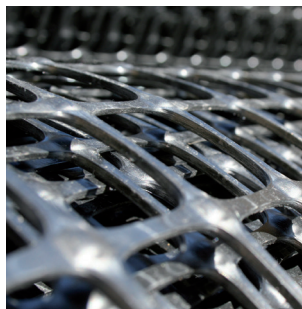


A'GRID geonett

Stabilisering av veier og plasser

Designmanual





Forord

Geonett har blitt en stadig mer naturlig del når det gjelder etablering av veier og plasser på problematisk undergrunn. Formålet er å stabilisere, og oppnå en økt bæreevne i forhold til ustabiliserte konstruksjoner. Med geonett kan man oppnå vesentlige reduksjoner i bærelaget.

Det er utviklet en del internasjonale beregningsmetoder, som vanligvis er basert på fullskala forsøk, og deretter omsatt til empiriske formler og kurver.

Vi har gjennom en årrekke innhentet dokumenterte data fra Danmark, samtidig med at bruken av geoarmering i anleggsprosjekter har økt gradvis.

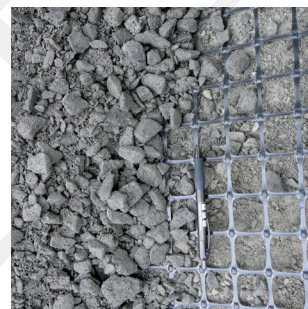
For å kunne gi bedre rådgivning, har Byggros gjennom de siste årene deltatt aktivt for å kontrollere effekten av de enkelte armeringsproduktene, brukt under skandinaviske forhold.

Denne designmanualen er utarbeidet med våre resultater som grunnlag, og kan brukes i forbindelse med bruk av A'GRID. Ved bruk av andre produkter, bør resultatene kontrolleres på nytt, da det kan forekomme store variasjoner i de registrerte bæreevnene.

Materialet er utarbeidet som en gratis serviceytelse, og er basert på vår nåværende kunnskap. Det tas forbehold for endringer. Innholdet er omfattet av Byggros' gjeldende salgs- og leveringsbetingelser, som det henvises til.

Innhold

Forord	2
Bruksområder	3
Grunnbegreper	3
• Geonett eller geotekstil?	
• Kraftoverføring - forkiling og friksjon	
Undergrunnens styrke - vingeforsøk kontra platebelastning	4
Kontroll av bæreevne før og etter stabilisering	5
Belastningsklasser	5
Valg av geonett i forhold til undergrunn og belastning	6
• Valg i forhold til undergrunnens styrke	
• Valg i forhold til belastningsklasse	
• Valg av geonett i forhold til ruteåpning og maksimal tilslagsdiameter	
• Flere lag geonett i en oppbygging	
Krav til materialer brukt som bærelag	9
Bruk av A'GRID	9
Design diagrammer – A'GRID	10
Eksempel 1 - Anleggsveier	11
Eksempel 2 - Lagergulv	11
Eksempel 3 - Tungt trafikkerte veier	12
Referanser	12



Bruksområder

Bruken av geonett i norske veiprosjekter har i mange år utviklet seg til å inngå som en naturlig del av prosjekter med bløt og ustabil grunn. De viktigste grunnene til det er blant annet de store miljømessige kostnadene man forbinder med utskiftning av bløt grunn, samt de økonomiske fordelene som metoden tilbyr. I dag finnes det mange referanseprosjekter i hele Norden, som har løst kompliserte problemstillinger på en god måte.

Det største diskusjonsemnet er fortsatt hvordan geotekstilet eller geonettet dimensjoneres i praksis. Forsøkene vi har vært med på har belyst dette emnet, og stilt spørsmålsteget ved det man tidligere har antatt. Sist men ikke minst har forsøkene gitt gode grunner til en klar anbefaling når det gjelder kontroll av aktuell bæreevne i en gitt situasjon.

Innenfor disse områder kan man med fordel anvende geonett eller armerte geotekstiler:

- Stabilisering av veier og plasser
- Motvirkning av differansesetninger
- Kompensasjonsoppbygginger
- Forbelastede veikonstruksjoner
- Pælekonstruksjoner

Denne veiledningen forutsetter utelukkende bruk i forbindelse med stabilisering av veier og plasser, og motvirkning av differansesetninger samt bruk av kompensasjonsoppbygginger. Hensikten er å belyse problemstillinger og vurderinger som man generelt forbinder med stabilisering av bærelag i konstruksjoner.

Veiledningen er ikke egnet for statisk belastede konstruksjoner som f.eks. forbelastede vei- og pælekonstruksjoner. Kontakt Byggros for utarbeidelse av eget design.

Grunnbegreper

Geonett eller geotekstil?

Man skiller mellom vevde eller ekstruderte/stansede geonett, vevde eller ikke-vevde geotekstiler, samt kombinasjoner av dette.

- Ekstruderte/stansede geonett er nett med åpne masker, med en definert styrke/-deformasjon. De kjennetegnes ved å være stive i form og utseende og ha faste knutepunkter.
- Vevde geonett er nett med åpne masker, med en definert styrke/-deformasjon. Kjennetegnes ved å være fleksible i form og utseende.
- Vevde geotekstiler har tettvevde eller finmaskede nett med en definert styrke/-deformasjon og definerte filtertegenskaper.
- Ikke-vevde geotekstiler (non wovens) er enten termisk bundne eller nålede geotekstiler, hovedsakelig fremstilt med tanke på separasjon, beskyttelse og filtrering.
- Ikke-vevde geotekstiler kjennetegnes videre ved å ha relativt store bruddeformasjoner, typisk > 35%, og fungerer som separasjonsduk i veifundamentet.

Kraftoverføring

Det skiller mellom to prinsipper for kraftoverføring:

- Friksjon
- Forkiling

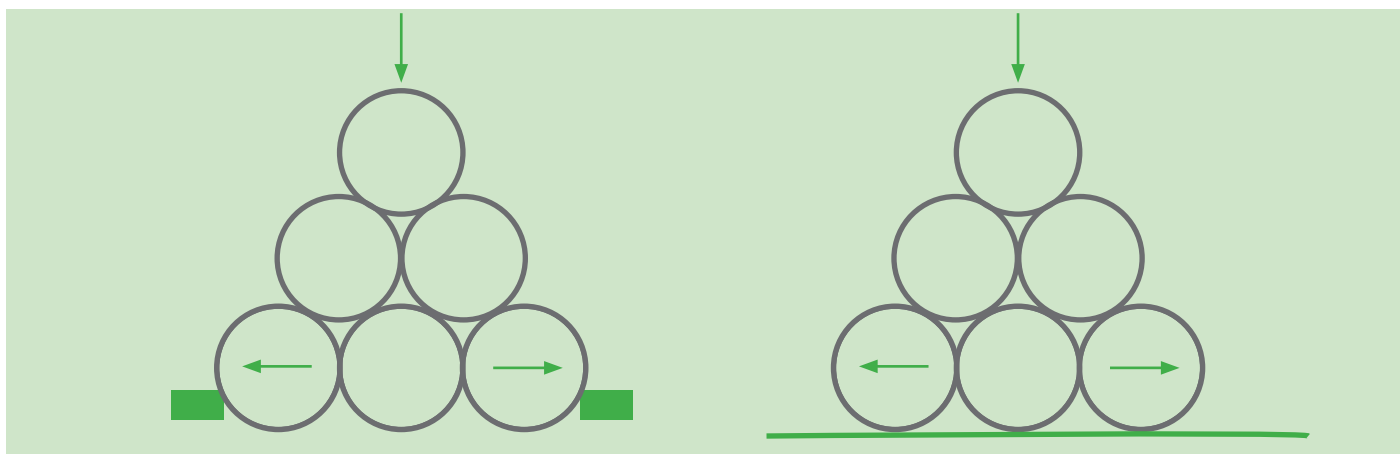
Alle typer armering overfører friksjon i en eller annen grad, mens forkiling bare skjer i forbindelse med åpne geonett. Kraftoverføring ved friksjon gjelder vanligvis vevde geonett og geotekstiler, mens forkiling gjelder de stive geonettene med faste knutepunkter.

Forsøk viser at kraftoverføring ved uttrekningsforsøk stort sett er lik for geonett, uansett om de er vevde eller ekstruderte/stansede. Interaksjonskoeffisienten, dvs. geonettets kraftoverføringskoeffisient, ligger vanligvis i området 0,8 - 1,0.

For vevde geotekstiler og kombinasjonsduker ligger interaksjonskoeffisienten vanligvis i området 0,6 - 0,8. Kraftoverføring ved friksjon kan særlig utnyttes i forbindelse med veidemninger, pæledemninger, støttemurer o.l., hvor påvirkningen er 2-dimensjonell og vanligvis kun skjer i én retning. Når det dreier seg om stabilisering av veier og plasser er saken annerledes, da det er snakk om en 3-dimensjonell påvirkning.

I forbindelse med tradisjonelle prosjekter innenfor stabilisering av veier og plasser er det avgjørende for geonettets effekt at steinmaterialene holdes på plass i nettmaskene. Forsøk viser at geonettets fysiske stivhet og evne til å fastlåse steinmaterialet har stor betydning for effekten.

Hvis man sammenligner kraftoverføring ved forkiling med friksjon, kan man si at man plasserer runde emner i en pyramideform som vist på figur 1 og 2. Geonettets tværribber kan i motsetning til geotekstilet fastholde steinmaterialene i samme posisjon. Belastningen kan derved overføres til geonettet, slik at stabiliseringseffekten økes.



Figur 1 Fastlåsning via forkiling i geonettets tværribber.

Figur 2 Fastholdelse via friksjon.

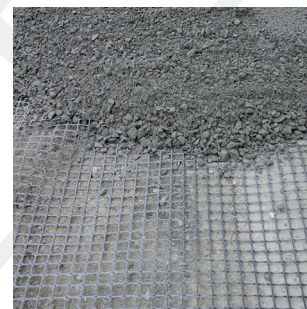
Undergrunnens styrke - vingeforsøk kontra platebelastning

I geotekniske rapporter er det ofte angitt vingestyrker til beskrivelse av undergrunnens styrke. Bare i sjeldne tilfeller er det utført platebelastningsforsøk til å bestemme undergrunnens aktuelle bæreevne. Mest pålitelig virker platebelastningen, hvor man kan få et bilde av den gjeldende bæreevnen uavhengig av dybden. Det kan bare i en viss grad dras parallellt mellom de to typer forsøk, da vanninnholdet spiller en stor rolle.

Følgende relasjoner ses i typisk forekommende nordiske moreneleire, gytje eller lignende med høyt vanninnhold. Det tas forbehold for avvik.

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

Figur 3 Relasjonen mellom E-modul og vingestyrke, som typisk finnes for moreneleire, gytje o.l.



Kontroll av bæreevne før og etter stabilisering

Ved dimensjonering av en veioppbygging er vår erfaring at platebelastningen er et bra redskap til å kontrollere undergrunnens bæreevne. Ved det får man et godt bilde av undergrunnens gjeldende E-modell. Med enda et forsøk på den ferdige oppbyggingen vil man også kunne kontrollere den aktuelle bæreevnen i den ferdige oppbyggingen.

Forsøket er relativt billig å utføre, og man kan på et tidlig tidspunkt verifisere en oppbygging og evt. korrigere i den.



Figur 4 Platebelastning på hhv. overside planum, samt overside bærelag.

Når det gjelder platebelastning, bruker man i Norden som oftest enten «det danske forsøk» eller «det tyske forsøk» iht. DIN 18 134. Det er god overensstemmelse mellom de to forsøkene. Likevel er det tyske forsøk svært bra til verifisering av den aktuelle komprimering, da det reelt sett er snakk om to uavhengige belastningskurver, hvor forholdet mellom de to E-modulene er et uttrykk for komprimeringsgraden.

Belastningsklasser

Designdiagrammene er laget med utgangspunkt i det avsluttende E-modul, målt på oversiden av ubundet bærelag og delt inn i følgende belastningsklasser:

Avsluttende E-modul Eo

Overside bærelag	Bruksområde	Belastningsklasse
Eo = 30 MN/m ²	Begrenset belastning - sykkelveier og midlertidige byggeveier	1
Eo = 45 MN/m ²	Større belastning - gårdsveier og midlertidige byggeveier	2
Eo = 60 MN/m ²	Lett trafikk - maksimalt akseltrykk 6 ton Småveier i boligfelt og lignende - parkeringsarealer for personbiler	3
Eo = 80 MN/m ²	Middels trafikk - maksimalt akseltrykk 8 ton Middels trafikkerte veier, parkeringsarealer, flytende gulv i lagerhaller	4
Eo = 120 MN/m ²	Tung trafikk - maksimalt akseltrykk 12 ton Tungt trafikkerte veier - motorveier, fylkesveier, parkeringsarealer og containerplasser	5
Eo = 150 MN/m ²	Svært tung trafikk - maksimalt akseltrykk 15 ton Parkeringsarealer for svært tunge kjøretøy, containerplasser, landingsbaner og lignende	6

Figur 5 Inndeling i belastningsklasser.



Valg av geonett i forhold til belastning og undergrunnens styrke

Våre forsøk har vist at forskjellen mellom de ulike geonettene viser seg i sporkjøring. Uansett belastning, vil overflatemodulet kunne relateres til type nett. F.eks. har A'GRID B30/30 større effekt enn A'GRID B20/20 [Ref. 11]. Reduksjonen i bærelaget er derfor avhengig av type nett.

Forskjellen mellom stabiliserte og ustabiliserte oppbygginger under samme forutsetninger kan relateres til type nett, styrke og utforming. For oppbygginger plassert på samme undergrunn med samme bærelag, hhv. stabiliserte og ustabiliserte, vil antallet av passasjer øke eksponentielt. Samtidig reduseres deformasjonene på undergrunnen

Valg av geonett i forhold undergrunnens styrke

- effektindeks

Innvirkningen på E-modulen målt på oversiden av bærelag E_o kan relateres til type geonett.

For bunnmoduler i området $E_u \approx 2 - 60 \text{ MN/m}^2$ målt på undergrunn, er det ved bruk av 40 - 50 cm knust fjellmasser hhv. stabiliserte og ustabiliserte funnet en sammenheng.

Oppbygging	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* $E_u \approx 60 \text{ MN/m}^2$
Uarmert	25	40	60	80
A'GRID B20/20 20 kN/m	70	80	90	-
A'GRID B20/20L 20 kN/m	70	80	90	-
A'GRID B30/30 30 kN/m	100	100	100	100
A'GRID B30/30L 30 kN/m	100	100	100	100
A'GRID B30/30XL 30 kN/m	100	100	100	100
A'GRID B40/40 40 kN/m	130	120	110	-
A'GRID B40/40L 40 kN/m	130	120	110	-

Figur 6 Som referanse (indeks 100) brukes A'GRID B30/30 *(Effektindeks funnet ved forsøk på 35 cm knust fjellmasser).

For A'GRID-serien brukes effektindekset i praksis slik

Geonett type	Innvirkning på oppbygging jf. designdiagrammene
A'GRID B20/20 og B20/20L	Avlest bærelagstykkelse økes med 10%
A'GRID B30/30 og B30/30L samt B30/30XL - referanse	Avlest bærelagstykkelse brukes direkte
A'GRID B40/40 og B40/40L	Avlest bærelagstykkelse reduseres med 10%

Figur 7 Effektindeks for A'GRID-serien.

For ekstremt lave E-moduler i grunnen er effekten av geonettet svært tydelig.

For stigende E-moduler i undergrunnen er effekten av geonettets tilstedeværelse minkende. Men man vil kunne registrere en vekst i bæreevne på ca. 25% ved bruk av geonett på et undergrunn med en E-verdi $E_u \approx 50-60 \text{ MN/m}^2$.



Valg av geonett i forhold til belastning

Under hensyn til belastningsklassene (figur 5), bør valg av geonett skje etter følgende retningslinjer:

Belastningsklasse (se figur 5)					
1	2	3	4	5	6
A'GRID B20/20 og B20/20L					
	A'GRID B30/30, B30/30L og B30/30XL				
		A'GRID B30/30XL, B40/40 og B40/40L			

Figur 8 Valg av geonett relatert til belastning.

Valg av geonett i forhold til ruteåpning

Under hensyn til den maksimale tilslagsdiameter, bør valg av geonett skje etter følgende retningslinjer:

Den maksimale tilslagsfraksjon som udlægges på et geonet bør maksimalt være 2 x ruteåpning.

Den minimale dæklagstykkelse udlagt på geonett bør være minimum 3 x største tilslagsdiameter, dog anbefales der alltid en lagtykkelse på min. 20 cm for at opnå en optimal stabiliserende effekt.

Type	Dimension	Ruteåpning	Anbefalet tilslagsdiameter	Min. dæklag
B20/20	3,95 x 50 m	37 x 37 mm	0 - 64 mm	20 cm
B20/20	5,95 x 50 m	37 x 37 mm	0 - 64 mm	20 cm
B30/30	3,95 x 50 m	35 x 35 mm	0 - 64 mm	20 cm
B30/30	5,95 x 50 m	35 x 35 mm	0 - 64 mm	20 cm
B40/40	3,95 x 50 m	35 x 35 mm	0 - 64 mm	20 cm
B30/30L	3,95 x 50 m	65 x 65 mm	20 - 120 mm	35 cm
B30/30L	5,95 x 50 m	65 x 65 mm	20 - 120 mm	35 cm
B40/40L	3,95 x 50 m	60 x 60 mm	20 - 120 mm	35 cm
B30/30XL	3,95 x 50 m	100 x 100 mm	20 - 200 mm	60 cm

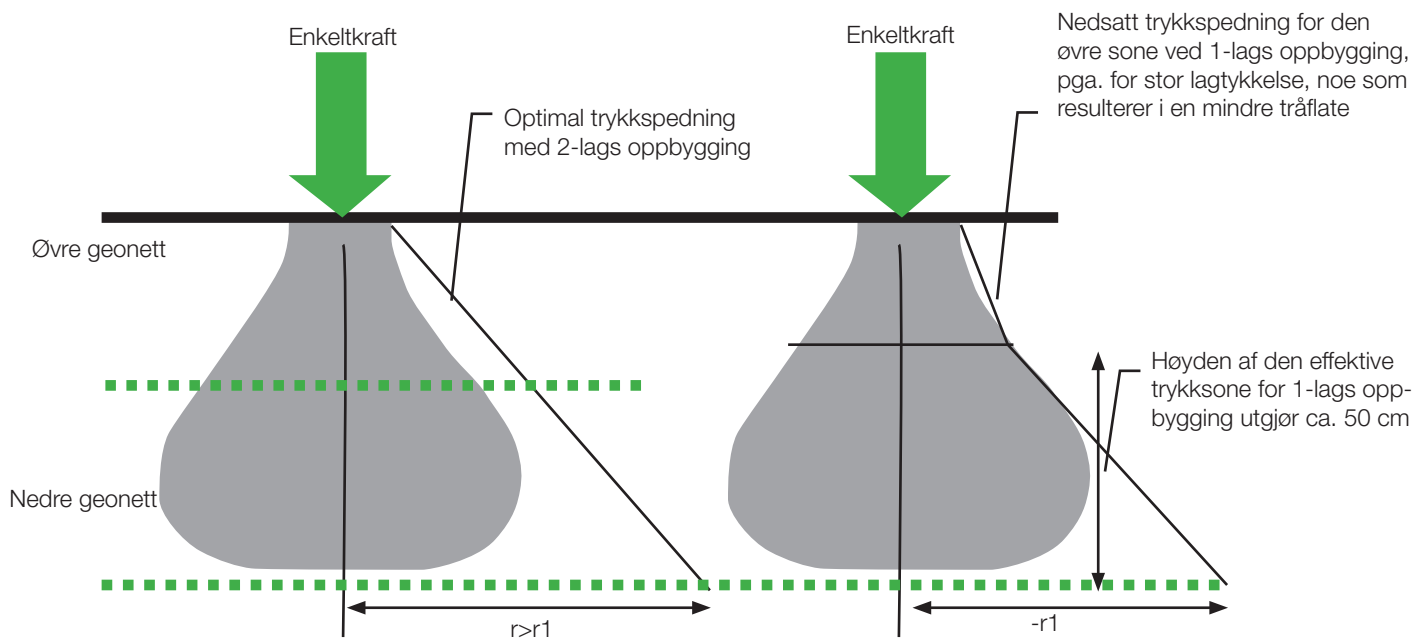
Figur 9 Valg av geonett relatert til maksimal tilslagsdiameter.



Flere lag geonett i samme oppbygging

Når den totale bærelagstykkelsen overstiger ca. 50 cm, kan man med fordel bruke 2 eller flere lag geonett for å oppnå maksimal trykkspredning opp gjennom bærelagene. Dette på grunn av samme mekanisme man ser i forbindelse med komprimering, dvs. at en påvirkning på oversiden av bærelaget blir spredt

i en pære- eller ballform under enkeltkraften. Påvirkningen fra en enkeltkraft avtar med dybden. Når påvirkningen blir liten nok, kan man oppnå en ytterligere trykkspredningseffekt ved bruk av enda et lag med geonett som er plassert høyere opp i oppbyggingen. Se figur 10.



Figur 10 Belastningen fra enkeltkraften får ved store bærelagstykkelser mindre innvirkning på det nederste geonettlaget - det kan oppnås en ytterligere trykkspredningseffekt ved bruk av flere lag geonett.

Ved ulike forsøk har man funnet ut at avstanden mellom de enkelte lagene geonett bør utgjøre minimum 20 cm og maksimalt 50 cm. Det øverste geonettlaget bør som minimum plasseres 20 cm under oversiden av bærelaget.

Ved bruk av flere lag med A'GRID geonett, vil den totale tykkelsen av bærelagene jf. designdiagrammene over kunne reduseres med ytterligere ca. 10%. (Figur 10).



Krav til materialer brukt som bærelag

Designdiagrammene er utarbeidet under forutsetning av at det brukes velgraderte friksjonsmaterialer som bærelag, med en karakteristisk friksjonsvinkel $> 35^\circ$. På grunnlag av dette vurderes det, at knust fjell 0-32 mm, velgradert knust fjell 0-120

mm, sprengstein, knust betong eller lignende direkte vil kunne brukes som bærelag i forbindelse med bruk av diagrammene.

Bruk av A'GRID geonett

En vannholdig bløt undergrunn er spesielt følsom under bruk av bærelag, da kraftig komprimering eller stor trafikkbelastning på tynne bærelag veldig lett forårsaker økninger i porevantrykket. Dette resulterer typisk i en oppmyking, og noe som gjør bæreevnen

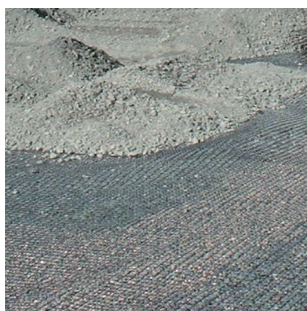
evnen betydelig dårligere. Da stort sett alle tilfeller av bløt grunn er forbundet med et svært høyt vanninnhold i undergrunnen, bør man om det er mulig ta følgende forholdsregler ved bruk av geonett som forsterkning.

Erfaringer viser

- At komprimering av bærelag på vannholdig undergrunn med vibrasjon ofte er ugunstig for konstruksjonen, da påvirkningen øker porevantrykket og dermed midlertidig nedsetter bæreevnen.
- At stor trafikkbelastning på for tynne bærelag også kan være medvirkende til at porevantrykket øker, og dermed nedsette bæreevnen.
- At det ved komprimering uten vibrasjon oppnås komprimeringsgrad $>95\%$ standard proctor på selv ekstremt myke avleiringer ved bruk af min. 50 cm fjellmasser. Denne komprimeringsgraden ser ut til å være tilfredsstillende for den nederste del av bærelaget.

Overlapp i samlinger/skjøter

Overlapp for A'GRID-serien bør utgjøre min. 30 cm for $E_u > 5$ MN/m². For $E_u < 5$ MN/m² bør overlapp utgjøre min. 40 cm.



Designdiagrammer for A'GRID

Diagram 1

Basert på bruk av A'GRID B30/30

Designdiagram $E_o = 30 \text{ MN/m}$
Belastningsklasse 1

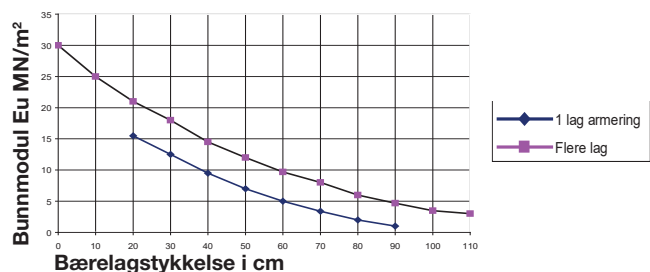


Diagram 2

Basert på bruk av A'GRID B30/30

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

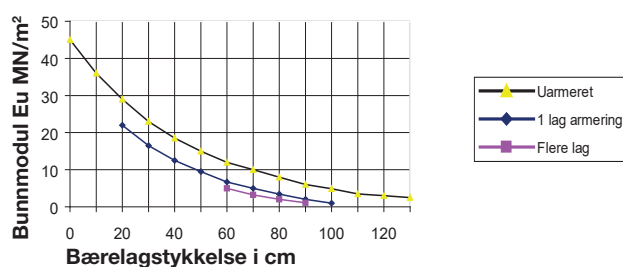


Diagram 3

Basert på bruk av A'GRID B30/30

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

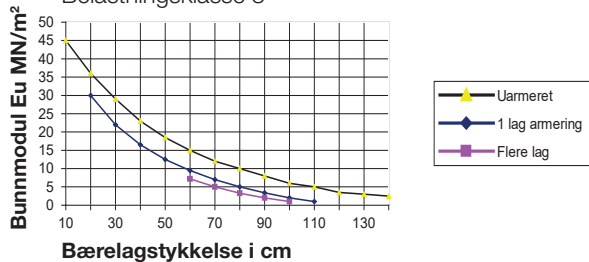


Diagram 4

Basert på bruk av A'GRID B30/30

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

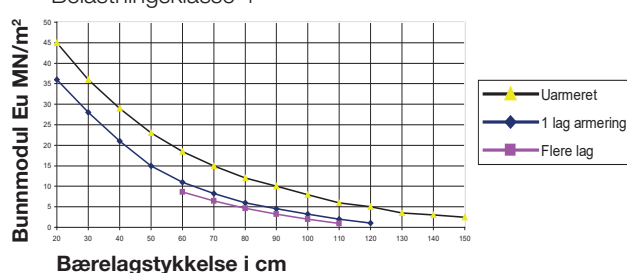


Diagram 5

Basert på bruk av A'GRID B30/30

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

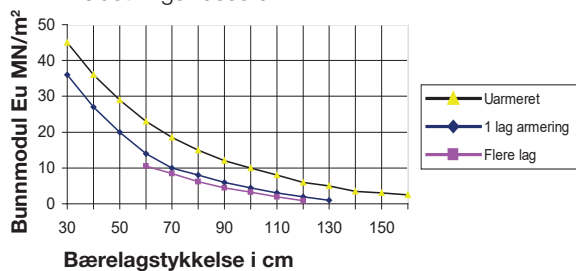
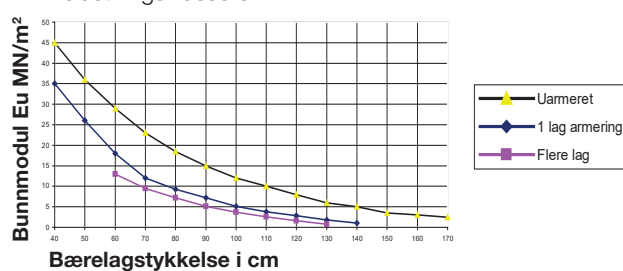


Diagram 6

Basert på bruk av A'GRID B40/40

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





Eksempel 1

Anleggsveier

Forutsetninger

Etablering av midlertidig anleggsvei på relativt bløt moreneleire - vingestykken målt i området 40 - 50 kN/m². Veien skal fungere i en kortvarig periode for trafikk i forbindelse med transport av materialer. Det vurderes at det er behov for et overflatemodul tilsvarende ca. 30 MN/m². Det aksepteres løpende oppretting av veien, dersom belastningen måtte forårsake uakseptabel sporkjøring. Som bærelag brukes 0 - 90 mm velgradert knust fjellmasser.

Diagram og inngangsverdi

Designdiagram 1 - gjeldende for $E_o = 30 \text{ MN/m}^2$ - belastningsklasse 1, jf. figur 5.

Vingestykken målt i området 40-50 kN/m² - svarer til $E_u = 10 \text{ MN/m}^2$, jf. figur 3.

Avlest oppbygging jf. designdiagram 1



NB! Ved endring fra A'GRID B30/30 til A'GRID B20/20 økes bærelaget med ca. 10%, jf. figur 7.

Eksempel 2

Lagergulv

Forutsetninger

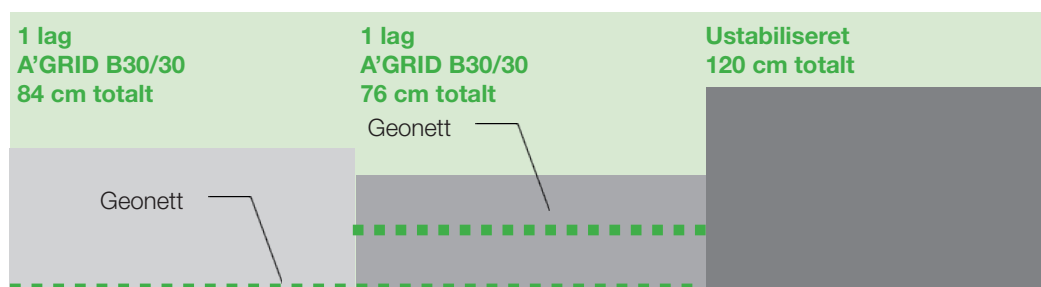
Etablering av lagerhall med flytende gulv på ustabil moreneleire - ved platebelastning er målt E-moduler på undergrunnen på ca. 5 MN/m². Det kreves et E-modul på 80 MN/m², målt på oversiden av bærelaget. Som bærelag brukes 0 - 90 mm velgradert knust fjell, samt 0 - 32 mm knust fjell.

Diagram og inngangsverdi

Designdiagram 4 - gjeldende for $E_o = 80 \text{ MN/m}^2$ - belastningsklasse 4, jf. figur 5.

$E_u = 5 \text{ MN/m}^2$

Avlest oppbygging jf. designdiagram 4





Eksempel 3

Tungt trafikkerte veier

Forutsetninger

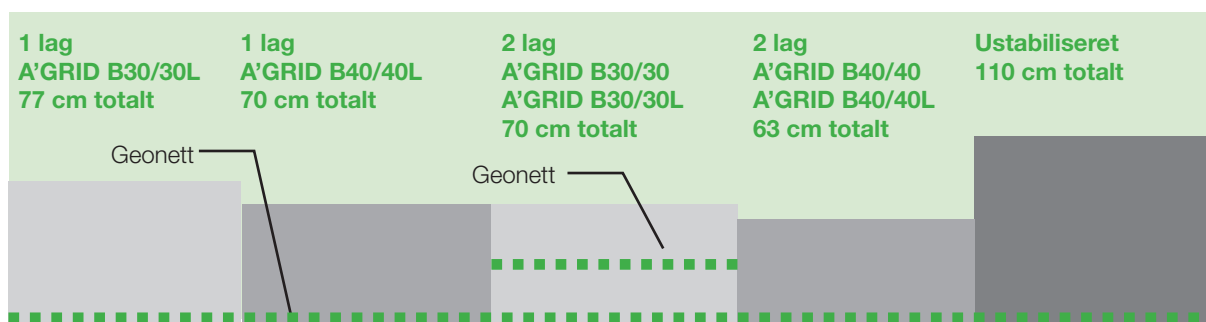
Etablering av tungt trafikkerte veier, tilsvarende belastningsklasse 6. Ved platebelastning er målt E-moduler på undergrunn på ca. 10 MN/m². Som bærelag anvendes 0-90 mm velgradert knust fjell samt 0-32 mm knust fjellmasse.

Diagram og inngangsverdi

Designndiagram 5 - gjældende for E₀ = 120 MN/m² - belastningsklasse 5, jf. figur 5.

E_u = 10 MN/m²

Avlest oppbygging jf. designndiagram 6



Referanser

- Prof. Voss Tyskland (1961)**
Beziehung zwischen Ev₂-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 Undergrund".
- 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**
Pladebelastningsforsøg udført i perioden august 1997 til juli 1999.
- Prof. Andrea Cancelli, Ing. Filippo Montanelli (1998)**
In-Ground Test for Geosynthetic Reinforced Flexible Paved Road.