### Avläst struktur, jfr designdiagram 4





## Exempel 3

## Tungt trafikerade vägar

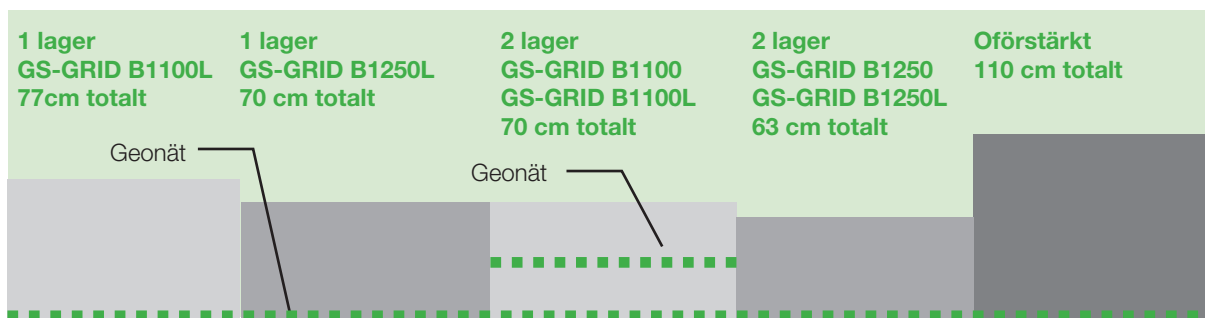
## Förutsättning

Etablering av tungt trafikerad väg - motsvarande belastningsklass 6. Vid plattbelastning mäts E-moduler i markplan på cirka 10 MN/m<sup>2</sup>. Som bärlager används 0-90 mm välgraderad kross och 0-32 mm bärlager fördelat som 2/3 kross och 1/3 bärlagergrus.

## Diagram och ingångsvärde

Använd designdiagram 5 - gällande för E<sub>o</sub> = 120 MN/m<sup>2</sup> - belastningsklass 5, jfr figur 5.  
E<sub>u</sub> = 10 MN/m<sup>2</sup>

## Avläst struktur, jfr designdiagram 6



Vid ändring från GS-GRID B1000 till GS-GRID B1250 reduceras bärlagret med ca. 10% jfr figur 7.

## Referenser

- Prof. Voss Tyskland (1961)**  
Beziehung zwischen E<sub>v2</sub>-werten des Planums under Oberkante einer unterschiedlich dicken Frostschtzschicht aus Kiessand.
- J. P. Giroud, L. Noiray (1981)**  
Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design.
- Dr. F. P. Jaecklin, Prof. R. Floss, Technische Universität München, (1988)**  
"Methode zur Bemessung von Geotextilien im Strassenbau auf besonders weichem Untergrund".
- Guy T. Houlsby & Richard A. Jewell (1990)**  
Design of reinforced unpaved roads for small rut depths.
- Van Zanten, R. Veldhuijzen (1986)**  
"Geotextiles and geomembranes in civil engineering".
- Voskamp, Vim (1993)**  
"Geogrids in road design - towards generic specifications".
- A. Watn, H. Søgne, E. Emdal (1996)**  
Improvement of bearing capacity for traffic areas on soft subsoil - Large scale laboratory testing.
- Prof. Andrea Cancelli, Ing. Filippo Montanelli (1997)**  
Full scale laboratory testing on geosynthetics reinforced paved roads.
- Morten Vanggaard, Franck Geoteknik AS**  
Plattbelastningsförsök utfört under perioden augusti 1997 till juli 1999.
- Prof. Andrea Cancelli, Ing. Filippo Montanelli (1998)**  
In-Ground Test for Geosynthetic Reinforced Flexible Paved Road.