

KRAV

TRVINFRA-00230

Version 2.0

Publiceringsdatum 2023-01-19

Konfidentialitetsnivå Ej känslig

Geokonstruktion

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning



Trafikverkets infrastrukturregelverk

Trafikverket, 781 89 Borlänge
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00
trafikverket.se

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Innehållsförteckning

1	Syfte	6
2	Omfattning	7
3	Termer	8
4	Förkortningar och symboler	9
5	Allmänna förutsättningar.....	10
5.1	Myndighetsföreskrift	10
5.2	Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod	10
5.3	Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten	10
6	Allmänna tekniska förutsättningar	11
6.1	Beständighet	11
6.1.1	Avsedd livslängd	11
6.1.2	Materialskiljande lager	11
6.1.3	Erosionsskydd	14
6.2	Dimensionering	18
6.2.1	Allmänt.....	18
6.2.2	Säkerhetsklass	18
6.2.3	Geoteknisk kategori.....	19
6.2.4	Geometriska data.....	19
6.2.5	Materialegenskaper	19
6.2.6	Laster	20
6.2.7	Varaktig och tillfällig dimensioneringssituation	24
6.2.8	Tillfällig konstruktion	31
7	Slänter och bankar	32
7.1	Jordslänter.....	32
7.1.1	Utformning	32
7.1.2	Dimensionering	32
7.2	Bergslänter.....	34
7.2.1	Utformning	35
7.2.2	Dimensionering	35
7.2.3	Utförande.....	35
7.3	Bankar.....	35
7.3.1	Underbyggnad av berg för väg.....	36
7.3.2	Underballast för järnväg.....	37
8	Underbyggnad och undergrund.....	38
8.1	Massutsiftning	38
8.1.1	Massutsiftning genom grävning och återfyllning.....	38
8.1.2	Massutsiftning genom nedpressning	39
8.1.3	Redovisning i bygghandling.....	41
8.2	Djupstabilisering.....	41
8.2.1	Material	41
8.2.2	Utformning	43
8.2.3	Dimensionering	45
8.2.4	Redovisning i bygghandling.....	49
8.2.5	Utförande och kontroll	49
8.3	Jordarmering i underkant av bank	51
8.3.1	Brottgränstillstånd	51

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

Konfidentialitetsnivå

Version

TRVINFRA-00230

Ej känslig

2.0

8.3.2. Bruksgränstillstånd.....	52
8.4. Grundläggning med lastreducerande material.....	52
8.4.1. Cellplast.....	52
8.4.2. Lättklinker.....	57
8.4.3. Skumglas.....	60
8.5. Vertikaldränering.....	62
8.5.1. Material.....	62
8.5.2. Utformning.....	63
8.5.3. Dimensionering.....	63
8.5.4. Redovisning i bygghandling.....	64
8.5.5. Utförande och kontroll.....	64
8.6. Förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv.....	65
8.6.1. Material.....	65
8.6.2. Utformning.....	65
8.6.3. Dimensionering.....	65
8.6.4. Utförande och kontroll.....	66
8.7. Lätt bankpålning med träpålar.....	66
8.7.1. Material.....	66
8.7.2. Utformning.....	67
8.7.3. Dimensionering.....	68
8.7.4. Redovisning i bygghandling.....	68
8.7.5. Utförande och kontroll.....	68
9 Grundkonstruktioner.....	70
9.1. Grundläggning av byggnadsverk.....	70
9.1.1. Grundläggning på fyllning.....	70
9.1.2. Fyllning mot bro.....	70
9.1.3. Minsta avstånd till tjällyftande jord för vägbroar.....	71
9.1.4. Minsta avstånd till tjällyftande jord för järnvägsbroar.....	72
9.1.5. Isolering med cellplast.....	72
9.2. Plattgrundläggning.....	72
9.2.1. Dimensionering brottgränstillstånd.....	72
9.2.2. Dimensionering bruksgränstillstånd.....	73
9.3. Pågrundläggning.....	74
9.3.1. Dimensionering brottgränstillstånd.....	74
9.3.2. Dimensionering bruksgränstillstånd.....	78
9.4. Bankpålning.....	78
9.4.1. Utformning.....	78
9.4.2. Dimensionering.....	80
10 Stödkonstruktioner.....	84
10.1. Spont.....	84
10.1.1. Dimensionering.....	84
10.2. Slitsmur.....	85
10.2.1. Dimensionering.....	86
10.3. Sekantpålevägg.....	87
10.3.1. Dimensionering.....	88
10.4. Stödkonstruktion av armerad jord.....	89
10.4.1. Beständighet.....	90

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.4.2. Utformning	90
10.4.3. Dimensionering av jordarmerad stödmur.....	92
10.4.4. Dimensionering av brant slänt med jordspikning	95
10.4.5. Dimensionering av flack slänt med jordspikning.....	96
11 Referenser	97
Bilaga A Bestämning av materialegenskaper hos jord	98
Bilaga B Verifiering av hållfasthet genom pelarsondering.....	115

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

1 Syfte

Dokumentet ingår i Trafikverkets infrastrukturregelverk. Syftet med Trafikverkets infrastrukturregelverk är att beskriva de krav som ställs på infrastrukturanläggningens egenskaper och skötsel. Regelverk åberopas vid ny- och ombyggnation samt drift och underhåll, exempelvis vid planering, projektering, genomförande och förvaltning. Användare av regelverken är såväl Trafikverkets egen organisation som externa entreprenörer och leverantörer. För användning av regelverket krävs fackkunskap om det teknikområde och anläggningstyp som behandlas och om byggprocessens skeden och villkor.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

2 Omfattning

"Geokonstruktion, Dimensionering och utformning" anger krav avseende geoteknisk dimensionering och utformning av geokonstruktioner för vägar och järnvägar samt anordningar som hör till dessa. Kraven är avsedda att tillämpas vid nybyggnad, ombyggnad och annan ändring i enlighet med PBL Plan- och bygglag (2010:900). Regler för geokonstruktioner består av två dokument: "Administrativa regler", TRVINFRA-00229 respektive "Dimensionering och utformning", TRVINFRA-00230.

Detta kravdokument baseras på de ursprungliga dokumenten enligt listan nedan och ersätter hela eller delar av dessa dokument:

- TK Geo version 2.0, TDOK 2013:0667
- TR Geo version 2.0, TDOK 2013:0668

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

3 Termer

Term	Definition
Geokonstruktion	Stödjande eller bärande konstruktion som antingen helt utgörs av jord eller berg eller vars funktion är beroende av omgivande jords eller bergs hållfasthetsegenskaper. (TNC 95)
Geoteknisk last	Last som överförs till bärverk från mark, vatten eller grundvatten. (SS-EN 1990 / SS-EN 1997-1)
Mark	Jord, berg och fyllning på platsen före utförande av byggnadsarbetena. (SS-EN 1997-1)

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

4 Förkortningar och symboler

Förkortning/Symbol	Definition
EQU	Brottgränstillstånd - förlorad statisk jämvikt för bärverket eller en del av det när det betraktas som en stel kropp.
STR	Brottgränstillstånd - inre brott eller för stor deformation av bärverket eller bärverksdelarna där hållfastheten hos bärverkets material är avgörande.
GEO	Brottgränstillstånd - brott eller för stor deformation i undergrunden där hållfastheten hos jord eller berg är av betydelse för bärverkets bärförmåga.
UPL	Brottgränstillstånd - förlorad jämvikt hos bärverk eller mark beroende på hydraulisk upptryckning (flytförmåga) eller andra vertikala krafter.
HYD	Brottgränstillstånd - bottenuppluckring, inre erosion och erosionskanaler (piping) orsakade av hydrauliska gradienter.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

5 Allmänna förutsättningar

5.1. Myndighetsföreskrift

K156636

För geokonstruktioner för vägar och järnvägar samt anordningar som hör till dessa ska ”Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av eurokoder”, TSFS 2018:57, tillämpas.

Råd i Transportstyrelsens föreskrifter ska gälla som krav.

Om författning ställer strängare krav än föreliggande dokument ska författningens krav gälla.

För författningar hänvisas alltid till grundförfattningen. Vid tillämpningen ska alla författningar som är ändringsförfattningar till den angivna grundförfattningen gälla.

5.2. Europeiska beräkningsstandarder, Eurokod

K156639

SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska tillämpas för konstruktion och konstruktionsmaterial som de omfattar varvid nationella val som framgår av ”Transportstyrelsens föreskrift och allmänna råd om tillämpningen av europeiska beräkningsstandarder”, TSFS 2018:57, ska tillämpas.

Fullständiga beteckningar samt gällande utgåvor av SS-EN 1990 – SS-EN 1999 anges i TSFS 2018:57.

Hänvisningar till SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska läsas enligt följande:

- Med ”SS-EN 1990 – SS-EN 1999” avses samtliga standarder i Eurokodserien.
- Med beteckning för huvuddel, till exempel SS-EN 1992, avses samtliga standarder som hör till denna huvuddel.
- Vid hänvisning till specifik eurokoddel anges dess fullständiga standardbeteckning, till exempel SS-EN 1991-1-1.

5.3. Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten

K156641

Med hänvisning till AMA i detta dokument avses:

- AMA Anläggning 20

Ovanstående publikation ges ut av Svensk Byggtjänst och gäller med ändringar och tillägg enligt ”Trafikverkets ändringar och tillägg till AMA”, TDOK 2020:0245.

Där krav i AMA åberopas genom hänvisning till kod i AMA gäller även krav under överordnade koder och rubriker.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6 Allmänna tekniska förutsättningar

6.1. Beständighet

Förutsättning

Materialskiljande lager och erosionsskydd används normalt för att säkra beständigheten hos anläggningen dvs. förhindra materialvandring, materialblandning, erosion etc.

6.1.1. Avsedd livslängd

K165493

Utformning med avseende på beständighet ska beakta de miljöer ett byggnadsverks delar är belägna i.

K165494

Dimensionering med avseende på beständighet ska beakta de miljöer ett byggnadsverks delar är belägna i.

K156649

För geokonstruktion som inte kan repareras eller bytas ut utan att järnvägstrafik påverkas ska avsedd livslängd sättas till minst 120 år.

För annan geokonstruktion ska avsedd livslängd sättas till minst 80 år om Trafikverket inte anger annat.

6.1.2. Materialskiljande lager

K231141

Materialskiljande lager ska användas då oönskad materialvandring mellan olika lager riskerar att påverka geokonstruktionens funktion under dess avsedda livslängd.

K157175

Materialskiljande lager i geokonstruktioner ska utgöras av jord eller geotextil.

K157176

Materialskiljande lager ska utformas så att:

- finmaterial förhindras att passera genom lagret
- portryck inte byggs upp intill lagret.

6.1.2.1. Lager av jord

K157179

Materialskiljande lager av jord eller krossmaterial ska bestå av material med sådan kornstorleksfördelning och lagertjocklek att det materialskiljande lagret av jord inte blandas med intilliggande jord.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157180

Materialskiljande lager av jord ska utformas enligt Tabell K6.1-1.

Tabell K6.1-1. Utformning av materialskiljande lager av jord. C_U är graderingstalet d_{60} / d_{10} .

Övre material	Undre material	Läge	Materialskiljande lager av jord
Överbyggnad med $d_{30} > 1$ mm	Finkornig jordart med lerhalt $\leq 40\%$ och ensgraderad ($C_U < 5$)	Skärning samt låga bankar med nivåskillnad högst 1 m mellan terrassyta och omgivande markyta alt högsta högvattenyta	$\geq 0,3$ m materialskiljande lager av typ 2 enligt AMA 20 CEG.312
Överbyggnad med $d_{30} > 1$ mm	Övrig finkornig jordart eller blandkornig jordart med $C_U \leq 15$	Skärning samt låga bankar med nivåskillnad högst 1 m mellan terrassyta och omgivande markyta alt högsta högvattenyta	$\geq 0,2$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad av sprängsten eller mycket grovkornig jord, $d_{100} < 200$ mm	Finkornig jordart med $C_U \leq 15$	Närmare än 1,5 m från vägyta eller underkant slipers	$\geq 0,2$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad av sprängsten eller mycket grovkornig jord, $d_{100} > 200$ mm	Finkornig jordart med $C_U \leq 15$	Närmare än 2,5 m från vägyta eller underkant slipers	$\geq 0,3$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1
Underbyggnad med $d_{50} \geq 100$ mm	Blandkornig jordart eller finkornig jordart med lerhalt $< 40\%$	Brantare lutning än 1:2 och under högsta högvattenyta	$\geq 0,4$ m materialskiljande lager av typ 1 enligt AMA 20 CEG.1

6.1.2.2. Lager av geotextil

K157183

Materialskiljande lager av geotextil ska uppfylla Material- och varukrav enligt AMA 20 DBB.31.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157184

Bruksklass hos materialskiljande lager av geotextil ska väljas med hänsyn till de material som ska separeras.

Lägsta tillåten bruksklass under fyllning/överbyggnad för vägar och järnvägar anges i Tabell K6.1-2.

Tabell K6.1-2. Lägsta tillåten bruksklass för geotextil under fyllning för vägar och årnvägar (DBB.3111 och DBB.3112).

Underliggande jord	Mekanisk påverkan ¹⁾	Fyllnadsmaterialets maximala kornstorlek, d_{max} (mm)			
		< 60	60 – 200	200 - 500	> 500
Pt, Gy och $Cl, c_u < 20$ kPa	Normala	N3	N4	N5	N5
	Gynnsamma	N3	N3	-	-
$Cl, c_u > 20$ kPa, Si, Sa, Gr	Normala	N3	N3	N3	N4
	Gynnsamma	N2	N2	-	-

¹⁾Normala: När minst två av följande förhållanden uppfylls:
 a) tung trafik under byggtiden
 b) krossat fyllnadsmaterial med skarpa kanter
 c) packning med tung vibrationsutrustning.
 Gynnsamma: Om endast ett av ovan nämnda förhållanden uppfylls och då fyllnadsmaterialets maximala kornstorlek är 200 mm.

Lägsta tillåten bruksklass under fyllning för grundläggning av bro anges i Tabell K6.1-3.

Tabell K6.1-3. Lägsta tillåten bruksklass för geotextil under fyllning för grundläggning av bro (DBB.3113).

Underliggande jord	Fyllnadsmaterial			
	Sprängsten enligt AMA 20 CEB.411	Sorterad sprängsten enligt AMA 20 CEB.412	Krossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.413	Förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.
$Cl, c_u < 20$ kPa	Ej aktuellt	Ej aktuellt	N3*	N4
$Cl, c_u > 20$ kPa, Si, Sa, Gr	N4	N4	N2*	N3

*Aktuellt enbart vid grundläggning av rörbroar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.1.3. Erosionsskydd

6.1.3.1. Skydd mot ytvatten- och grundvattenflöde i slänt

K173134

Erosionsskydd mot ytvattenflöde ska dimensioneras och utformas med hänsyn till jordart, släntlutning, slänthöjd, vattenflödets storlek, grundvattennivå och klimatzon.

K212391

Erosionsskydd mot grundvattenflöde ska dimensioneras och utformas med hänsyn till vattenflödets storlek, utloppsområde samt materialets filterförmåga och dräneringsförmåga.

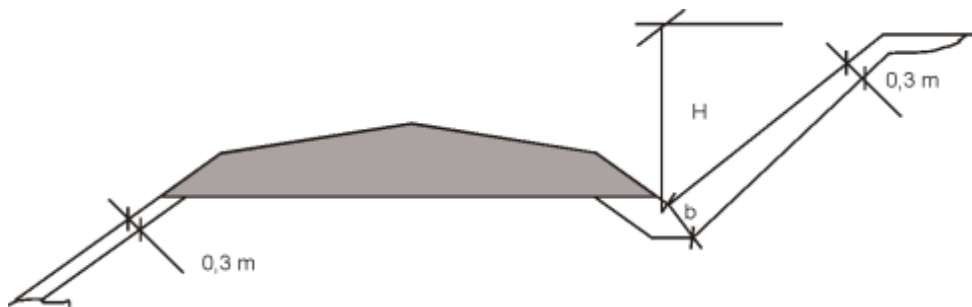
6.1.3.1.1. Erosionsskydd av jord- och krossmaterial på jordslänt för väg

K157189

Erosionsskydd av jord- och krossmaterial ska uppfylla "Material och varukrav" enligt AMA 20 DCK.2511.

K157190

Erosionsskydd ska utformas enligt Figur K6.1-1 och Tabell K6.1-4.



Figur K6.1-1. Minsta tjocklek hos erosionsskydd av jord- och krossmaterial på bank- resp. skärningsslänt.

Tabell K6.1-4. Erosionsskyddets tjocklek vid släntfot, b (m) enligt Figur K6.1-1.

Slänthöjd, H (m)	Klimatzon		
	1 – 2	3 – 4	5
< 4	0,3	0,4	0,4
4 – 7	0,4	0,5	0,6
7 – 10	0,5	0,7	0,9
> 10	Utreds i varje enskilt fall		

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

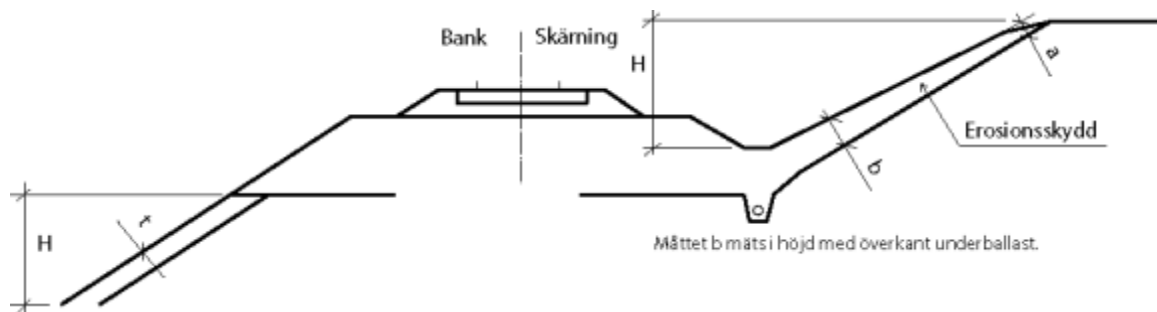
6.1.3.1.2. Erosionsskydd av jord- och krossmaterial på jordslänt för järnväg

K157199

Erosionsskydd av jord- och krossmaterial ska uppfylla "Material och varukrav" enligt AMA 20 DCK.2511.

K157200

Erosionsskydd på bank- och skärningslänt ska utformas enligt Figur K6.1-2 och Tabell K6.1-5.



Figur K6.1-2. Utformning av erosionsskydd av jord- och krossmaterial på skärnings- och fyllningslänt.

Tabell K6.1-5. Minsta tjocklek hos erosionsskydd på skärnings- och bankslänt med hänsyn till slänthöjd och klimatzon.

Minsta tjocklek på a, b och t						
Slänthöjd, H (m)		Klimatzon				
		1	2	3	4	5
0-3	a	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	b	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
	t	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7
3-6	a	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3
	b	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9
	t	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9
6-9	a	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3
	b	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1
	t	0,4	0,6	0,8	0,9	1,0
>9	a	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4
	b	0,6	0,9	1,1	1,2	1,3
	t	0,5	0,7	0,9	1,0	1,1

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.1.3.1.3. Erosionsskydd av växter

K157204

Erosionsskydd av växter ska väljas med hänsyn till växtförhållanden, krav på tillväxthastighet, slitstyrka och estetik.

K222592

Erosionsskydd av växter ska ha ett rotsystem med sådan omfattning att det genom att binda ytjorden motverkar erosion.

K221285

Enbart vegetation som erosionsskydd får inte tillämpas på jord tillhörande tjälfarlighetsklass 4 eller i slänter brantare än 1:1,5.

K173143

Erosionsskydd av växter får inte användas i överbyggnadsslänter.

6.1.3.2. Skydd mot strömmande vatten*Förutsättning*

Erosionsskydd dimensioneras och utformas enligt detta avsnitt under förutsättning att:

- *släntlutningar över medelvattenytan flackare än 1:1,5, släntlutning under medelvattenytan flackare än 1:2 och medelvattenhastighet $v_{dim} \leq 2,5$ m/s*
- *släntlutningar under medelvattenytan är mellan 1:2 och 1:1,5 och medelvattenhastigheten $\leq 2,0$ m/s*
- *medelvattenhastigheten ≤ 2 m/s vid brogrundläggning*
- *vinkeln mellan ett brostöds längdaxel och strömningsriktningen är ≤ 15 grader vid brogrundläggning*
- *våg- eller propellererosion inte är dimensionerande*
- *erosionsskydd utgörs av jord- eller krossmaterial.*

6.1.3.2.1. Kornstorlek och tjocklek hos erosionsskydd av krossmaterial

K157213

För att förhindra transport av bottenmaterial ska största stenstorlek bestämmas.

För konstruktioner i säkerhetsklass 1, SK1, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,35 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

För konstruktioner i säkerhetsklass 2, SK2, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,5 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

För konstruktioner i säkerhetsklass 3, SK3, ska största stenstorlek, D_{50} [m], vara:

$$D_{50} = 0,02 \cdot (1,65 \cdot v_{dim} / r_{\phi})^2$$

där

D_{50} är stenstorlek hos material som utgör 50% av kornfördelningen

v_{dim} är dimensionerande medelvattenhastighet i vattendraget (m/s) enligt avsnitt 6.2.6.1.4.

r_{ϕ} är en justeringsfaktor enligt Tabell K6.1-6 för erosionsskydd av jord- och krossmaterial som funktion av släntlutning och friktionsvinkel hos erosionsskyddet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Tabell K6.1-6. justeringsfaktor, r_ϕ , som funktion av släntlutning.

Släntlutning	ϕ'_{35°	ϕ'_{40°	ϕ'_{45°
Plan botten	1,0	1,0	1,0
1:3	0,8	0,85	0,9
1:2	0,65	0,7	0,8
1:1,5	-	0,5	0,6

K157211

Krossmaterial ska ha en jämn gradering med en "hängande" kornfördelningskurva utan partikelsprång. Kornen ska ha en så nära kubisk form som möjligt.

K157215

För krossmaterial ska D_{100} sättas till $1,5 \times D_{50}$.

K157216

För naturmaterial ska D_{100} sättas till $1,6 \times D_{50}$.

K157217

Vid skydd mot lokal erosion vid brostöd ska D_{100} fördubblas om erosionsskyddets överyta ligger över vattendragets botten.

K157218

Erosionsskyddets tjocklek ska vara minst $2 \times D_{100}$, dock minst 0,5 m.

K157221

Max skillnad i stenstorlek i ett skikt ska vara 300 mm på grund av risk för materialseparation. Erfordras större sten så ska skyddet läggas i två eller flera skikt, med det grövre materialet ytterst.

K157222

I klimatzon 4-5 ska iskrafter beaktas vid dimensionering av erosionsskydd.

K157223

Utförande och kontroll ska ske enligt AMA 20, DCK.252.

6.1.3.2.2. Filterkriterier

K157225

För att förhindra uppbyggnad av höga portryck mellan material som ska skyddas och erosionsskydd ska erosionsskydd ha minst 10 gånger bättre permeabilitet jämfört med materialet som ska skyddas vilket medför att:

$$D_{15}/d_{15} > 4$$

D_{xx} avser korndiametern hos erosionsskyddet vid xx % passerande mängd vid siktning

d_{yy} avser korndiametern hos materialet som ska skyddas (bottenmaterialet) vid yy % passerande mängd vid siktning.

K157226

För att undvika transport av finmaterial genom erosionsskyddet ska

$$D_{15}/d_{85} \leq 5 \text{ och } D_{15}/d_{15} \leq 40 \text{ när bottenmaterial utgörs av friktionsjord och}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

$D_{15}/d_{85} \leq 9$ och $D_{15} \leq 0,5$ mm när bottenmaterial utgörs av kohesionsjord.

D_{xx} avser korndiametern hos erosionsskyddet vid xx % passerande mängd vid siktning

d_{yy} avser korndiametern hos materialet som ska skyddas (bottenmaterialet) vid yy % passerande mängd vid siktning.

Alternativt får materialskiljande lager av geotextil med lägst bruksklass N3 enligt AMA 20 DBB.31 användas i kombination med att de finkornigaste fraktionerna i erosionsskyddet, < 63 mm, tas bort. Risken för att erosionsskyddet kan komma att glida på geotextilen ska beaktas.

6.1.3.2.3. Utbredning

K157228

Vid strömmande vatten ska erosionsskydd utföras till minst 0,3 m över högsta högvatten, HHW, där HHW bestäms med 10, 50 respektive 100 års återkomsttid för säkerhetsklasserna SK1, SK2 respektive SK3.

K157229

Vid strömmande vatten ska erosionsskydd utföras till minst 3 m utanför släntfot och kring brostöd.

K157231

Erosionsskydd ska avslutas mot befintlig botten i lutning 1:3 eller flackare.

6.2. Dimensionering

6.2.1. Allmänt

Förutsättning

Kraven för verifiering av bärförmåga, stadga och beständighet förutsätter att krav på material, utförande och kontroll enligt AMA uppfylls för samtliga i konstruktionen ingående produktionsresultat.

K156653

Bärande system ska där inget annat anges dimensioneras enligt SS-EN 1990 - SS-EN 1999 med tillägg enligt kap 6-10.

K156654

Laster och dimensioneringssituationer enligt SS-EN 1990 – SS-EN 1999 ska tillämpas med tillägg enligt föreliggande dokument.

K156655

Beräkningsmodell för bärande system ska avseende laster, geometri och deformationsegenskaper beskriva byggnadsverkets verkningssätt i sin helhet. Beräkningsmodell ska vara lämplig för det fenomen som studeras.

6.2.2. Säkerhetsklass

K156660

Indelning av byggnadsverksdelar i säkerhetsklasser och säkerhetsindex ska göras i enlighet med ”Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd om tillämpning av Eurokoder” (TSFS 2018:57) Avdelning I, 2 kap.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K156661

Med tillägg till vad som anges i TSFS 2018:57 ska följande säkerhetsklasser tillämpas för varaktig dimensioneringssituation:

- geokonstruktion där stabilitetsbrott omfattar kvicklera ska hänföras till säkerhetsklass 3.
- järnvägsbank i bantyp 1 och 2 eller TSD-linjekategori P1-P5 och F1-F2 ska hänföras till säkerhetsklass 3.
- påverkar ett stabilitetsbrott annan byggnadsverksdel i högre säkerhetsklass ska den högre säkerhetsklassen tillämpas.

6.2.3. Geoteknisk kategori

K156663

Geokonstruktioner ska utifrån geoteknisk komplexitet och risk klassificeras i geoteknisk kategori enligt SS-EN 1997-1.

6.2.4. Geometriska data

K156717

Nivå och lutning på markyta, grundvattennivå och fri vattenyta, gränssytor mellan olika lager, schaktnivåer och dimensioner på geotekniska bärlager ska behandlas som geometriska data.

K156718

Karakteristiskt värde på grundvattennivå och fri vattenyta ska anges som uppmätt eller uppskattad övre eller undre nivå.

K156719

Dimensionerande vattennivå ska bestämmas med minst 50 års återkomsttid. För konstruktioner i SK3 ska vattennivå med minst 100 års återkomsttid användas.

Vattennivån HHW_{50} ska antas motsvara $G_{k,sup}$ och vattennivån LLW ska antas motsvara $G_{k,inf}$.

6.2.5. Materialegenskaper

K222637

Materialegenskaper för jord och berg ska bestämmas utifrån provning, empiriska samband eller empiriska värden.

6.2.5.1. Indelning av jord- och bergmaterial

K156712

Identifiering, klassificering, benämning och beskrivning av jord ska överensstämma med SS-EN ISO 14688-1 och SS-EN ISO 14688-2.

Morän ska benämnas enligt T21:1982.

Benämning och indelning av berg ska överensstämma med SS-EN ISO 14689.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.5.2. Bestämning av egenskaper genom provning

K222692

Fält- och laboratoriearbeten ska utföras enligt svensk standard. Saknas svensk standard ska SGF:s metodbeskrivningar användas. Provgropar ska utföras enligt VV Publ. 2006:59.

K222737

Provningsmetod ska väljas efter vilken egenskap som ska bestämmas.

6.2.5.3. Bestämning av egenskaper genom empiri

K222693

Empiriska samband och empiriska värden får endast tillämpas för jord med motsvarande bildningssätt och sammansättning.

Empiriska samband och empiriska värden får endast tillämpas så att beräkningar med empiriska värden, enskilt och i kombination, med tillräcklig tillförlitlighet ger resultat på säkra sidan.

6.2.5.4. Karakteristiskt värde

K222709

Valt värde för en egenskap ska väljas för varje enskilt dimensioneringsfall.

K156714

Karakteristiskt värde för en egenskap ska bestämmas för varje enskilt dimensioneringsfall.

6.2.6. Laster**6.2.6.1. Permanent last****6.2.6.1.1. Egentyngd****6.2.6.1.2. Jordtryck****6.2.6.1.3. Vattentryck**

K156673

Vattentryck ska beräknas som permanent last med ett högt och ett lågt värde, $G_{k,sup}$ resp. $G_{k,inf}$.

K156674

Torrskorpa ska förutsättas vara uppsprucken i sådan omfattning att vattentryck kan bildas i de fall detta är ogynnsamt.

6.2.6.1.4. Last orsakad av strömmande vatten

K156677

Dimensionerande vattenhastighet ska sättas till medelvattenhastigheten vid flöden med minst 50 års återkomsttid. I de fall konsekvenserna är betydande ska längre återkomsttid användas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K156678

Vid ojämn flödesfördelning i vattendraget ska mest ogynnsamma medelvattenhastighet på aktuell del av vattendraget användas.

6.2.6.2. Variabel last**6.2.6.2.1. Trafiklast i varaktig dimensioneringssituation**

K156681

Lastspridning ska beaktas med en elasticitetsteoretiskt baserad metod.

6.2.6.2.1.1. Trafiklast väg

K156684

Trafiklast ska placeras på hela vägytan, dvs. på både körbanor och vägren med oändlig utbredning i längdled.

K156685

Vid dimensionering med partialkoefficienter ska den karakteristiska ylasten, q_k , för vägtrafik sättas till 15 kN/m².

K156686

Vid dimensionering med karakteristiska värden ska den karakteristiska ylasten, q_k , för vägtrafik sättas till 20 kN/m².

K156687

Den karakteristiska ylasten för GC-trafik, q_k , ska sättas till 5 kN/m².

K156682

Geokonstruktioner som ligger närmare vägens överyta än 1,5 m ska dessutom dimensioneras för 3/4 av enstaka last enligt avsnitt 12.3 TRVINFRA-00224.

6.2.6.2.1.2. Trafiklast järnväg

K156689

Vid dubbelspår ute på linjen ska ett spår belastas med full trafiklast och det andra ska belastas med full trafiklast som får reduceras med 25 %.

K156690

Vid tre spår eller fler ska ett spår belastas med full trafiklast och ett spår ska belastas med full trafiklast som får reduceras med 25 %. För övriga spår ska trafiklasten sättas till 0.

K156691

Lasterna ska placeras på de spår där de har mest ogynnsam effekt.

K156692

Ett mötesspår ska belastas med full trafiklast, med eller utan dynamiskt tillskott beroende på om spåret dimensioneras för stillastående tågmöte eller tågmöte med fart.

K156693

Trafiklast på spår på stationer, bangårdar och uppställningsspår ska anpassas till verklig trafikering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.6.2.1.2.1. Tåglast 1 – Jämnt fördelad långsträckt ytlast enligt LM 71
Förutsättning

Tåglast 1 används som standardlast för vanliga dimensioneringssituationer som exempelvis stabilitetsberäkningar.

Tåglast 1 motsvarar en av lastkomponenterna i LM 71. Ett dynamiskt lasttillskott ingår i karakteristiskt värde för tåglast 1.

K156697

Tåglast 1 ska fördelas på 2,5 m bredd och antas ha oändlig utsträckning i längdled. Lasten angriper i nivå med underkant sliper.

K156698

Storleken på tåglast 1 framgår av Tabell K6.2-1.

Tabell K6.2-1. Tåglast 1

stax/stvm (största axellast/största vikt per meter)	Trafiklast kN/m ²	
	Karakteristiskt värde vid dimensionering med partialkoefficienter	Karakteristiskt värde vid dimensionering med karakteristiska värden
22,5/6,4 och 25/6,4	26	34
22,5/8 och 25/8,0	32	44
30/10,0	40	53
30/12,0	48	64

6.2.6.2.1.2.2. Tåglast 2 – Boggilast enligt LM 71
Förutsättning

Boggilast används vid tredimensionell betraktelse där utbredningen av ett skred i plan är begränsad och kan förutses, till exempel vid kraftiga variationer i topografin såsom vid raviner eller schakter. Den används även för konstruktioner där boggilasten kan få inverkan, t.ex. trummor med liten jordtäckning eller spårnära spont.

Tåglast 2 motsvarar en av lastkomponenterna i LM 71. Ett dynamiskt lasttillskott ingår i karakteristiskt värde för tåglast 2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

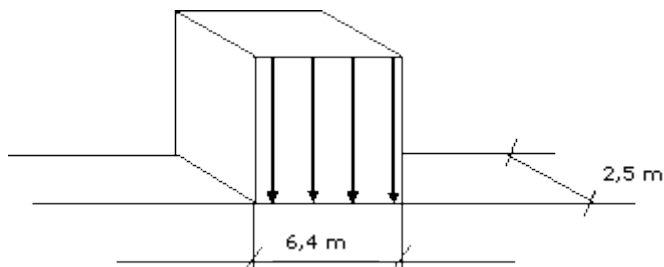
Ej känslig

Version

2.0

K156701

Tåglast 2 ska fördelas på 2,5 m bredd och 6,4 m längd enligt Figur K6.2-1. Lasten angriper i nivå med underkant sliper.



Figur K6.2-1. Lastfördelning Tåglast 2.

K156702

Storleken på tåglast 2 anges i Tabell K6.2-2

Tabell K6.2-2. Tåglast 2

Trafiklast stax	Trafiklast kN/m ²	
	Karakteristiskt värde vid dimensionering med partialkoefficienter	Karakteristiskt värde vid dimensionering med karakteristiska värden

6.2.6.2.1.2.3. Tåglast 3 – Stoppbock

Förutsättning

Tåglast 3 används vid dimensionering av grundläggning av stoppbock.

K156705

Tåglast 3 ska vara en horisontell kraft på 2000 kN som angriper 1,04 m över rälsens överkant.

6.2.6.2.1.2.4. Laster för spår vibrationer vid tågpassage i höga hastigheter

K156707

Vid tillståndsbedömning ska den aktuella karakteristiska axellasten eller boggilasten användas. Lasten ska antas angripa vid rälsens överkant.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.6.2.1.2.5. Reduktion av dynamiskt lasttillskott vid låga hastigheter

K156709

Vid dimensionering på järnvägar med hastigheter < 70 km/h får inverkan av dynamiskt tillskott reduceras med en reduktionsfaktor, enligt Tabell K6.2-3, som multipliceras med den dimensionerande lasten för tåglast 1 eller tåglast 2.

Tabell K6.2-3. Reduktionsfaktorer för inverkan av dynamiskt tillskott.

Hastighet v (km/h)	Tåglast 1 och 2
$v \geq 70$	1,0
$40 \leq v < 70$	0,92
$v < 40$	0,83

6.2.6.2.2. Trafiklast i tillfällig dimensioneringssituation

K222815

I tillfällig dimensioneringssituation får trafiklast ansättas till den verkliga trafiklast som kan uppkomma under den avsedda livlängden.

6.2.7. Varaktig och tillfällig dimensioneringssituation**6.2.7.1. Brottgränstillstånd****6.2.7.1.1. Dimensionerande värde materialegenskaper****6.2.7.1.2. Dimensionerande geoteknisk last***Förutsättning*

Med geoteknisk last avses sådana laster som överförs från eller via jord, berg och vatten till en konstruktion. Andra laster än geotekniska laster benämns som konstruktionslaster.

K222827

DA3 ska tillämpas för brottgränstillstånd GEO.

K221561

Följande laster ska vid geoteknisk dimensionering (brottgränstillstånd GEO) betraktas som geotekniska laster:

- egentyngd av jord
- jordtryck inklusive vattentryck förorsakat av egentyngd av jord eller rörelse från konstruktionsdel
- Skjuvkrafter orsakade av jordsrörelser.

6.2.7.2. Bruksgränstillstånd

K156727

Dimensionering med avseende på deformationer och spår vibrationer ska utföras med materialegenskaper enligt bilaga A.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.7.2.1. Sättningar

K156730

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens avsedda livslängd.

K156731

Dimensionerande sättningar för vägar och järnvägar ska utgå från projekterad profil och beräknas för en dimensioneringsperiod av 40 år.

K156732

Hänsyn ska tas till kryp- och konsolideringssättningar i undergrund och deformationer i underbyggnad.

6.2.7.2.1.1. Vägbankar
Förutsättning
Krav på totalsättning och sättningskillnaden hos vägbanan i vägens tvärled och längdled baseras på att funktionen på avvattning och vägutformning säkerställs.
Kraven i längdled, som är baserade på maximal vertikalacceleration, påverkar trafiksäkerhet och komfort.
I tvärled avser kraven trafiksäkerhet kopplat till avvattning.

K156736

 För cykelvägar ska sättningskraven för hastighet ≤ 30 km/h användas.

6.2.7.2.1.1.1. Totalsättning

K156738

Tillåten totalsättning i enskild sektion för vägar med olika referenshastighet anges i Tabell K6.2-4.

Tabell K6.2-4. Tillåten totalsättning, s vid olika referenshastighet.

Referenshastighet (km/h)	Tillåten totalsättning, s (cm)
≤ 30	40
40-90	35
100-120	30

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.7.2.1.1.2. Sättning i tvärled

K156740

Tillåten tvärfallsavvikelse till följd av sättning anges i Tabell K6.2-5.

Tabell K6.2-5. Största tillåtna tvärfallsavvikelse hos vägbanan till följd av sättning.

Referenshastighet (km/h)	≤30	40 – 90	100 – 120
Tvärfallsavvikelse (%)	1,2	1,1	1,0

K156741

Vid bro är tillåten tvärfallsavvikelse 0 % i direkt anslutning till bron och ökar sedan linjärt till värdena i Tabell K6.2-5 inom en övergångssträcka enligt Tabell K6.2-6.

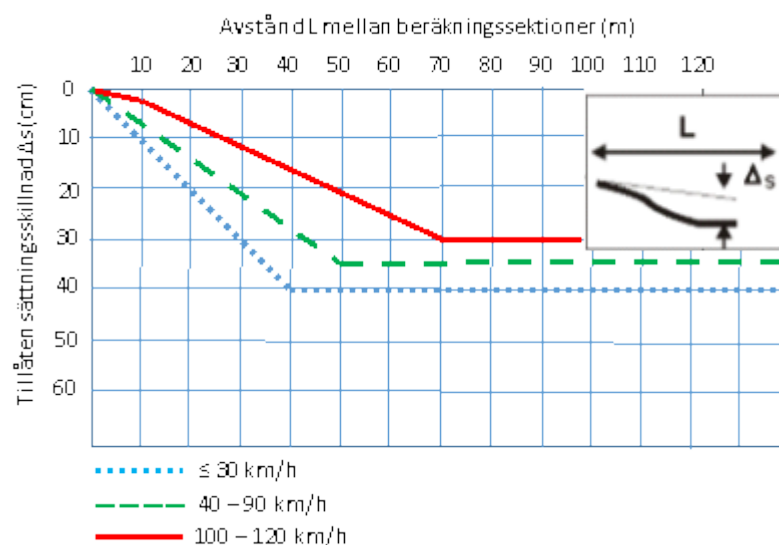
Tabell K6.2-6. Minsta övergångssträcka för tvärfallsavvikelse vid bro.

Referenshastighet (km/h)	Minsta övergångssträcka (m)
≤30	20
40 – 90	30
100 – 120	50

6.2.7.2.1.1.3. Sättning i längdled

K156743

Sättningsskillnad i längdled ska beräknas som differensen mellan två sektioner på sträckan L. Tillåten sättningsskillnad anges i Figur K6.2-2.



Figur K6.2-2. Tillåten sättningsskillnad i längdled.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.7.2.1.2. Järnvägsbankar*Förutsättning**Sättningskraven utgår från kraven på spårläge och spårgeometri.**Sättningskraven innebär att normalt underhåll behöver ske, exempelvis i form av spårjusteringar.**För höghastighetsbanor och ballastfria spårlosningar återfinns kraven i Trafikverkets Tekniska Systemkrav, Nya stambanor.***6.2.7.2.1.2.1. Totalsättning**

K156745

Totalsättning ska beräknas i spårmitt.

K156748

Tillåten totalsättning i enskild sektion för järnvägar med olika största tillåten hastighet (sth) anges i Tabell K6.2-7.

Tabell K6.2-7. Tillåten totalsättning, s vid olika sth.

sth (km/h)	Tillåten totalsättning, s (cm)
≤80	30
80<sth≤120	25
120<sth≤160	20
160<sth≤200	20
200<sth≤250	20

6.2.7.2.1.2.2. Sättning i tvärled

K156750

Största tillåten snedsättning i tvärled är 1 %. Snedsättning ska bestämmas som lutningen mellan beräknad sättning i två punkter belägna på ömse sidor om spåret.

K156751

Vid bro är tillåten snedsättning 0 % i direkt anslutning till bron och ökar linjärt till 1 % inom en övergångssträcka på 50 m.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

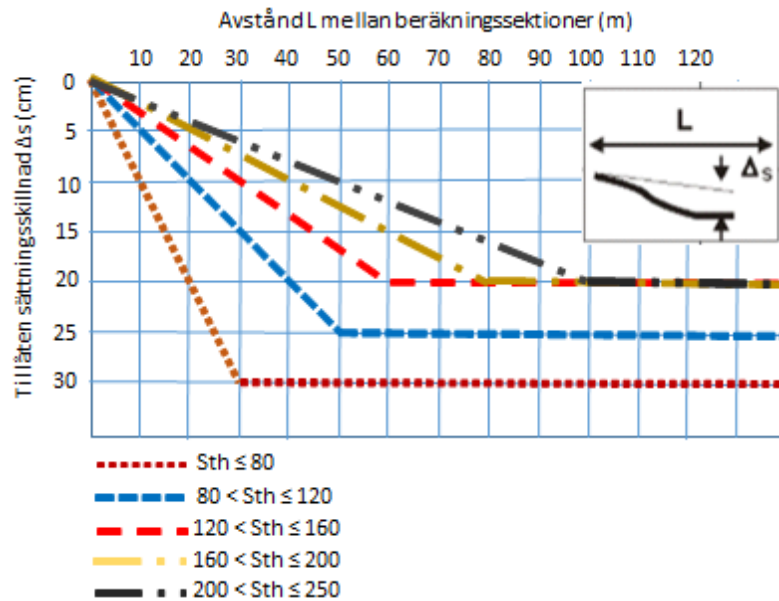
Version

2.0

6.2.7.2.1.2.3. Sättning i längdled

K156753

Sättningskillnad i längdled ska beräknas som differensen mellan sättning i spårmittn mellan två sektioner på avståndet L . Tillåten sättningskillnad anges i Figur K6.2-3.



Figur K6.2-3. Tillåten sättningskillnad i längdled.

6.2.7.2.1.2.4. Kontaktledningsfundament

K156755

Tillåten sättningskillnad mellan kontaktledningsfundament och närliggande spår är +/- 0,10 m.

6.2.7.2.2. Verifiering

K156757

En sättningsprognos ska upprättas för hela dimensioneringsperioden. Prognosen ska redovisas grafiskt.

K156758

Sättningar i byggskede såväl utan som med eventuella förstärkningsåtgärder ska dokumenteras. Sättningar med och utan krypning samt med hänsyn till pågående sättningar ska redovisas.

I spänningsdiagram ska följande redovisas:

- effektiv vertikalspänning, $\sigma'0$
- förkonsolideringstryck, $\sigma'C$
- gränsspänning, $\sigma'L$
- tillskottsspänning.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.7.2.3. Markvibrationer pga tågpassage i höga hastigheter*Förutsättning*

Mycket kraftiga markvibrationer kan uppkomma i jord med låg styvhet, exempelvis löslera eller organisk jord, vid tågpassage i höga hastigheter, s k höghastighetsfenomen. Markvibrationerna beror på förhållandet mellan tågets hastighet och skjuvvågshastigheten i överbyggnad, underbyggnad och undergrund. När tågets hastighet närmar sig eller sammanfaller med skjuvvågshastigheten fås en kraftig förstärkning av rörelserna.

K156762

Vid nybyggnad av järnväg med sth > 160 km/h eller uppgradering av befintlig järnväg till sth > 160 km/h ska en bedömning om risk för höghastighetsfenomen föreligger.

K156765

Om risk för höghastighetsfenomen föreligger ska verifieras att

- $sth < C_d \cdot c_{cr}$ (största tillåten hastighet ska vara mindre än produkten av faktorn C_d som tar hänsyn till detaljeringsgraden i utredningen och den kritiska hastigheten, c_{cr})
- Tillåten vertikal förskjutning vid underkant sliper ej överskrids.

För befintlig järnväg får verifiering alternativt göras genom vibrationsmätningar i fält under pågående trafik.

6.2.7.2.3.1. Bestämning av kritisk hastighet, ccr**6.2.7.2.3.1.1. Bestämning av jorddynamiska egenskaper**

K156769

Vid en dynamisk analys ska följande egenskaper bestämmas:

- banöverbyggnadens egenskaper i form av spårläge, styvhet och tunghet
- banunderbyggnadens egenskaper i form av styvhet, geometri, tunghet och materialdämpning
- undergrundens egenskaper i form av styvhet, geometri, tunghet och materialdämpning som funktion av djupet.

6.2.7.2.3.1.2. Beräkningsmodeller

K156771

Vid simulering av rörlig tåglast ska ett tågset med en last enligt avsnitt 6.2.6.2.1.2.4 användas. Järnvägen ska dimensioneras så att villkoren i avsnitt 6.2.7.2.1.2 uppfylls.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.7.2.3.2. Bestämning av faktorn C_d

K156773

Faktorn C_d ska bestämmas av utredningsnivån vid bestämning av kritisk hastighet respektive jordddynamiska egenskaper enligt Tabell K6.2-8, Tabell K6.2-9 och Tabell K6.2-10.

Tabell K6.2-8. Utredningsnivåer för bestämning av jordddynamiska egenskaper.

Utredningsnivå	Bestämning av jordddynamiska egenskaper (skjuvvågshastighet c_s , initiell skjuvmodul G_0 , skjuvmodul G)
A1	Jordddynamiska egenskaper bestäms utifrån konventionella geotekniska undersökningar och empiriska samband enligt Bilaga 1.
A2	Skjuvvågshastigheten i undergrunden bestäms genom mätningar in situ. I övrigt enligt A1.
A3	Skjuvvågshastigheten i undergrunden bestäms genom mätningar in situ och skjuvmodulens deformationsberoende bestäms i laboratorium.

Tabell K6.2-9. Utredningsnivåer för bestämning av kritisk hastighet.

Utredningsnivå	Bestämning av kritisk hastighet
B1	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 2D-modell.
B2	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 3D-modell.
B3	Kritisk hastighet bestäms genom beräkning av vågutbredningshastigheten i en 3D-modell samt med rörlig last simulerande relevanta tågset.

Tabell K6.2-10. Faktorn C_d

Utredningsnivå	A1	A2	A3
B1	0,50	0,55	0,60
B2	0,55	0,60	0,65
B3	-	0,65	0,70

Faktorn C_d får ökas om en detaljerad 3D-analys med rörlig last simulerande relevanta tågset visar begränsade deformationer < 2 mm.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

6.2.8. Tillfällig konstruktion*Förutsättning*

Med tillfällig konstruktion avses konstruktion som ska användas endast en gång och under högst tre år.

K156779

För konstruktion som omfattas av föreliggande dokument och är tillfällig ska krav enligt kap 6-10 tillämpas med de ändringar och tillägg som anges i 6.2.8.

K221391

En tillfällig konstruktion får dimensioneras för de verkliga trafiklasten på väg eller järnväg som kan uppkomma under den tillfälliga konstruktionens avsedda livslängd.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

7 Slänter och bankar

7.1. Jordslänter

*Förutsättning**Med jordslänter avses:*

- *slänter i skärningar och bankar*
- *naturliga slänter.*

7.1.1. Utformning

K157071

Jordslänt ska utformas så att slänten blir stabil och att skjuvrörelser i form av krypning inte uppstår.

K157072

Jordslänt ska utformas så att oacceptabla erosions-skador orsakade av ytvattenflöde, grundvattenutflöde, tjäle och strömmande vatten inte uppkommer.

K157073

Slänter utanför väg- och järnvägsområdet ska skyddas mot erosion om skred i slänten kan påverka väg- eller järnvägskonstruktionen.

7.1.2. Dimensionering

K157151

Totalstabilitet och lokal släntstabilitet ska verifieras.

K157152

Svaga skikt och deras inverkan på stabiliteten ska beaktas.

K157153

Beräkning ska utföras för alla kritiska glidytor, dvs. cirkulär-cylindriska, plana och sammansatta, med odränerad och kombinerad analys. Glidyten får inte i någon del anta former som medför orimliga vinklar för skjuvplanet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

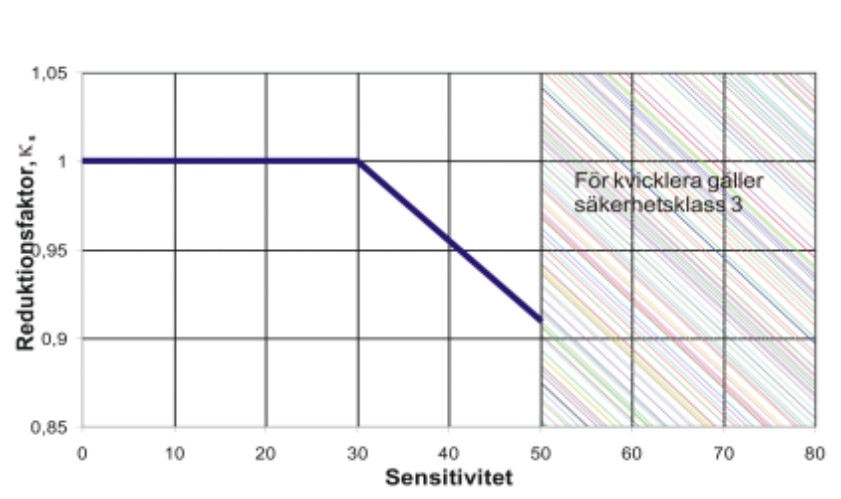
Version

2.0

7.1.2.1. Dimensionering med partialkoefficienter

K221275

Skjuvhållfasthet hos högsensitiva leror, $30 < S_t < 50$, ska i säkerhetsklass 2 reduceras med faktorn κ_s enligt Figur K7.1-1. För säkerhetsklass 3 gäller $\kappa_s = 1,0$.



Figur K7.1-1. Reduktionsfaktor κ_s för skjuvhållfasthet i säkerhetsklass 2 med hänsyn till sensitivitet.

K221480

Vid nyttjande av stabilitetsprogram utvecklade för totalsäkerhetsanalyser ska partialkoefficient för SK 2 användas vid bestämning av dimensionerande värde på laster och materialegenskaper, även för SK 1 och SK 3.

Lägsta godtagbara säkerhetsfaktor som erhålls med stabilitetsprogrammet, F_{EN} , anges i Tabell K7.1-1.

Tabell K7.1-1. Lägsta godtagbara säkerhetsfaktor, F_{EN} , vid beräkning med stabilitetsprogram utvecklade för totalsäkerhetsanalys.

Säkerhetsklass	F_{EN}
SK 1	0,90
SK 2	1,00
SK 3	1,10

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

7.1.2.2. Dimensionering med karakteristiska värden

K157156

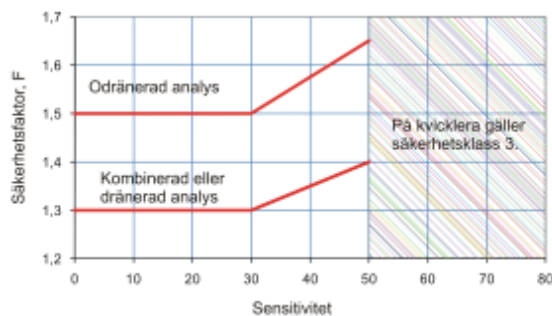
Vid dimensionering med karakteristiska värden på laster och material ska totalsäkerhetsfaktorn mot stabilitetsbrott för den mest sannolika glidytan i jord minst uppgå till värden enligt Tabell K7.1-2.

Tabell K7.1-2 Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor vid dimensionering med karakteristiska värden

Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor		
Odränerad analys, F_c	Kombinerad eller dränerad analys, F_{co}	Säkerhetsklass
1,35	1,20	SK1
1,50	1,30	SK2
1,65	1,40	SK3

Om högsensitiv lera, $30 < S_t < 50$, förekommer i undergrunden ska lägsta godtagbara värde på totalsäkerhetsfaktorn minst uppgå till värden enligt Figur K7.1-2 för att uppnå säkerhetsklass 2.

Om kvicklera förekommer i undergrunden ska lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor vara enligt SK3.



Figur K7.1-2. Lägsta godtagbara totalsäkerhetsfaktor, F_o/F_{cf} , för undergrund av lera i säkerhetsklass 2.

7.2. Bergslänter
Förutsättning

Med bergslänter avses:

- slänter i skärningar
- naturliga slänter.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

7.2.1. Utformning

K157082

Bergslänt ska utformas så att slänten är stabil.

K157083

Bergslänt och sidoområde ska utformas så att utfall av block och is hindras att falla in på väg respektive järnväg.

K157085

För bergslänter brantare än 1:1 ska bergytan ovan verkligt släntkrön hållas frilagd till minst 1,5 m bredd.

7.2.2. Dimensionering

K180304

Stabilitet hos bergslänter ska verifieras för

- glidning av block eller bergskilar
- stjälpning av block eller skivor
- en kombination av stjälpning och glidning

7.2.3. Utförande

K157088

Avtäckning av berg ska utföras enligt avtäckningsklass I enligt Tabell AMA 20 CBB.71/1.

K157089

Borrning, sprängning och utlastning ska utföras enligt AMA 20 CBC.111 för väg och enligt AMA 20 CBC.41 för järnväg.

7.3. Bankar

K157107

Fyllning i bankar ska utföras med mineraljord med krav på material och utförande enligt AMA 20 CEB.11 för väg och CEB.3 för järnväg med relevanta underliggande koder.

K157108

Fyllningsmaterial för höga bankar ska väljas med hänsyn till erosionsrisk vid extrema vattenflöden på grund av bl.a. klimatförändringar.

K157109

Fyllningsmaterial i bank ska vara klassat med avseende på materialtyp och tjälfarlighetsklass.

K157110

Bankar ska utformas så att homogent tjällyftande egenskaper erhålls.

K157111

För vägar ska utskiftning och utspetsning utföras enligt AMA 20 CBB.12. Utskiftningsdjup, d, ska beräknas eller väljas enligt TRVINFRA-00224.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157112

För järnvägar ska utskiftning och utspetsning utföras enligt AMA 20 CBB.42. Terrassytan ska vara frostfri om undergrunden består av jord i tjälfarlighetsklass 2-4. Utskiftningsdjup, e , och utspetsningslängd, L , ska väljas enligt AMA 20 CBB.42, tabell RA CBB.42/1 och figur RA CBB.42/1.

K157113

För underbyggnad som kräver liggtid ska återstående sättning efter liggtiden vara högst 1 % av fyllningshöjden.

K157114

Behov av dränering av terrassytor i skärningar med jord som har hög vattenkvot och är vattenkänslig ska beaktas.

K157115

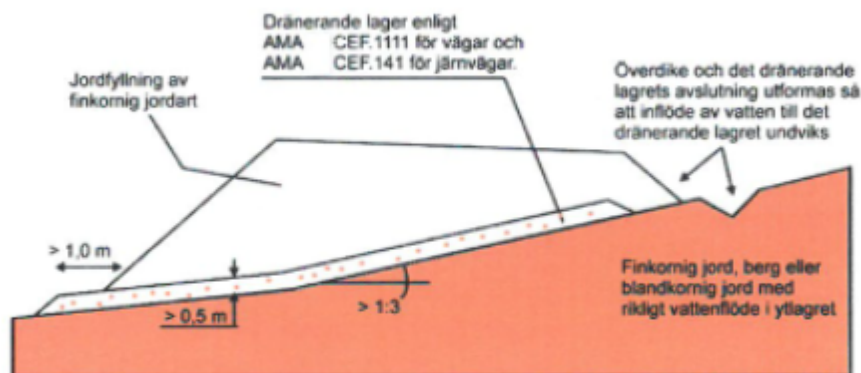
Dränerande lager ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEF.11.

K157116

Dränerande lager i underbyggnaden för att ta ut konsolideringssättningar ska utföras enligt AMA 20 CEF.1112 för vägar eller AMA 20 CEF.142 för järnvägar.

K157117

Dränerande lager under underbyggnaden ska utföras enligt AMA 20 CEF.1111 för vägar och AMA 20 CEF.141 för järnvägar, se Figur K7.3-1.



Figur K7.3-1 Dränerande lager av jord under fyllning.

7.3.1. Underbyggnad av berg för väg

K157123

Underbyggnad av berg för väg ska utgöras av bergmaterial av materialtyp 1.

K157124

Bergschakt för väg ska utföras enligt AMA 20 CBC.111.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157125

Vid utlastning enligt Alternativ 1 enligt AMA 20 CBC.111 ska tätning och avjämning av bergterrass utföras enligt CEE.1112.

K157127

Underbyggnad av sorterad sprängsten ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.11112 med minst 0,8 m tjocklek.

K157128

Lager av sorterad sprängsten ska tätas och avjämnas med ett 0,2 m tjockt lager enligt AMA 20 CEE.1112.

K157129

Underbyggnad av grovkrossad sprängsten ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.11113 med minst 1,0 m tjocklek.

7.3.2. Underballast för järnväg

K157133

Underballast för förstärkning av järnväg ska utföras enligt AMA 20 DCH.15 och DCH.16.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8 Underbyggnad och undergrund

8.1. Massutskiftning

Förutsättning

Massutskiftning är en av de vanligaste metoderna för grundläggning av väg- och järnvägsbankar i områden med lös lera, torv eller gyttja med begränsad mäktighet. Massutskiftning innebär att den icke bärkraftiga jorden ersätts med friktionsjord eller sprängsten. Detta kan ske genom grävning och återfyllning, genom nedpressning eller genom en kombination av dessa.

Då ett utskiftningsområde innehåller jord med negativ miljöpåverkan, t.ex. högt sulfidinnehåll, kan utskiftning vara olämplig. I dessa fall bör exempelvis stabilisering eller lätt bankpålning med träpålar övervägas.

Schakt under vatten möjliggör utskiftning till större djup.

K157233

Massutskiftning får inte medföra skadlig inverkan på omgivningen. Rörelser, grundvattensänkning, ändrade avrinnings- och dräneringsförhållanden ska beaktas.

8.1.1. Massutskiftning genom grävning och återfyllning

8.1.1.1. Material

K157245

Återfyllningsmaterial ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEB.71.

8.1.1.2. Utformning

K157234

Massutskiftning genom grävning och återfyllning ska utformas så att krav på stabilitet och sättningar i fyllningsmaterialet och kvarvarande kompressibel jord uppfylls. Deformationer i sidled på grund av krypning och skjuvrörelser i såväl jorden utanför schaktväggen som i återfyllningsmaterialet ska beaktas.

K157244

Återfyllnadsmaterial ska väljas så att erforderlig packning kan åstadkommas och att separation av materialet inte sker.

K203762

Återfyllnadsmaterial ska väljas med hänsyn till grundvattennivå och dess fluktuation.

8.1.1.3. Dimensionering

K157236

Totalstabilitet och lokal stabilitet ska verifieras.

K203761

Behov och storlek på eventuell överlast efter återfyllning samt dess liggtid ska bestämmas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157238

En sättningsprognos ska utföras. Sättningar ska verifieras genom sättningsuppföljning mot prognosticerade sättningar, särskilt vid partiell utskiftning då massutskiftningen inte når ner till fasta jordlager eller då massutskiftning görs under vatten.

8.1.1.4. Utförande och kontroll

K157251

Utförande och kontroll vid urgrävning av svag undergrund ska utföras enligt AMA 20 CBB.721. Vid urgrävning ner till fasta jordlager ska kontrolleras att detta uppnåtts.

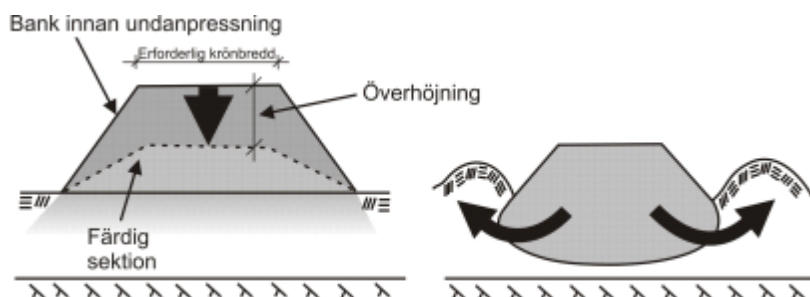
K157252

Utförande och kontroll av fyllning efter urgrävning ska utföras enligt AMA 20 CEB.71.

8.1.2. Massutskiftning genom nedpressning

Förutsättning

Massutskiftning genom nedpressning innebär att en bank fylls ut med så stor överhöjning att befintliga underliggande lösa jordlager genom kontrollerade skred pressas undan så att jorden under banken ersätts med fyllningsmassor, se Figur K8.1-1.



Figur K8.1-1. Utskiftning genom nedpressning – principskiss.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Utskiftningsdjup större än 15 meter bör undvikas.

Geometrin på det skred som uppkommer är osäker vilket gör att utbredningen av hävningar och sidorörelser blir osäker. Massutskiftning genom nedpressning bör därför inte utföras intill befintliga konstruktioner eller anläggningar. Upptäckta massor medför också förändrade marknivåer och därmed ändrade avrinningsförhållanden.

Vattenansamlingar kan bildas i uppkomna lågpunkter, se Figur K8.1-2.

Grovt kan antas att nedpressningen påverkar omgivningen till ett avstånd motsvarande $5 \times$ utskiftningsdjupet, D . Vid lutande botten kan det påverkade området bli avsevärt större.



Figur K8.1-2. Omgivningspåverkan vid horisontell botten.

8.1.2.1. Material

K157264

Fyllningsmaterial ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CEB.72.

8.1.2.2. Utformning

K157256

Nedpressning ska utformas så att krav på stabilitet och sättningar i fyllningsmaterialet och kvarvarande kompressibel jord uppfylls. Deformationer i sidled på grund av krypning och skjuvrörelser ska beaktas.

8.1.2.3. Dimensionering

K157258

Nedpressning ska dimensioneras så att ett kontrollerat skred genereras.

K157259

Storleken på den överhöjning som behövs för att generera skred ska bestämmas.

K157260

Behov och storlek på överlast efter utförd nedpressning samt dess liggtid ska bestämmas.

K157262

Totalstabilitet och lokal stabilitet hos den färdiga konstruktionen ska verifieras.

8.1.2.4. Utförande och kontroll

K157273

Utförande och kontroll av fyllning genom nedpressning ska utföras enligt AMA 20 CEB.72.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.1.3. Redovisning i bygghandling

K157276

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning över massutskiftning innehålla:

- utformning och utförande av schaktslänter, återfyllnadsmaterial, överhöjning och överlast med liggtid
- dimensionerande materialegenskaper hos återfyllnadsmaterialet
- restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan.

8.2. Djupstabilisering

Förutsättning

Djupstabilisering avser förstärkning under väg- och järnvägsbankar, under byggnadsverk samt i skärningsslänter.

Kraven i detta avsnitt gäller för dimensionering av mjuka inblandningspelare med:

- diameter mellan 0,5 och 0,8 m
- bindemedel som består av minst 70% bränd kalk och cement
- bindemedelsmängd som uppgår till minst 80 kg/m³.

För dimensionering av masstabilisering med bindemedel gäller avsnitt 8.2 i tillämpliga delar.

Förstärkning som uppfyller kraven enligt avsnitt 8.2 bedöms ha avsedd livslängd på 120 år.

8.2.1. Material

K231595

Krav på bindemedel för inblandningspelare framgår av Tabell K8.2-1.

Tabell K8.2-1. Krav på bindemedel för inblandningspelare.

	Kalk	Cement	Övriga bindemedel
Kornstorlek	< 0,2 mm	< 0,2 mm	< 0,2 mm
CaO - aktiv halt	> 80 % enl. ASTM C25	---	---
Flytbarhet	> 70 enl. SS 134005	> 40 enl. SS 134005	> 40
Andel kalciumsulfat	---	---	< 5 %
Sammansättning	---	Cementinnehåll lägst CEM II/A enligt SS EN 197-1	---

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K231596

Krav på bindemedel för masstabilisering framgår av Tabell K8.2-2:

Tabell K8.2-2. Krav på bindemedel för masstabilisering.

	Granulär masugnsslagg	Cement
Kornstorlek	< 0,2 mm	< 0,2 mm
CaO - aktiv halt	--	--
Flytbarhet	> 40 enl. SS134005	> 40 enl. SS134005
Sammanställning	Specifik yta ³ 450 m ² /kg Glashalt ³ 95% $\frac{\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{MgO}}{\text{SiO}_2}$ ³ 1,5	CEM I eller CEM II/A-LL enligt SS EN 197-1

K157323

Bindemedel ska vara registrerade i BASTA eller BETA. För BETA-registrerade produkter i grupp B ska särskilda villkor för produkter i grupp B uppfyllas.

K157324

Bindemedelstyp och inblandningsmängd ska väljas utifrån dokumenterade representativa egenskaper från provning i laboratorium och i fält.

K157287

Inverkan på beständigheten av jord med hög organisk halt eller högt sulfidinnehåll ska särskilt beaktas vid val av bindemedelstyp och inblandningsmängd.

K157301

Dränerande lager ska uppfylla krav enligt AMA 20 CEF.11.

8.2.1.1. Skjuvhållfasthet

K157308

 Kritisk skjuvspänning, c_{krit} , för bindemedelsförstärkt jord ska sättas till 70 % av brottspänningen dock högst 100 kPa.

K157311

 Pelarnas karakteristiska odränerade skjuvhållfasthet, τ_{fuk} , ska bestämmas enligt:

$$\tau_{fuk} = c_{krit}$$

Karakteristisk odränerad skjuvhållfasthet ska reduceras i pelarnas översta delar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157314

 Pelarnas karakteristiska dränerade skjuvhållfasthet, τ_{fdk} , ska bestämmas enligt:

$$\tau_{fdk} = c' + \sigma' \tan \varphi'$$

 Kohesionsandelen, c' , hos pelarnas dränerade skjuvhållfasthet ska antas vara:

 $0,40 \cdot c_{krit}$ i aktivzonen

 $0,15 \cdot c_{krit}$ i direkt skjuvzon

0 i passivzonen.

 Friktionsvinkeln, φ' , hos pelarnas dränerade skjuvhållfasthet ska oberoende av bindemedel sättas till:

32° då jorden utgörs av lera eller torv

29° då jorden utgörs av gyttja

35° då jorden utgörs av silt.

8.2.1.2. Elasticitetsmodul

K231621

Den förstärkta jordens elasticitetsmodul ska bestämmas.

8.2.1.3. Permeabilitet

K231620

Den förstärkta jordens permeabilitet ska bestämmas.

8.2.2. Utformning

Pelare kan installeras som singulära pelare, i skivor, i gitter eller som block.

K231611

Förstärkning ska utformas så att tillfredsställande totalstabilitet uppnås, att brott i konstruktionen eller del av denna inte inträffar till följd av för stora deformationer och att oacceptabla deformationer inte uppkommer.

K157285

Pelarmönster baseras på totalstabilitet hos den oförstärkta banken och ska väljas enligt Tabell K8.2-3. Kontroll för oförstärkt bank ska utföras med laster i SK 2.

Tabell K8.2-3. Pelarmönster vid olika dimensioneringssituationer.

Dimensioneringssituation	Acceptabla pelarmönster			
	singulära	skivor	gitter	block

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Stabilisering under bankar i aktivzonen där $F_{EN,c,ostab} \geq 0,67$	X	X	X	X
Stabilisering under bankar i aktivzonen där $F_{EN,c,ostab} < 0,67^1$		X	X	X
Stabilisering i passivzon och direkt skjuvzon		X	X	X
Skärningsslänter $F_{EN,komb,ostab} > 0,60$		X	X	X
Pelare vilka installeras mot kraftigt lutande fast botten, ($> 45^\circ$), där $F_{EN,c,ostab} < 1,0$		X	X	X

$F_{EN,c}$ Säkerhetsfaktor vid stabilitetsberäkning med odränerad analys

$F_{EN,komb}$ Säkerhetsfaktor vid stabilitetsberäkning med kombinerad analys

$F_{EN,ostab}$ Säkerhet mot stabilitetsbrott för konstruktion utan planerad djupstabilisering men med ev. andra åtgärder, t.ex. tryckbankar eller lättfyllning

¹ Restriktionen avser att minska risken för brott i pelarna till följd av stora skjuvdeformationer i jorden vilket exempelvis kan uppstå vid sluttande terräng eller om pelarna i den övre delen inte har fullgod hållfasthet.

K231624

När djupstabilisering används för att reducera s.k. höghastighetsfenomen ska pelarmönstrets inverkan beaktas.

K157281

Djupstabilisering av torv och gyttja ska utföras som masstabilisering eller blockstabilisering.

K157286

När bankfyllning utgörs av materialtyp 4 eller 5A ska ett dränerande lager med en tjocklek om minst 0,15 m läggas mellan bankfyllning och pelarförstärkning.

8.2.2.1. Singulära pelare

K157290

Singulära pelare ska installeras med sådana avstånd att oönskade ojämnheter inte uppkommer i bankens överyta.

K157292

Vid pelarmönster med växelvis långa och korta pelare ska de korta pelarnas förmåga att överföra banklast till undergrunden via de långa pelarna verifieras.

8.2.2.2. Pelare i skivor, gitter eller block

K157295

Skivor ska placeras med sådana avstånd att stabiliteten hos den mellanliggande jorden blir tillfredsställande och så att oönskade ojämnheter inte uppkommer i bankens eller skärningens överyta.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157297

Pelare i skivor, gitter eller block ska installeras med tillräcklig överlappning för att kunna överföra krafter mellan pelarna.

8.2.3. Dimensionering*Förutsättning*

Beräkningsmodell bygger på att plana tvärsnitt förblir plana, d.v.s att kompressionen av jord och pelare är lika stora.

K157303

Geoteknisk kategori 3 ska övervägas om något av följande gäller:

- bankhöjden överstiger 4 m (80 kPa)
- den oförstärkta jordens hållfasthet <8 kPa
- den oförstärkta jorden utgörs av torv, gyttja eller är starkt sulfidhaltig
- den förstärkta jorden utnyttjas i passivzon.

K232377

Om dimensioneringen kräver framschaktning av "friska" pelartoppar ska ökad belastning pga ökad fyllning ovan pelarna beaktas.

8.2.3.1. Brottgränstillstånd

K157326

Förstärkning ska dimensioneras så att tillfredsställande totalstabilitet uppnås och att brott i konstruktionen eller del av denna inte inträffar till följd av för stora deformationer.

K157328

Verifiering ska göras av glidytor som kan löpa längs pelarnas underkant då pelare förs ner till fast jord eller berg.

K157330

Hållfastheten hos pelarförstärkt jord i direkt skjuvzon och passivzon får endast medräknas då pelarna installeras i skivor, gitter eller block.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.2.3.1.1. Samverkan mellan pelare och omgivande jord

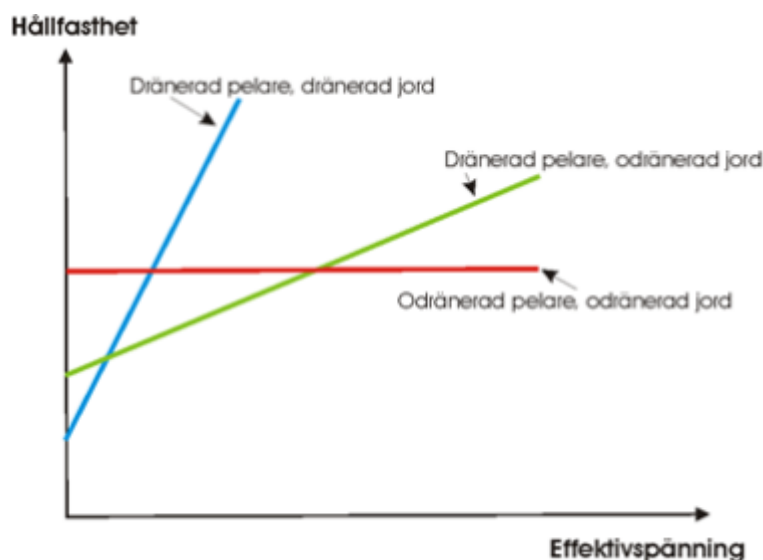
K157332

Samverkan mellan oförstärkt och förstärkt jord ska beaktas eller om samverkan inte beaktas ska pelare dimensioneras så att de ensamma kan bära hela lasten.

Följande dräneringssituationer ska beaktas:

- odränerad hållfasthet i pelare och ostabiliserad jord
- dränerad hållfasthet i pelare och odränerad hållfasthet i ostabiliserad jord
- dränerad hållfasthet i såväl pelare som ostabiliserad jord.

Dimensionerande hållfasthet ska sättas till den lägsta av hållfastheterna i varje dräneringssituation, se Figur K8.2-1.



Figur K8.2-1. Förhållandet mellan effektivspänning och hållfasthet hos bindemedelsförstärkt jordvolym vid olika dräneringssituationer.

K157335

Den förstärkta jordvolymens hållfasthet, τ_f , ska representeras av ett viktat medelvärde av hållfasthet hos pelare och omgivande jord, enligt:

$$\tau_f = a \tau_{f, pel} + (1-a) \tau_{f, jord}$$

$\tau_{f, pel}$ är odränerad eller dränerad skjuvhållfasthet i pelaren.

$\tau_{f, jord}$ är odränerad eller dränerad skjuvhållfasthet i jorden.

8.2.3.2. Bruksgränstillstånd

K157320

Förstärkning ska dimensioneras så att varken oacceptabla deformationer eller vibrationer uppkommer.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157338

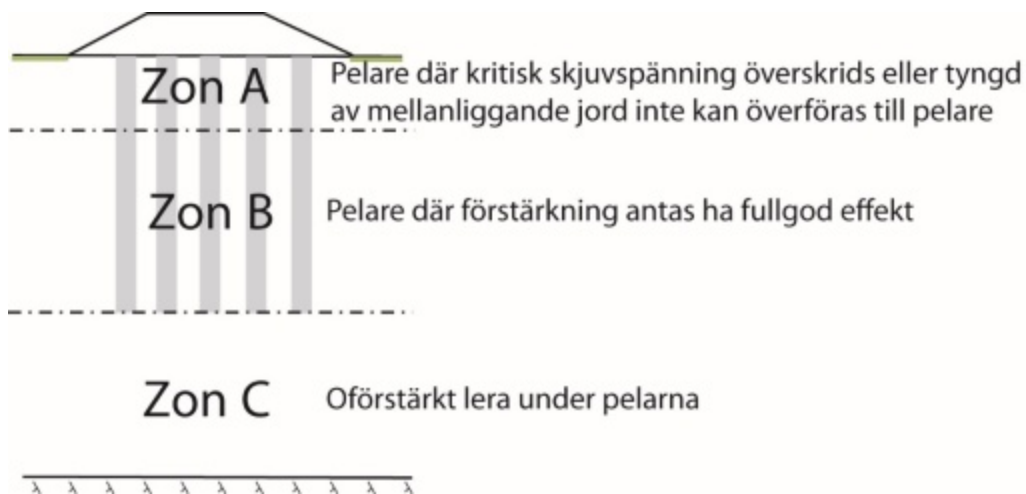
Vid beräkning av deformationer hos pelare ska såväl den förstärkta som den oförstärkta jordens spännings-töjningsegenskaper beaktas.

K157317

Vid beräkning av deformationer ska permeabiliteten i förstärkt jord bedömas.

K157339

Baserat på jordens uppträdande ska undergrunden delas in i zonerna, A, B och C enligt Figur K8.2-2.



Figur K8.2-2. Förstärkt jord indelad i zonerna, A, B och C.

K157341

Vid beräkning av deformationer i zon C ska beaktas att pelarnas underkant inte är fridränerande.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

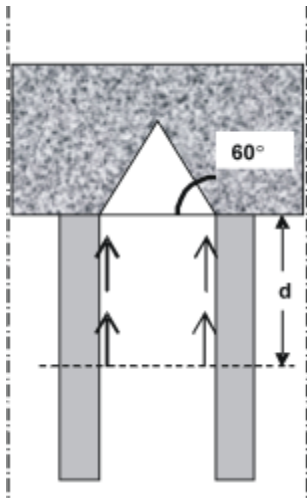
Version

2.0

8.2.3.2.1. Zon A

K157344

Tjockleken hos zon A ska bestämmas av det djup där pelarnas kritiska skjuvspänning inte överskrids eller överföringsdjupet d , dvs. det djup där tyngden av den ljusa pyramiden enligt Figur K8.2-4 balanseras av adhesionen längs närliggande pelare.



Figur K8.2-4. Schematisk överföring av last till pelare vid beräkning av överföringsdjupet d .

K157346

Då kompressionen i zon A förväntas bli stor ska sättningförloppet följas genom mätningar.

8.2.3.2.2. Tillskottspänningar i zon A, B och C

K157349

Tillskottspänningen, $\Delta\sigma$, ska beräknas med hänsyn till lastspridning inom den förstärkta jorden.

8.2.3.2.3. Kompression i pelarförstärkt jordvolym

8.2.3.2.4. Sättnings tidsförlopp i pelarförstärkt jordvolym

K157354

Sättnings utveckling med tiden ska beräknas.

K157357

Pelarmönstrets påverkan på deformationernas tidsförlopp i den underliggande jorden ska beaktas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.2.4. Redovisning i bygghandling

K157359

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med bindemedelsförstärkt jord innehålla:

- läge för pelare eller gräns för masstabilisering i plan
- utformning av överlast och liggtid
- inblandningsmedel (typ, mängd, inkl. toleranser)
- installationsförfarande (verktyg, blandningsarbete, installationsordning etc.)
- dimensionerande materialegenskaper i pelarna
- restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan
- arbetsbeskrivning och kontrollplan.

I den mån propelare ingår som en del av projekteringen ska resultaten från dessa försök redovisas i en separat rapport i bygghandlingen.

8.2.5. Utförande och kontroll

K157361

Utförande och kontroll av jordförstärkning med inblandningspelare ska utföras enligt AMA 20 CDB.23.

Installation av inblandningspelare ska utföras enligt alternativ A eller B enligt Tabell K8.2-4.

Tabell K8.2-4 Krav på inblandningsarbete.

	A	B	Anmärkning
Rotationshastighet	Max 200 varv/min	Max 200 varv/min	Rekommenderad rotationshastighet: 175 varv/min
Stigning / Blade Rotation Number, BRN¹	Max 15 mm/varv	BRN > 320	vid inblandning av enbart cement i alla typer av jordar vid inblandning med kalkcement i gytjtig lera eller organisk jord
	Max 20 mm/varv	BRN > 250	vid inblandning med kalkcement i övriga jordar
	Max 25 mm/varv	BRN > 200	vid inblandning med enbart kalk

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

¹BRN=Blade rotation number = T [antal/m] enligt SS-EN 14679.
 $T = SM \cdot (N_u / V_u) \cdot 1000$
 SM=totala antalet blad på verktyget som sträcker sig ut över hela pelarens radie
 (bygelverktyg SM=4,8 och pinnverktyg SM=6)
 N_u =rotationshastighet [varv/min] V_u =stigningshastighet [mm/min]

Toleranskrav för inblandningspelare framgår av Tabell K8.2-5.

Tabell K8.2-5. Toleranskrav för inblandningspelare.

Geometri	Inblandningsmängd	Bindemedelsmängd	Inblandningsarbete
Planläge: $\pm 0,1$ m Nivå _{pelartopp} : +0,3 m Nivå _{pelarbotten} : -0,2 m Lutning enskilda pelare: 0,02 m/m Lutning pelare av skivor: 0,01 m/m	-20/+30% av nominell mängd inom varje flytande 1-meters intervall av enskild pelare -10/+15 % av nominell mängd för varje pelare -1/+3 % av total nominell mängd för varje kontrollobjekt	± 10 procentenheter (exempelvis 60/40 vid nominell mängd 50/50 eller 30/30/40 vid nominell mängd 35/35/30)	Stigningshastighet: ± 2 mm/varv Rotationshastighet: + 20 varv/min

K208378

Utförande och kontroll av jordförstärkning genom masstabilisering ska utföras enligt AMA 20 CDB.24.

Toleranskrav för masstabilisering framgår av Tabell K8.2-6.

Tabell K8.2-6. Toleranskrav vid masstabilisering.

Geometri	Inblandningsmängd	Bindemedelsmängd
Planläge: $\pm 0,2$ m Nivå _{underkant} : -0,3 m	-10/+15 % av nominell mängd för varje delyta -1/+3 % av total nominell mängd för varje delområde	± 10 procentenheter (exempelvis 60/40 vid nominell mängd 50/50)

K208379

Dränerande lager ska utföras enligt AMA 20 CEF.111.

K157362

Jordförstärkningen ska delas in i kontrollobjekt som omfattar:

- en homogen geologi
- en och samma typ av stabilisering, typ och mängd bindemedel, pelardiameter med mera
- maximalt en månads arbete.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.3. Jordarmering i underkant av bank

Förutsättning

Jordarmering kan användas i underkant av bankar för att förbättra stabiliteten genom att den kritiska glidytan styrs till fastare jordlager. Armeringen innebär inte att bärförmågan för banken som helhet ökar.

Jordarmering avser armerade lager av geosyntet.

8.3.1. Brottgränstillstånd

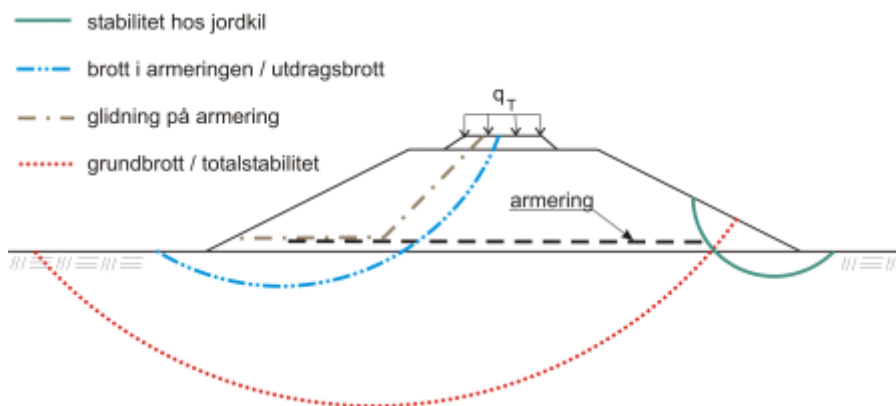
K222594

Geosyntet ska uppfylla krav enligt 10.4.2.1 Armerande lager av geosyntet.

K157138

Dimensionering illustreras i Figur K8.3-1. Dimensionering ska omfatta verifiering av:

- brott i armering
- utdragsbrott
- glidning på armeringen
- grundbrott/totalstabilitet, beräknas som för oförstärkt bank
- stabilitet hos jordkil utanför armeringen, kontrolleras separat med glidyteberäkning.



Figur K8.3-1. Verifiering i brottgränstillstånd.

8.3.1.1. Brott i armeringen

K157140

Den maximala lasteffekten i armeringen, F_{arm} , får inte överskrida armeringens dragkapacitet, T_d .

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.3.1.2. Utdragsbrott i armering**8.3.1.3. Glidning av slänt på armering****8.3.2. Bruksgränstillstånd**

K157147

Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande får maximalt uppgå till 2 % för väg- och järnvägsbankar på oförstärkt undergrund.

8.4. Grundläggning med lastreducerande material**8.4.1. Cellplast***Förutsättning*

I detta avsnitt förutsätts lättfyllning med cellplast av expanderad polystyren, EPS.

8.4.1.1. Material

K157370

Cellplast ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBG.3.

K157371

När cellplast används så att materialet belastas av tågtrafik ska dynamiska belastningsförsök utföras enligt SS-EN 14933 Annex D där:

- deformationen inte får överstiga 2 % mellan den 10:e och den 2 000 000:e lastväxlingen för en belastning som varierar mellan 10 och 120 kPa.
- Kompressionsmodulen ska vara ≥ 20 MPa bestämd vid den 10:e lastväxlingen, vid 80 % av den största belastningen.

K157372

För återanvänd cellplast ska krav och egenskaper som ska deklarerats enligt AMA 20 DBG.3 verifieras.

K196814

Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.1.2. Utformning**8.4.1.2.1. Cellplast i bank för väg**

K231325

Bank med lättfyllning av cellplast för väg ska utformas med släntlutningar och tjocklek på stödfyllning enligt Figur K8.4-1.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

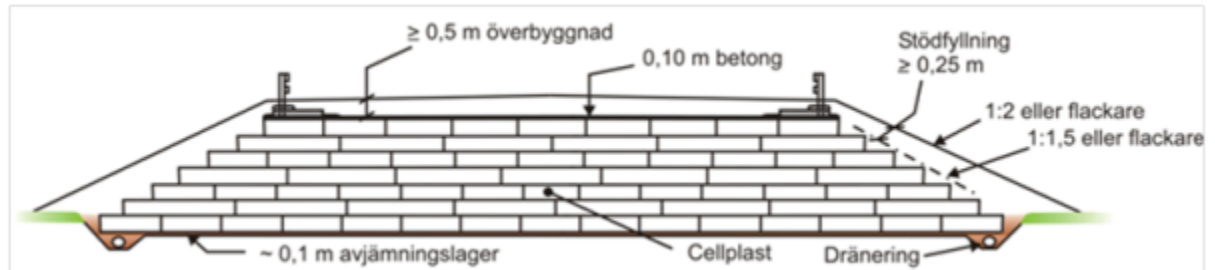
Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157373



Figur K8.4-1. Exempel på uppbyggnad av bank med cellplast för väg.

K157374

Cellplastblock ska läggas med minst 0,25 m förskjutning jämfört med underliggande lager.

K157375

Avstånd mellan vägyta och cellplast ska vara minst 0,5 m för att undvika frosthalka.

K157376

Minsta tjocklek för obundet överbyggnadsmaterial vid $\text{ÅDT} > 2000$ eller $\text{ÅDT}_{\text{tung}} > 200$ ska vara 0,5 m då armerad betongplatta används och 0,7 m utan betongplatta.

K157377

Cellplast ska skyddas mot negativ inverkan från kemiska ämnen och klimat samt mekanisk inverkan som kan försämra egenskaperna.

K157378

Betongplatta eller membran ovan cellplast ska ha en lutning $\geq 1,5\%$ för att säkerställa god vattenavrinning.

K157379

Membran ska skyddas om krossat material läggs direkt mot membranet.

K157380

Cellplastblock som återanvänds ska ha ett sidomått $\geq 0,45$ m.

K231329

Vid fundament som placeras inom vägsträckor med cellplast ska konstruktionen utformas med hänsyn till uppkommande belastningar.

8.4.1.2.2. Cellplast i bank för järnväg

K157382

Bank med lättfyllning av cellplast för järnväg ska utformas med släntlutningar och tjocklek på stödfyllning enligt Figur K8.4-4.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

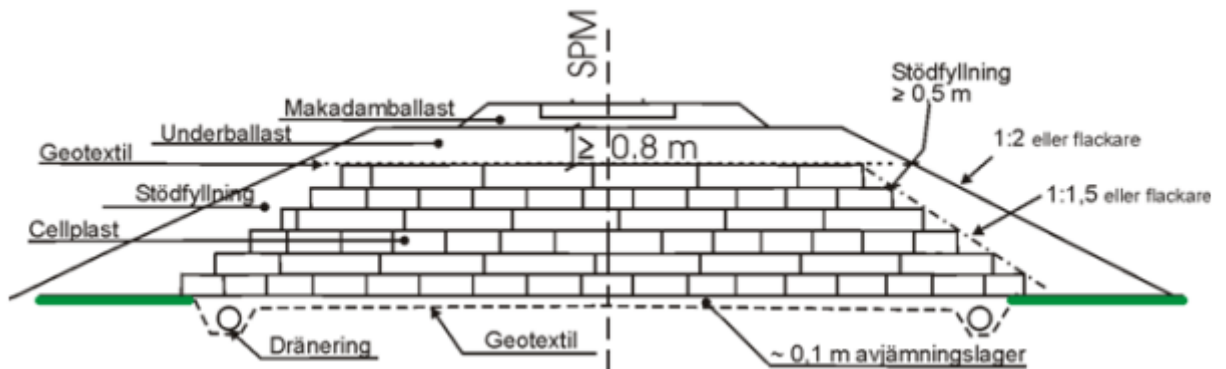
Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K231330



Figur K8.4-4 Exempel på uppbyggnad med cellplast för järnväg.

K157383

Cellplastblock ska läggas med minst 0,25 m förskjutning jämfört med underliggande lager.

K231331

Cellplast ska skyddas mot negativ inverkan från kemiska ämnen och klimat samt mekanisk inverkan som kan försämra egenskaperna.

K157384

Återanvänd cellplast får inte användas.

K157385

Ovan cellplast ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast.

K231333

Vid fundament som placeras inom bansträckor med cellplast ska konstruktionen utformas med hänsyn till uppkommande belastningar.

8.4.1.2.3. Länkplatta

K157386

Upplag för länkplatta på cellplastfyllning inklusive betongplatta ska utformas så att tillåten spänningsnivå i cellplasten inte överskrids. Rörelser mellan länkplatta och upplag ska möjliggöras. Länkplattan ska dimensioneras enligt TRVINFRA-00227.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.4.1.3. Dimensionering

K157410

Dimensionerande värde på densitet hos cellplast ska väljas enligt Tabell K8.4-1.

Tabell K8.4-1. Dimensionerande värden på densitet hos cellplast.

	Dimensionerande densitet	
Densitet över grundvattennivå	ρ =	50 kg/m ³
Densitet under grundvattennivå	ρ =	100 kg/m ³ (alternativt 0) ¹⁾
<i>1) Mest ogynnsamma värde av 100 alt. 0 kg/m³ väljs.</i>		

K157411

Dimensionerande skjuvhållfasthet ska ansättas till en tredjedel av den som uppmätts i laboratorium eftersom skarvar förekommer mellan blocken.

K157412

Erforderlig tryckhållfasthet hos cellplast ska beräknas för permanent last och för variabel last i form av trafik, inklusive enstaka last för vägar.

K157413

Vid beräkning av tillskottsspänning ska elasticitetsmodulen antas vara högst 150 MPa i de överliggande lagren.

K157414

Tryckhållfastheten, σ_5 , hos cellplast ska uppgå till minst 100 kPa för användning i vägkonstruktion och minst 200 kPa för användning i bankonstruktion.**8.4.1.3.1. Stabilitet och sättningar**

K157415

Betongplattans stabiliserande effekt får inte tillgodoräknas vid beräkning av totalstabilitet och inre stabilitet hos cellplastbanken.

K157416

Bankens inre stabilitet ska verifieras om medelsläntlutning i cellplasten är brantare än 1:1.

K157417

Skjuvhållfasthet hos cellplast får endast utnyttjas vid verifiering av inre stabilitet för en cellplastbank.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157418

Deformationer i cellplasten ska begränsas genom att säkerställa att tillåtna tryckspänningar inte överskrids.

Tillåten spänningsnivå för permanent last:

$$\sigma^{permanent} = 0,3 \cdot \sigma_5$$

Tillåten spänningsnivå för permanent och variabel last:

$$\sigma^{permanent+trafik} = 0,5 \cdot \sigma_5$$

där σ_5 är tryckhållfasthet för korttidslast vid 5 % deformation enligt SS-EN 826.

8.4.1.3.2. Upplyftning

K157419

Upplyftning ska verifieras för HHW.

8.4.1.3.3. Horisontaltryck

K157420

Vid fyllning med cellplast mot bro ska koefficienterna för vilo- och aktivt jordtryck väljas till 0,1 respektive 0,05.

K157421

Friktionskoefficienten mellan cellplastblock och avjämningslager ska sättas till $\mu = 0,5$.

8.4.1.3.3.1. Betongplatta för väg

K157422

Betongplatta ska dimensioneras för dimensionerande lasteffekt.

8.4.1.3.3.2. Överbyggnadsdimensionering för väg

K157423

För dimensionering av vägöverbyggnad enligt TRVINFRA-00224 ska $E = \sigma_2 / 0,02$ väljas om inget annat anges, där σ_2 är spänning vid 2 % deformation.

8.4.1.4. Redovisning i bygghandling

K157424

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med cellplast innehålla:

- samtliga cellplastlager i plan med koordinatlistor, mått och nivåer för brytpunkter.
- utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- dimensionerande materialegenskaper med beteckningar enligt SS-EN 14933.
- restriktioner för belastningar på cellplast och eventuell betongplatta.

8.4.1.5. Utförande och kontroll

K157432

Bank med lättfyllning av cellplast ska utföras och kontrolleras enligt AMA 20 DBG.31. Stödfyllning ska utföras enligt AMA 20 CEB.82.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.4.2. Lättklinker

Förutsättning

Lättfyllning med lättklinker får utföras som obunden lättklinker, cementstabiliserad lättklinker eller cementstabiliserad och armerad lättklinker.

Dimensionering och utformning enligt detta avsnitt förutsätter en karakteristisk friktionsvinkel hos lättklinker på minst 35°.

8.4.2.1. Material

K157436

Lättklinker ska uppfylla krav enligt AMA 20 CED.11 och "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CED.111.

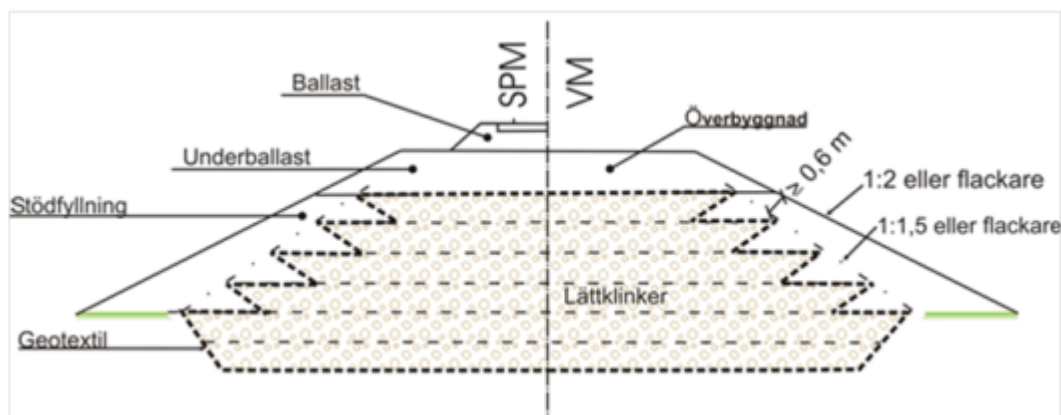
K197654

Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.2.2. Utformning

K157457

Bank med lättfyllning av lättklinker ska utformas enligt Figur K8.4-3



Figur K8.4-3. Lättklinker i väg- och järnvägskonstruktion. Krav på släntlutning och tjocklek hos stödfyllning är samma för väg och järnväg.

K157425

Materialskiljande lager av geotextil ska användas runt lättklinkerfyllningen enligt Figur K8.4-3.

8.4.2.2.1. Lättklinker i bank för väg

K157461

Lättklinker får inte placeras närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka. Detta gäller även cementstabiliserad lättklinker om $\lambda_{\text{ofruset}} < 0,3 \text{ W/mK}$.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157462

Minsta obunden överbyggnadstjocklek med ÅDT > 2 000 ska vara 0,7 m över obunden lättklinkerfyllning.

8.4.2.2.2. Lättklinker i bank för järnväg

K157464

Över obunden lättklinker ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast räknat från underkant sliper.

8.4.2.3. Dimensionering

K157441

Vid bestämning av lättklinkerns densitet ska hänsyn tas till om lättklinkern är nytlagd eller om det är ett långtidsfall samt till lättklinkerns placering i konstruktionen.

8.4.2.3.1. Stabilitet och sättningar

K157448

Tunghet över GVY ska sättas till 4,5 kN/m³ och effektiv tunghet under GVY ska sättas till 1,0 kN/m³ om inte deklarerat värde kan visa annat.

K157450

Vid brantare medelslänthlutning i lättklinkern än 1:1,5 ska bankens inre stabilitet verifieras.

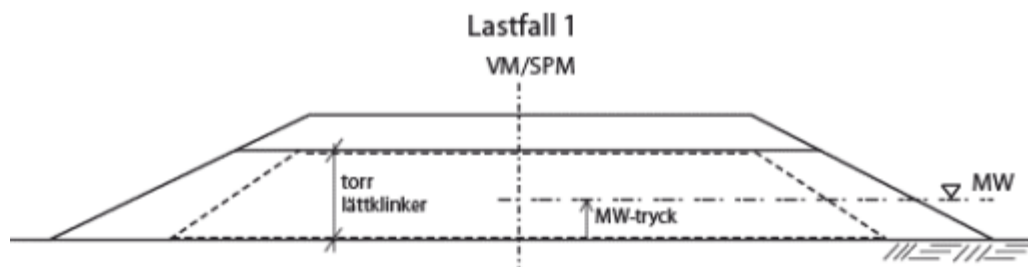
8.4.2.3.2. Upplyftning

K157453

Upplyftning ska verifieras för följande lastfall:

Lastfall 1: Nytlagd lättklinker

Tunghet för torr lättklinker i kombination med medelvattennivån enligt Figur K8.4-4.



Figur K8.4-4. Lastfall 1 motsvarar nytlagd lättklinker.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

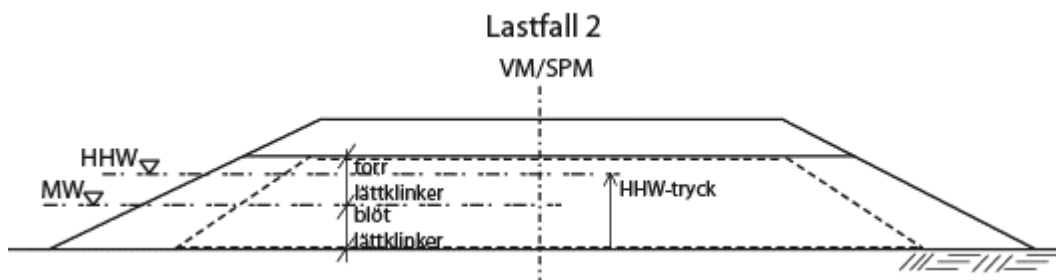
Version

2.0

Effektiv tunghet för torrt material under MW ska sättas till $-4,5 \text{ kN/m}^3$ och tunghet för torrt material över MW ska sättas till $2,2 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

Lastfall 2: Långtidsfall

Tunghet för torr lättklinker ovan medelvattennivån i kombination med högsta högvattennivån enligt Figur K8.4-5. Under medelvattennivån används tungheten för lättklinker som legat i konstruktionen under lång tid.



Figur K8.4-5. Lastfall 2 motsvarar lättklinker som legat i konstruktionen under lång tid.

Effektiv tunghet för blött material under MW ska sättas till $-2,5 \text{ kN/m}^3$, effektiv tunghet för torrt material mellan MW och HHW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tunghet för torrt material över HHW ska sättas till $4,5 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

8.4.2.3.3. Överbyggnadsdimensionering för väg

K157439

Elasticitetsmodulen för obunden lättklinker ska vid dimensionering av överbyggnadstjocklek enligt TRVINFRA-00224 sättas till 40 MPa.

8.4.2.4. Redovisning i bygghandling

K157473

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med lättklinker innehålla:

- Utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- Utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- Dimensionerande materialegenskaper.
- Restriktioner för belastningar.

8.4.2.5. Utförande och kontroll

K157475

Bank med lättklinker för väg och järnväg ska och utföras och kontrolleras enligt AMA 20 CED.111 och CEB.82. Fyllning av lättklinker mot byggnadsverk ska utföras och kontrolleras enligt AMA 20 CED.1122.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.4.3. Skumglas*Förutsättning*

Lättfyllning med skumglas får utföras som obundet skumglas, cementstabiliserat skumglas eller cementstabiliserat och armerat skumglas.

Dimensionering och utformning enligt detta avsnitt förutsätter en karakteristisk friktionsvinkel hos skumglas på minst 42°.

8.4.3.1. Material

K157479

Skumglas ska uppfylla krav enligt AMA 20 CED.13 och "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CED.131.

K157480

Skumglas ska vara beständigt mot kemiska ämnen som härrör från trafik, exempelvis petroleumprodukter och vägsalt.

K197655

Stödfyllning ska utgöras av material enligt AMA 20 CEB.82.

8.4.3.2. Utformning

K157504

Skumglas ska utformas och utföras enligt AMA 20 CED.131 och CED.1322.

K157506

Behov av materialskiljande lager ska utredas i varje enskilt fall.

8.4.3.2.1. Skumglas i bank för väg

K157512

Skumglas får inte placeras närmare överytan än 0,5 m för att undvika frosthalka.

K157516

Minsta obunden överbyggnadstjocklek för vägar med ÅDT > 2 000 ska vara 0,6 m över obunden skumglasfyllning.

8.4.3.2.2. Skumglas i bank för järnväg

K157514

Över obundet skumglas ska finnas minst 0,8 m underballast och 0,5 m makadamballast.

K157515

Kontaktledningsfundament bör undvikas på sträckor med skumglas. Brunnsringar kombinerade med spontplank eller armerat cementstabiliserat skumglas kan användas.

8.4.3.3. Dimensionering

K157483

Lasttillskott från trafiklast får inte överstiga 60 kPa på överyta av skumglas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157484

Total last (trafiklast + egentyngd överbyggnad) på överyta av skumglas får inte överstiga 100 kPa.

K157485

Egentyngden ovan GVV ska ansättas till 4,0 kN/m³ och effektiv tyngd under GVV ska ansättas till 1,0 kN/m³. om deklarerat värde inte kan ange annat.

8.4.3.3.1. Stabilitet och sättningar

K157493

Bankens inre stabilitet ska verifieras om medelsläntlutningen i skumglasfyllningen är brantare än 1:1.

K157495

Vid utläggning av höga bankar ska stabiliteten hos skumglaset beaktas och all onödig trafik ska undvikas innan stödfyllningen är utlagd.

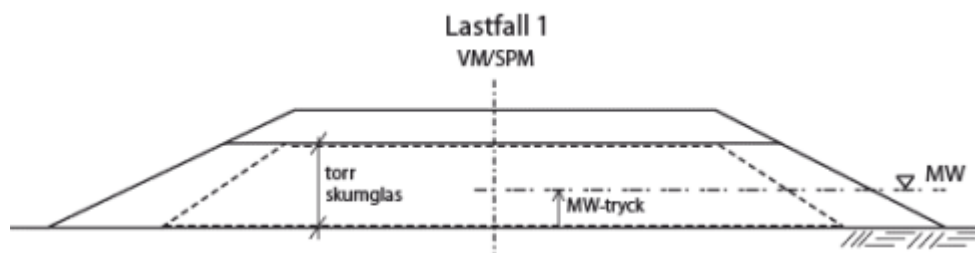
8.4.3.3.2. Upplyftning

K157499

Upplyftning ska verifieras för följande lastfall:

Lastfall 1: Nyutlagd skumglas

För torrt skumglas i kombination med medelvattennivån ska tunghet enligt Figur K8.4-6 användas.



Figur K8.4-6. Lastfall 1 motsvarar nyutlagd skumglas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

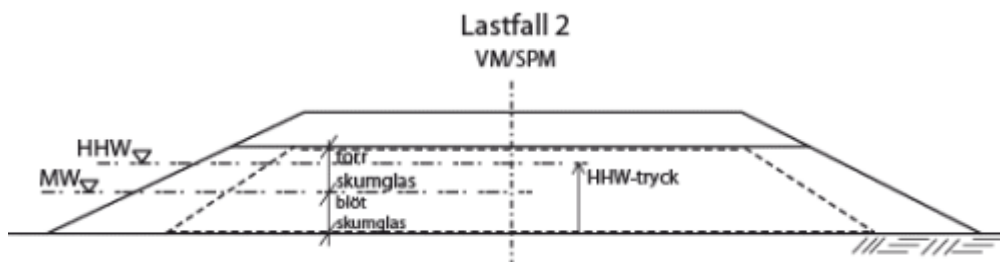
Version

2.0

Effektiv tunghet för torrt material under MW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tungheten för torrt material över MW ska sättas till $1,9 \text{ kN/m}^3$ om inte deklarerat värde kan visa annat.

Lastfall 2: Långtidsfall

För torrt skumglas ovan medelvattennivån i kombination med högsta högvattennivå ska tunghet enligt Figur K8.4-7 användas. Under medelvattennivån ska tunghet för skumglas som legat i konstruktionen under lång tid användas.



Figur K8.4-7. Lastfall 2 motsvarar skumglas som legat i konstruktionen under lång tid.

Effektiv tunghet för blött material under MW ska sättas till $-3,0 \text{ kN/m}^3$, effektiv tunghet för torrt material mellan MW och HHW ska sättas till $-5,5 \text{ kN/m}^3$ och tungheten för torrt material över HHW ska sättas till $3,5 \text{ kN/m}^3$ om deklarerade värden inte kan visa annat.

8.4.3.3.3. Överbyggnadsdimensionering för väg

K157501

Elasticitetsmodulen för skumglas ska vid dimensionering av överbyggnadstjocklek enligt TRVINFRA-00224 sättas till 300 MPa.

8.4.3.4. Redovisning i bygghandling

K157521

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med skumglas innehålla:

- Utformning och utförande av underbyggnad, överbyggnad och släntskydd.
- Utformning av stolpfundament och andra konstruktioner.
- Dimensionerande materialegenskaper.
- Restriktioner för belastningar.

8.5. Vertikaldränering

Förutsättning

Vertikaldränering får utföras med antingen sanddräner eller förtillverkade banddräner.

8.5.1. Material

K157528

Dräner ska uppfylla krav enligt SS-EN 15237.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157529

Dräneringsbädd ska bestå av material enligt AMA 20 CEF.16.

8.5.2. Utformning

K157530

Vertikaldräner ska utsträckas så långt mot släntfot att inga besvärande sättningar uppkommer i bankens tvärled.

K157531

Vertikaldränering ska utsträckas så långt i längdled att övergången till odränerat område blir jämn i bankens längdled.

K157532

Temporär överhöjning ska utgöras av material med känd tunghet.

K157533

När temporär överhöjning utgörs av annat material än resterande överbyggnad ska materialskiljande lager användas för att undvika materialblandning i överbyggnaden.

K157534

Om vertikaldränering utformas med dräneringsbädd ska dräneringsbädd utformas och ha tillräcklig kapacitet att avbörda det utpressade porvattnet från vertikaldränerna utan att det påverkar konsolideringsförloppet.

8.5.3. Dimensionering

K157546

Liggtid för bank och temporär överhöjning ska beräknas.

K157548

Vid beräkning av liggtid och lastetapper ska försämrad dräneringsfunktion hos dräneringsbädden på grund av frysning beaktas.

K157567

Efter avlastning får inte den totala lasten på undergrunden (tyngd av bank inklusive sättningskompensation) överstiga 90 % av den effektivspänning som jorden konsoliderats för under liggtiden antaget att lastspridning beaktats med en elasticitetsteoretiskt baserad metod.

K157569

Vid lastberäkning ska kompensation göras för jordmassor som hamnar under grundvattenytan på grund av sättningar.

8.5.3.1. Brottgränstillstånd

K157550

Dimensionerande hållfasthet ska bestämmas med beaktande att installation av dräner medför en störd zon kring dränerna med kraftigt reducerad hållfasthet direkt efter installation.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157553

Ökning av markens bärförmåga i takt med att jorden konsolideras för bankens tyngd får tillgodoräknas om det kan verifieras med beräkningar eller provning. Vid verifiering med enbart beräkning ska hållfasthetsökningen maximalt motsvara 10 % av den effektivspänningsökning som åstadkommit över det ursprungliga förkonsolideringstrycket.

8.5.3.2. Bruksgränstillstånd

K157558

En prognos över sättningar och konsolideringsgrad ska göras för att bestämma erforderlig överhöjning och liggtime.

K157559

Hänsyn ska tas till att jordens permeabilitet minskar i takt med att jorden konsolideras för bankens tyngd.

Konsolideringsgraden i den aktuella jordvolymen ska verifieras genom mätning under utförandet.

8.5.4. Redovisning i bygghandling

K157571

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med vertikaldränering innehålla:

- läge för dräner i plan
- utformning av temporär överhöjning, inklusive tjocklek och sättningkompensation och tryckbankar
- typ av dräner
- liggtime för temporär överhöjning samt prognostiserat sättningsförlopp
- restriktioner för belastningar, framkomlighet och omgivningspåverkan.

8.5.5. Utförande och kontroll

K157573

Installation av dräner ska ske enligt AMA 20 CDB.11 och SS-EN 15237.

K157574

Sättningsuppföljning ska utföras så att underlag erhålls för att bestämma rätt tidpunkt för avlastning och för eventuell modifiering av överhöjningen på grund av avvikelser vid jämförelse med sättningprognoser.

K157576

Kontroll av vertikaldräneringar ska omfatta dels arbetet med dränernas installation och utfyllning av bankmassor och dels uppföljning och analys av rörelser.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.6. Förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv

Förutsättning

Förbelastning är en förstärkningsmetod som syftar till att ta ut sättningar under byggtiden vid bankuppbyggnad på sättningsbenägen jord. Metoden har begränsningar i möjlig belastning med hänsyn till jordens bärförmåga och med hänsyn till erforderlig tidsåtgång. Med sättningen erhålls normalt en ökning av jordens hållfasthet vilket kan användas vid etappvis pålastning.

Förbelastning kan utföras med eller utan överlast samt med eller utan överhöjning. Lämpligheten för förbelastning av väg på låg- och mellanförmultnad torv begränsas av att vägen utgör en flytande konstruktion och att vägens projekterade profilplan helst inte bör ligga alltför högt över markplanet.

Vägar tillhörande det sekundära vägnätet har ofta svaga vägkanter orsakade av s.k. "självbredning" där överbyggnadsmaterial hyvlats ut över svag undergrund.

8.6.1. Material

K157580

Material i förbelastning som ska utgöra överbyggnad i färdig väg ska uppfylla krav på material enligt TRVINFRA-00224.

K157581

Material i förbelastning som inte kommer utgöra överbyggnad i färdig väg ska uppfylla krav på bankmaterial enligt avsnitt 7.3.

K157582

Dimensionerande draghållfasthet för geotextil ska vara minst 35 kN/m.

8.6.2. Utformning

K157583

Förbelastning ska utformas och utföras så att brott i jorden inte uppkommer.

K157588

Vid breddning med förbelastning ska likvärdig bärighet för befintlig väg och breddning eftersträvas så att oönskade rörelseskillnader inte uppstår.

K157584

Geotextil ska läggas i våder vinkelrätt mot vägen.

8.6.3. Dimensionering

8.6.3.1. Brottgränstillstånd

K157587

Förbelastningens storlek, pålastningsetapper och liggtid ska dimensioneras så att brott i jorden inte uppkommer.

K157592

Pålastning ska dimensioneras så att en avlastning är möjlig vid tidpunkten för primär konsolidering för att reducera eftersättningar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K222840

Om pålastning utförs i flera steg ska konsolidering tillåtas ske mellan varje laststeg.

K197836

Dimensionering av förbelastningens storlek och tidpunkt för avlastning ska justeras efter resultat från sättningsuppföljning i byggskedet.

8.6.3.2. Bruksgränstillstånd

K157590

En prognos över sättningar under förbelastningens liggtid och därefter kvarvarande sättningar ska göras.

8.6.4. Utförande och kontroll

K157597

Vid breddning av väg med förbelastning ska bärrigheten hos bärlagrets överyta i den befintliga vägen och den breddade delen verifieras.

8.7. Lätt bankpålning med träpålar*Förutsättning*

Med lätt bankpålning avses sättningsreducerande förstärkningsmetod i kohesionsjord där ovanliggande banklast förs över till träpålar och bärkraftiga jordlager via ett lastfördelande jordlager med geosyntetisk armering. Lätt bankpålning utförs utan pålplattor.

Den ostörda jordens karakteristiska skjuvhållfasthet ska vara > 7 kPa.

Artesiskt portryck får inte föreligga.

För oförstärkt bank ska säkerheten mot totalstabilitetsbrott vid tillståndsbedömning, $F_o > 1,0$.

8.7.1. Material

K157610

Träpåle ska vara av oskadat virke av fur eller gran med hållfasthetsklass C14 eller C30 enligt SS-EN 338.

K197845

Träpåle ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 CCB.3.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

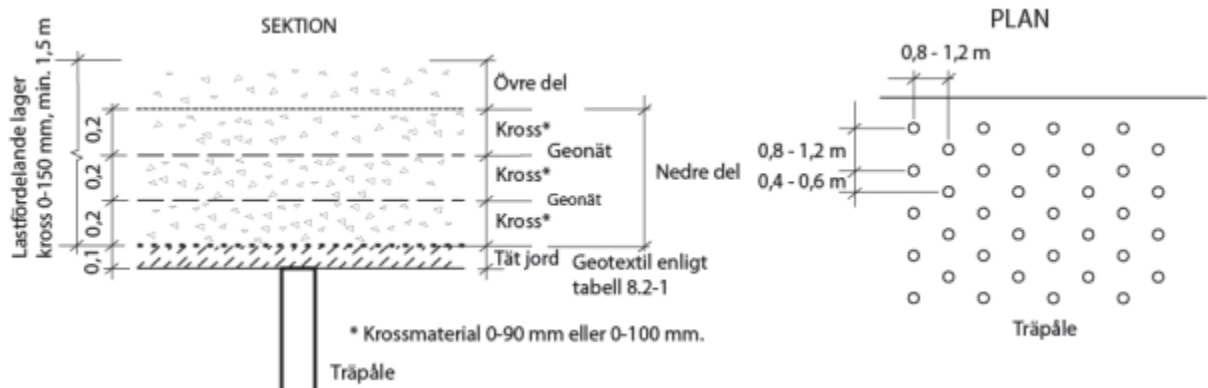
Version

2.0

8.7.2. Utformning

K157609

Lätt bankpålning med träpålar ska utformas enligt figur K8.7-1.



Figur K8.7-1. Principiell utformning lätt bankpålning med träpålar.

K157612

Träpåle i hållfasthetsklass C14 får inte användas för bankhöjder högre än 6 m och träpåle i hållfasthetsklass C30 får inte användas för bankar högre än 10 m.

K157613

Pålar ska installeras i ett triangulärt mönster med c-c avstånd mellan 0,9 och 1,2 m.

K157614

Tätningsslagret av tät vattenmättad finkornig jord av materialtyp 4 eller 5A ska ha en minsta tjocklek om 0,1 m ovan pålavskärningsplanet.

K157616

Stenstorleken i nedre delen av det lastfördelande lagret på och kring armeringen ska begränsas till max stenstorlek 90 mm.

K157617

Geosyntetisk armering ska vara nät av polypropen.

K157618

Geonäten ska vara styva och förankras så att horisontella rörelser minimeras.

K157620

Minsta bankhöjd ovan utjämningslagret ska vara 1,5 m.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

8.7.3. Dimensionering**8.7.3.1. Brottgränstillstånd**

K157624

Tyngden av bankfyllning och trafiklast ska behandlas som en geoteknisk last.

K157625

Vid dimensionering av lätt bankpålning med träpålar ska följande verifieras:

- Pålarnas konstruktiva och geotekniska bärförmåga.
- Stabiliteten i fyllningsslänten i tvär- och längdled.

K157627

Geosyntetisk armering ska dimensioneras enligt avsnitt 10.4.2.1.2 för en dimensionerande draghållfasthet på 3 kN/m.

8.7.3.2. Bruksgränstillstånd

K157629

Prognos över förväntade sättningar ska göras för att bestämma erforderlig liggtid och behov av överlast.

K197847

Dimensionering av förbelastningens storlek och tidpunkt för avlastning ska justeras efter resultat från sättningssuppföljning i byggskedet.

K157630

Konsolideringsgraden i den aktuella jordvolymen ska verifieras genom mätning under utförandet.

K157632

Krypning i konstruktionen ska beaktas.

8.7.4. Redovisning i bygghandling

K157635

Utöver vad som anges i TRVINFRA-00229 12.5.1 ska geoteknisk förstärkningsritning med lätt bankpålning med träpålar innehålla:

- läge och numrering av alla pålar i plan.
- förväntade pållängder i elevation eller längdsektion samt normalsektion.
- Påltoppsnivå.

8.7.5. Utförande och kontroll

K157637

Pålning med tryckta träpålar ska utföras enligt AMA 20 CCC.

K157638

Geosyntetisk armering ska utföras enligt AMA 20 DBB.4121.

K157639

Lastfördelande jordlager ska utföras enligt AMA 20 CEB.6112.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157641

Bankfyllning ska utföras enligt AMA 20 CEB.6121 eller CEB.6122.

K157642

Pålar i hållfasthetsklass C30 ska inspekteras och godkännas av en oberoende virkesmätare.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9 Grundkonstruktioner

9.1. Grundläggning av byggnadsverk

K157094

Bottenplatta ska grundläggas så att tjällyftning undviks.

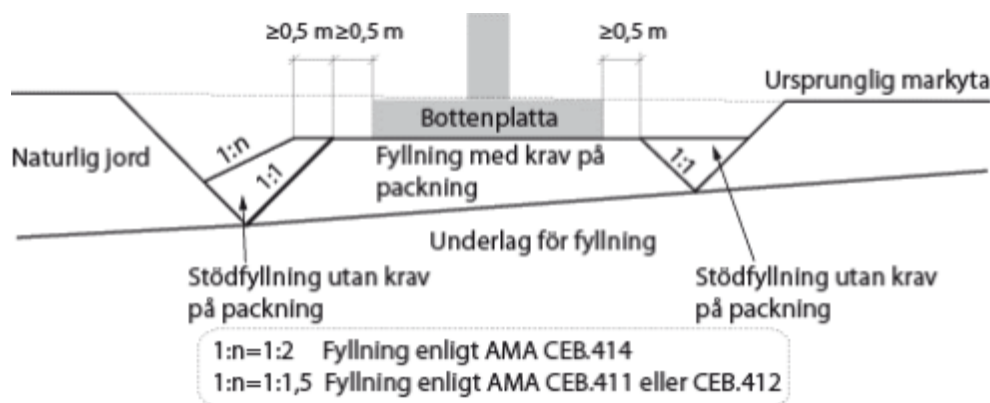
K157096

Jordschakt för grundläggning av bro ska utföras enligt AMA 20 CBB.51. Bergschakt för grundläggning av bro ska utföras enligt AMA 20 CBC.51 med relevanta underkoder.

9.1.1. Grundläggning på fyllning

K157162

Grundläggning av bro på fyllning ska utformas enligt Figur K9.1-1. Packad fyllning ska ha en total tjocklek om minst 0,3 m.



Figur K9.1-1. Packad fyllning för brostöd.

K157163

Material för fyllning och stödfyllning vid grundläggning av bro ska utgöras av sprängsten enligt AMA 20 CEB.411, sorterad sprängsten enligt AMA 20 CEB.412 eller förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.

K157164

Fyllningsmaterial vid grundläggning av rörbro ska utgöras av krossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.413 eller förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 CEB.415.

K157165

Fyllningsmaterial av sprängsten eller sorterad sprängsten ska tätas enligt AMA 20 CEE.124.

9.1.2. Fyllning mot bro

K157168

Fyllning mot bro ska utformas så att sättningar och materialvandring inte uppstår.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157169

Fyllning mot bro får utgöras av förstärkningslagermaterial enligt AMA 20 DCB.211, grovkrossad sprängsten enligt AMA 20 CEB.11113, lättklinker enligt AMA 20 CED.111 och cellplast enligt AMA 20 DBG.31.

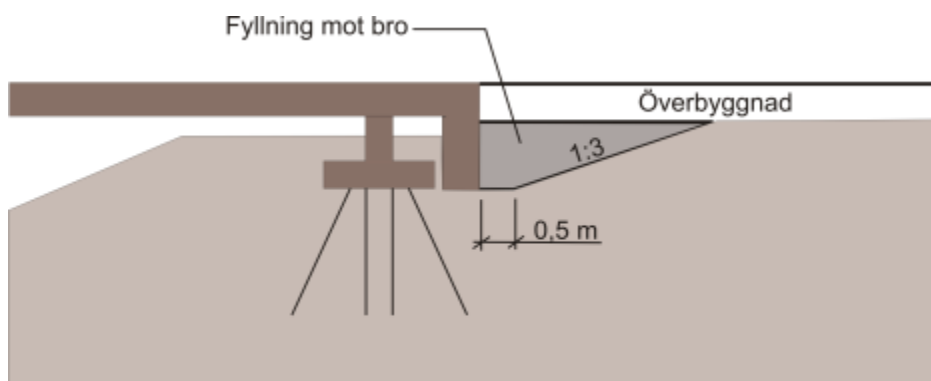
Om packning endast kan ske med vibratorplatta ska förstärkningslagermaterial väljas.

K157170

Fyllning mot bro ska utföras enligt AMA 20 CEB.52.

K157172

Fyllning mot ändskärm enligt Figur K9.1-2 ska betraktas som fyllning mot bro.



Figur K9.1-2. Fyllning mot ändskärm.

K157173

Fyllning mot rörbro ska utföras enligt AMA 20 CEB.52.

9.1.3. Minsta avstånd till tjällyftande jord för vägbroar

K157098

Minsta avstånd till tjällyftande jord enligt Figur K9.1-1 för vägbroar ska vara enligt Tabell K9.1-1, alternativt krävs isolering med cellplast. Minsta avstånd till tjällyftande jord räknas från blivande markyta eller MLW.

Tabell K9.1-1. Minsta avstånd till tjällyftande jord från blivande markyta eller MLW för bestämning av grundläggningsnivå.

Klimatzon enligt VVFS 2004:31	1	2	3	4	5
Tjälfarlighetsklass 2-3 i undergrunden	1,0	1,4	1,6	1,8	1,9
Tjälfarlighetsklass 4 i undergrunden	1,2	1,6	1,9	2,1	2,3

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.1.4. Minsta avstånd till tjällyftande jord för järnvägsbroar

K157101

Minsta avstånd till tjällyftande jord enligt Figur K9.1-1 för järnvägsbroar ska vara enligt AMA 20 Figur RA CEB.42/1, alternativt krävs isolering med cellplast. Minsta avstånd till tjällyftande jord räknas från blivande markyta eller MLW.

9.1.5. Isolering med cellplast

K157095

Tjälskydd av cellplast är endast tillåtet för slutna rambroar, slutna rörbroar och pälgrundlagda bottenplattor.

K157104

Isolering ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBG.11. Referenshastighet $VR \geq 70$ km/h ska användas för bedömning av erforderligt värmemotstånd.

K157105

Isolering med cellplast ska utformas så att den kortaste vägen från blivande markyta eller MLW till tjällyftande jord under bottenplattan, mätt runt isoleringen, är större än avståndet enligt avsnitt 9.1.3 för vägbroar och avsnitt 9.1.4 för järnvägsbroar.

9.2. Plattgrundläggning**9.2.1. Dimensionering brottgränstillstånd**

K156783

Geoteknisk dimensionering i brottgränstillstånd ska omfatta:

- stabilitet
- bärförmåga
- glidning
- stjälpning (kombinerat brott i mark och byggnadsverk).

K156784

Möjligheten att jorden framför bottenplattan kan avlägsnas genom erosion eller avschaktning ska beaktas vid dimensionering.

9.2.1.1. Stabilitet

K156786

Bottenplattor ska ha betryggande totalstabilitet och säkerhet mot hydraulisk upplyftning.

K156787

Då sprickzoner och lösa lager förekommer vid berggrundläggning ska totalstabiliteten kontrolleras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.2.1.2. Bärförmåga

K156789

Bärförmåga ska verifieras med någon av följande dimensioneringsmetoder:

- analytisk metod
- halvempirisk metod
- hävdvunnen metod.

9.2.1.2.1. Analytisk metod

K156791

Allmänna bärighetsformeln eller glidyteberäkning ska användas.

K156792

Allmänna bärighetsformeln får inte användas vid beräkning av bärigheten vid dränerad analys för en platta i en slänt med släntlutning större än halva värdet på jordens karakteristiska friktionsvinkel.

9.2.1.2.2. Halvempirisk metod

K156795

Halvempirisk metod ska baseras på resultat från spetstryckssondering, hejarsondering eller pressometer.

9.2.1.2.3. Hävdvunnen metod

K156798

Bottenplatta grundlagd på fast lagrad bottenmorän eller berg ska dimensioneras med erfarenhetsvärden enligt TSFS 2018:57, 38 kap. 6 Allmänna råd och tabell 38.13.

9.2.1.3. Glidning

K156800

Glidning ska kontrolleras då horisontella laster verkar på plattan, se Figur R9.2-2.

9.2.1.4. Stjälpning

K156805

För att undvika stjälpning vid brogrundläggning ska lastresultantens minsta avstånd till plattkanten vara:

- 0,1 m vid grundläggning på berg
- 0,3 m vid grundläggning på jord.

9.2.2. Dimensionering bruksgränstillstånd

K156808

Geoteknisk dimensionering i bruksgränstillstånd ska omfatta:

- sättningar
- hävning på grund av svällning, tjäle eller andra orsaker
- oacceptabla vibrationer.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.2.2.1. Sättningar

K156810

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens tekniska livslängd.

K156811

Gränsvärden för dimensionerande sättningsskillnad för broar gäller enligt TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, Byggnad.

K156812

Hävning ska beaktas, t.ex. då volymökning kan ske på grund av minskad vertikalspänning.

K156813

Sättningar som orsakas av vibrationer som medför omlagringar i jorden ska beaktas.

9.3. Pålgrundläggning**9.3.1. Dimensionering brottnivå**

K156816

Dimensionering av pålars konstruktiva bärförmåga i brott- och bruksgränstillstånd utförs enligt TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, Byggnad. Material, utförande och kontroll ska utföras enligt SS-EN 12699, SS-EN 1536, SS-EN 14199 och AMA 13 CC med underliggande relevanta koder.

K156818

Vid dimensionering av geoteknisk bärförmåga genom beräkning eller provning ska dimensioneringsmetod 2, DA2 användas.

K156820

Vid dimensionering ska hänsyn tas till bärförmågans tidsberoende.

K156822

Påhängslast orsakad av negativ mantelfriktion ska vara det högsta värdet som kan genereras genom sättningar i jorden relativt pålen. Påhängslast ska för tryckbelastade pålar betraktas som en ogynnsam, permanent geoteknisk last.

9.3.1.1. Karakteristisk bärförmåga, R_k , genom beräkning

K156827

Dimensionering genom beräkning ska omfatta:

- enskild påles bärförmåga vid tryckbelastning; spets- och mantelmotstånd
- enskild påles bärförmåga vid dragbelastning; mantelmotstånd
- enskild påles bärförmåga vid sidobelastning
- pålgrupps bärförmåga med hänsyn till eventuell gruppverkan av till exempel packning eller blockbrott.

K156828

Vid dimensionering genom beräkning på basis av geotekniska undersökningsresultat ska i första hand Modellpålprogrammet användas.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.3.1.1.1. Modellpåleanalogi

$$R_k = R_{medel} / \xi_3$$

K156834

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får ξ divideras med 1,1. $\xi_3/1,1$ och $\xi_4/1,1$ ska vara minst 1,0.

9.3.1.1.2. Kompletterande tillvägagångssätt

K156839

Den karakteristiska bärförmågan erhålls ur sambanden:

$$R_k = A_b \cdot q_{bk}$$

$$R_k = \Sigma A_s \cdot q_{sk}$$

q_{bk} är karakteristiskt värde på spetsbärförmågan.

q_{sk} är karakteristiskt värde på mantelbärförmågan i olika lager.

A_b är arean för pålspetsen.

A_s är pålens mantelarea.

K156840

Om stoppslagningskriterier för spetsburna pålar bestäms enligt Pålkommisionens Rapport 92 ska följande krav uppfyllas:

- Sjunkningen väljs till högst 20 mm/10 slag. Hejarens vikt ska vara minst fem gånger pålens vikt.
- Hänsyn ska tas till slagningsutrustningens effektivitet, slagdyna, mellanlägg, dynträ etc.

9.3.1.2. Karakteristisk bärförmåga, R_k , genom provning**9.3.1.2.1. Dynamisk provning**

K156844

Den geotekniska bärförmågan ska bestämmas genom analys av uppmätta accelerations- och töjningsförlopp.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K156846

Den karakteristiska geotekniska bärförmågan från dynamiska provbelastningar ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_5$$

$$R_k = R_{min} / \xi_6$$

ξ_5 och ξ_6 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar enligt kapitel 38, tabell 38.15 i TSFS 2018:57 för vägar och för järnvägar.

K156849

För spetsburen påle med liten fjädring hos pålspetsen, högst $d/60$, godtas att den karakteristiska bärförmågan bestäms med CASE-metoden. Pålens sjunkning ska vara högst 2 mm för varje enskilt mätslag.

9.3.1.2.2. Statisk provning

K156852

Den karakteristiska geotekniska bärförmågan från statiska provbelastningar ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_1$$

$$R_k = R_{min} / \xi_2$$

ξ_1 och ξ_2 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar och fås från tabell 38.14 i TSFS 2018:57 för vägar och för järnvägar.

K156853

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får ξ divideras med 1,1. $\xi_1/1,1$ och $\xi_2/1,1$ ska vara minst 1,0.

Normalt kan bottenplattor för broar anses vara styva.

9.3.1.3. Reduktionsfaktor för dragbelastade pålar, μ

K156856

Bärförmågan hos dragbelastade pålar bestäms enligt TSFS 2018:57 kapitel 38, 21 §.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.3.1.3.1. Dragbelastad stål- eller stålkärnepåle ingjuten i berg

K156858

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga för dragkraft för en påle ingjuten i berg ska betraktas som mantelburen där bärförmågan verifieras genom att:

- Med beräkning visa att bergkonens och ovanförliggande jordvolymens dimensionerande effektiva tyngd är större än den dimensionerande dragkraften. Om inga undersökningar finns avseende bergets kvalitet och sprickighet antas bergkonens toppvinkel till 60 grader, där konen har sin bas i bergytan och topp vid den ingjutna pålens topp. Om bergkoner från flera dragna pålar sammanfaller ska detta beaktas.
- Med beräkning visa att bärförmågan för vidhäftning mellan stål och bruk respektive bruk och berg är tillräcklig
- Utföra dragprovning av vidhäftningen mellan stål och bruk respektive bruk och berg.

9.3.1.4. Modelfaktor, γ_{Rd}

K156861

Modelfaktorer förutsätter att välbeprövade och väldokumenterade beräkningsmetoder och utvärderingsmetodik används vid dimensioneringen och ska bestämmas i varje enskilt fall.

K156862

För vanliga situationer ska modelfaktorer väljas enligt TSFS 2018:57, kapitel 38, 3 Allmänna råd och tabell 38.5-38.7.

9.3.1.5. Extra modelfaktor, $\gamma_{Rd,e}$

K156864

Extra modelfaktor används enbart vid Kompletterande tillvägagångssätt och ska väljas enligt TSFS 2018:57, kapitel 38 19 §.

K156865

Om byggnadsverket har tillräcklig styvhet för att överföra laster från svaga till starka pålar får $\gamma_{Rd,e}$ divideras med 1,1.

9.3.1.6. Dimensionerande bärförmåga genom hävdvunna metoder**9.3.1.6.1. Betongpålar**

K156869

Dimensionerande geoteknisk bärförmåga för tryckkraft för spetsburna betongpålar med olika tvärsnittsareor ska bestämmas vid stoppslagning med frifallshejare med hejarvikt och fallhöjd enligt kapitel 38, 5 Allmänna råd och tabell 38.12 i TSFS 2018:57.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.3.1.6.2. Grävpålar

K156871

Dimensionerande bärförmåga för spetsburna grävpålar som är längre än 3 m och har en diameter större än 0,6 m och är grundlagda på berg ska beräknas med dimensionerande bärförmåga enligt Tabell K9.3-1.

Tabell K9.3-1. Dimensionerande bärförmåga för spetsburna grävpålar på berg.

Bergtyp	Dimensionerande grundtryck	Krav på geoteknisk undersökning
1	10 MPa	Fastställande av bergart och kontroll av bergytan genom besiktning eller bergsondering.
2	4 MPa	
3	2 MPa	

9.3.2. Dimensionering bruksgränstillstånd

K156873

Dimensionerande sättningar ska beräknas för konstruktionens tekniska livslängd.

K156874

Gränsvärden för dimensionerande sättningsskillnad framgår av TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion, byggande.

K156875

Vid beräkning av sättningen för ett stöd grundlagt på pålar ska hänsyn tas till pålmaterialets kompression och sättning i jorden under pålspetsarna.

9.4. Bankpålning**9.4.1. Utformning**

K156880

Undergrunden ska vara konsoliderad för sin egentyngd och eventuell fyllning under pålplattor.

K156881

Det resulterande horisontella jordtryck som bildas i bankslänt ska tas upp av lutande pålar, geosyntetisk armering eller en kombination av dessa.

K156883

Bankpålning ska utsträckas i tvärled så att minsta avståndet från krönkant underballast eller vägbana till yttersta pålplattan överstiger bankhöjden dvs. med lutning minst 1:1 från krönkant.

K156884

Bankpålning ska utsträckas i tvärled så att sättningar under opålad slänt inte skadar bankpålar eller påverkar bankkrön.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.4.1.1. Bankpålning med lastfördelnde jordlager utan geosyntetisk armering

K156886

Undergrundens ytlager ska vara så fast att det kan bära jordlasten mellan pålplattorna som inte bärs genom valvverkan.

Undergrunden från pålplattans underkant och ned till minst 3 gånger det fria avståndet mellan pålplattorna ska ha följande egenskaper:

- odränerad skjuvhållfasthet, $c_u \geq 10$ kPa
- organisk halt ≤ 6 %
- sensitivitet $S_t \leq 30$
- vattenkvot, $w \leq 75$ %.

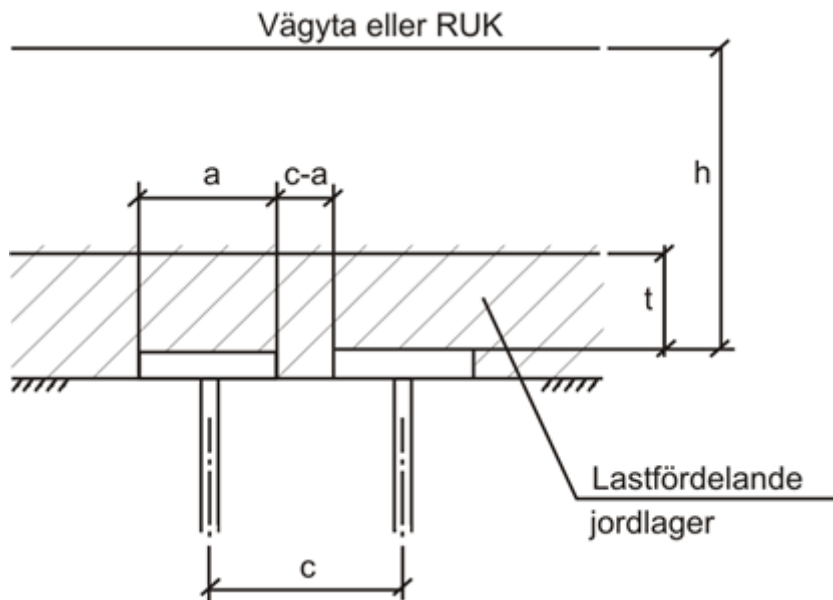
K156887

Bankpålning ska utformas så att valvverkan uppstår mellan pålplattor

K156888

Det lastfördelnde jordlagrets tjocklek, t , enligt Figur K9.4-1 ska uppgå till $t \geq 1,5 \cdot (c-a)$, dock minst 1,0 m.

Bankhöjden, h , ska överstiga 2,5 m.



Figur K9.4-1. Principiell utformning av bankpålning med lastfördelnde lager utan geosyntetisk armering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

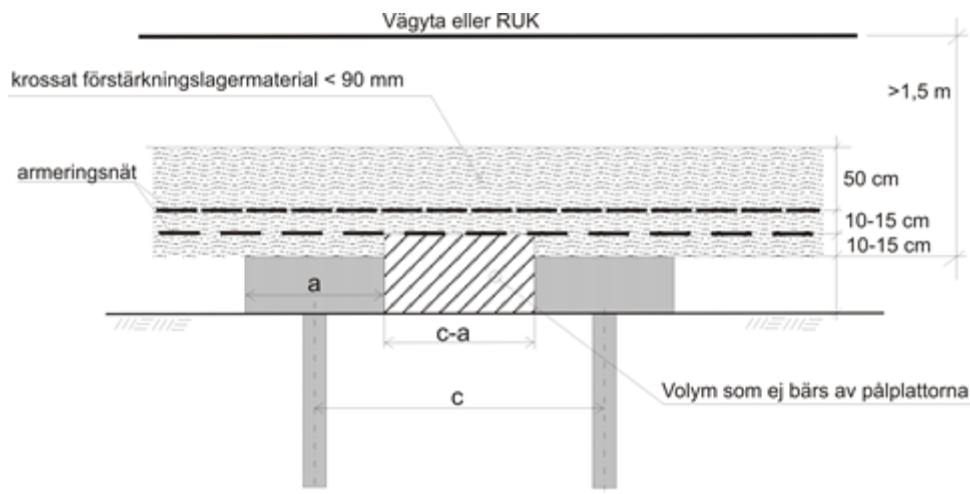
Version

2.0

9.4.1.2. Bankpålning med lastfördelande lager med geosyntetisk armering

K156895

Jordmaterial på och kring geosyntetisk armering ska bestå av krossat förstärkningslagermaterial med max stenstorlek 90 mm. Materialet ska fyllas från pålplattans överkant upp till 0,5 m över det översta nätet, se Figur K9.4-2.



Figur K9.4-2. Principiell utformning av bankpålning med lastfördelande lager med geosyntetisk armering.

K156896

När flera lager geosyntetisk armering används ska avståndet mellan varje lager vara mellan 10 och 15 cm för att full dragkapacitet i bägge näten ska kunna tillgodoräknas.

K156897

Skarvar ska vara förskjutna i förhållande till varandra. Skarv ska placeras över pålplatta.

K156898

Bankhöjd ovan pålplattorna ska överstiga 1,5 m.

K156899

Geosyntet ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBB.4.

9.4.2. Dimensionering

9.4.2.1. Dimensioneringssituationer

K156904

Vid geoteknisk dimensionering av bankpålning ska följande verifieras:

- pålarnas geotekniska bärförmåga enligt avsnitt 9.3.1.
- lastöverföring mellan fyllning och pålar eller pålplattor
- stabilitet i fyllningsslänten i tvärlid och längdled
- töjning i geosyntetisk armering.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

9.4.2.2. Allmänt

K156906

Avstånd mellan pålar ska väljas så att hela lasten av ovanförliggande bank och trafiklast kan tas upp av pålarna.

K156908

Bankpålning ska dimensioneras så att oacceptabla deformationer inte uppkommer mellan pålplattorna.

K156910

Det resulterande horisontella jordtryck som bildas i slänterna ska tas upp av lutande pålar, armering eller en kombination av dessa där följande kraftjämviktsvillkor ska uppfyllas, se Figur K9.4-3:

$$\gamma_F \cdot E_{ajd} \leq R_{pd} + T_d + R_{pjd}$$

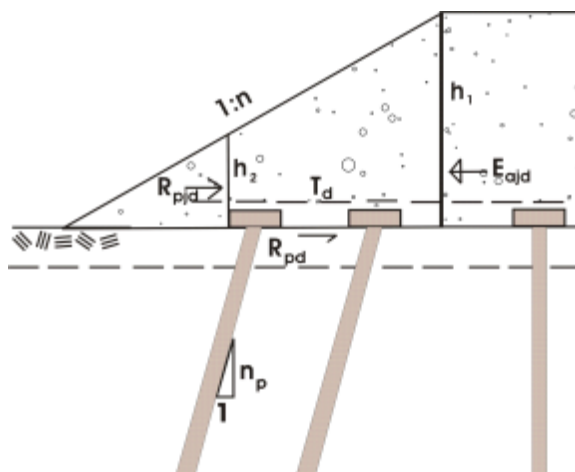
E_{ajd} är dimensionerande aktivt jordtryck som orsakas av konstruktionens egentyngd och trafiklast.

γ_F är lastfaktor för permanent och variabel geoteknisk last som delas upp i $\gamma_{G,g}$ och $\gamma_{Q,g}$ beroende på last.

R_{pd} är lutande pålars dimensionerande horisontalkomponent av axiellast av jordens egentyngd exklusive trafiklast.

T_d är dimensionerande draghållfasthet hos geosyntet enligt avsnitt 10.4.2.1.2.

R_{pjd} är dimensionerande passivt jordtryck av jordkilen utanför sista pålplattan.



Figur K9.4-3. Kontroll av jämviktsvillkor.

K156912

Totalstabiliteten för jordkilen utanför yttersta pålraden ska verifieras.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

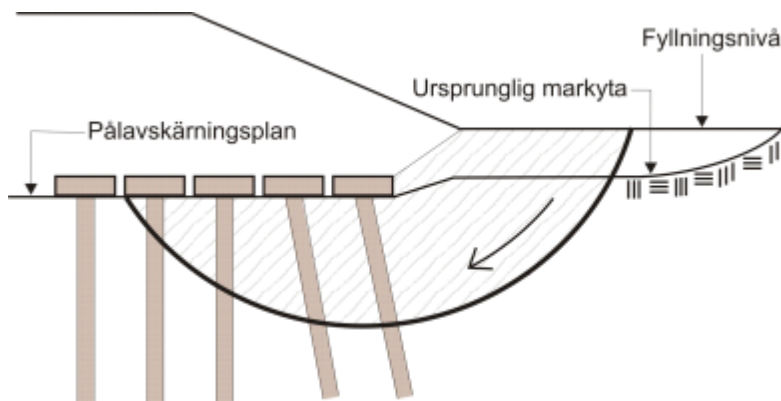
Ej känslig

Version

2.0

K156913

Då omgivande marknivåer i tvär- eller längdled ligger högre än pålavskärningsplanet ska totalstabiliteten in mot bankpålningen verifieras, se Figur K9.4-4.



Figur K9.4-4. Verifiering av stabilitet när omgivande marknivåer är högre än pålavskärningsplanet.

K156914

Sättningar under opålad slänt ska begränsas med hänsyn till påles sidoförskjutning och konstruktiva bärförmåga.

9.4.2.2.1. Dimensionering av jordarmering över bankpålning

K156917

Dimensionering ska utföras så att kraften i armeringen, F_a , inte överstiger armeringens dragkapacitet, T_d .

K156918

Geosyntetens dimensionerande draghållfasthet ska beräknas enligt avsnitt 10.4.2.1.2.

K156920

Töjning inklusive krypning i geosyntet ska vara $\leq 7\%$.

K156921

Nedböjning, d , hos geosyntet mellan pålplattor ska vara ≤ 15 cm.

K156923

Töjning hos nätet ger upphov till sidorörelser hos pålarna, vilket ska beaktas.

9.4.2.2.1.1. Jordarmering för att minska platttäckningsgrad

K156926

Biaxiell armering ska användas dvs. geosyntet som kan ta upp lika stor last i bägge riktningar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

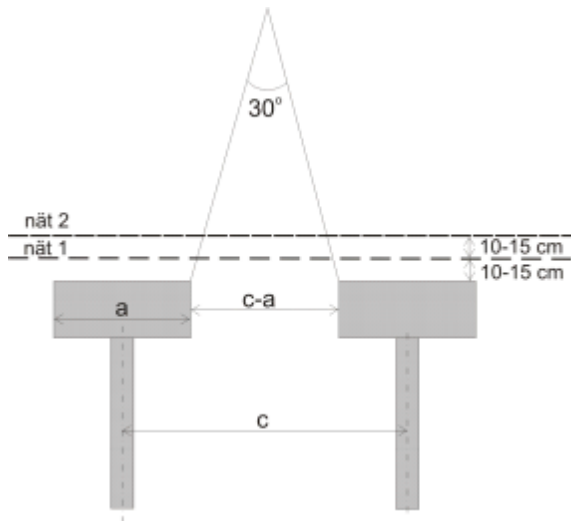
Ej känslig

Version

2.0

K156927

Jordarmering ska dimensioneras så att hela lasten av jordkilen enligt Figur K9.4-5 kan tas upp.



Figur K9.4-5. Jordkil som bärs av armering.

9.4.2.2.1.2. Utdragskapacitet

K156930

Överlappningen vid skarv ska beräknas och ska minst uppgå till 0,5 m.

9.4.2.2.2. Jordarmering för att ta hand om horisontallaster

K156933

Armering får nyttjas för att ta hand om jordtryck utanför yttre pålraden eller för hela slänten då endast vertikala pålar används.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10 Stödkonstruktioner

10.1. Spont

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med drivning eller borrhning för att möjliggöra schakt på ena sidan eller ta upp nivåskillnader. Konstruktionen kan behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

10.1.1. Dimensionering

K156942

Spont ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktioner samt uppkommande jord- och vattentryck, både i temporära och permanenta skeden.

K156944

För permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom sponten. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom sponten, ska beaktas.

10.1.1.1. Brottgränstillstånd

K156946

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas.

K156947

Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.1.1.2 respektive 10.1.1.3 Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

K156948

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning
- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödkonstruktion och undergrund.

K156949

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödkonstruktion ska inverkan av tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

K156951

Vid permanent nyttjande ska krav i TRVINFRA-00227 Bro och broliknande konstruktion beaktas.

K156952

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.1.1.2. Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156954

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.

Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

10.1.1.3. Dimensionering med karakteristiska värden

K156956

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och stål ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

10.1.1.4. Bruksgränstillstånd

K156959

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränsskrav inte överskrids ska utföras.

K156960

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

K156961

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.2. Slitsmur

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med lokal schakt följd av gjutning för att möjliggöra schakt på ena sidan. Varefter schakt bedrivs kan konstruktionen behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.2.1. Dimensionering

K156965

Konstruktionen ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktion samt uppkommande jord- och vattentryck både i temporära och permanenta skeden.

K156967

För permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom slitsmuren. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom slitsmuren, ska beaktas.

10.2.1.1. Brottgränstillstånd

K156969

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas.

Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.2.2.1 respektive 10.2.1.3. Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning och gjutning
- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödkonstruktion och undergrund.

Verifiering av stabiliteten vid lokal schakt följt av gjutning ska minst omfatta dimensioneringsfallen:

- utglidning av jordkil i schaktvägg
- inträngning av stödvätska i omgivande friktionsjord
- utfall av jordmaterial i friktionsjord.

Stabiliteten för schakt vid installation av slitsmur ska verifieras genom beräkning följt av provschakt.

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödkonstruktion ska inverkan av stödvätska samt tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

Råheten hos en slitsmur som utförs med en stödvätska innehållande bentonit eller annat lermineral ska i lera högst uppgå till 0,5 om inte annat kan påvisas.

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.2.1.2. Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156971

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar.

Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

10.2.1.3. Dimensionering med karakteristiska värden

K156973

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och betong ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

10.2.1.4. Bruksgränstillstånd

K156976

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränskrav inte överskrids ska utföras.

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.3. Sekantpålevägg

Förutsättning

Avsnittet avser konstruktion som installeras med drivning, borrhning eller lokal schakt följd av gjutning för att möjliggöra schakt på ena sidan. Varefter schakt bedrivs kan konstruktionen behöva kompletteras med någon form av stöttande system. Konstruktionen belastas främst i byggskedets olika skeden (temporärt), men kan även nyttjas i permanentskedet.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.3.1. Dimensionering

K156980

Konstruktionen ska dimensioneras för laster från ovanliggande konstruktion samt uppkommande jord- och vattentryck.

K156982

För temporära och permanenta konstruktioner ska beaktas att vilojordtryck med tiden kan återskapas bakom sekantpåleväggen. Packningseffekter, som ökar de pådrivande jordtrycken bakom sekantpåleväggen, ska beaktas.

10.3.1.1. Brottgränstillstånd

K156984

Vid beräkning av aktuellt jordtryck mot konstruktionen i olika skeden ska hänsyn tas till inverkan av förskjutningarnas storlek och riktning. Inverkan av tjäle ska beaktas. Verifiering ska göras för det värsta fallet för respektive konstruktionsdel enligt 10.3.1.2 respektive 10.3.1.3 Detta gäller för såväl analytiska jämviktsberäkningar som för samverkansberäkningar.

Vid dimensionering ska minst följande verifieras:

- stabiliteten för schakten i alla riktningar under schaktning och gjutning
- totalstabiliteten för konstruktionen under såväl utförande som permanent skede
- lastöverföring mellan stödskonstruktion och undergrund.

Verifiering av stabiliteten vid lokal schakt följt av gjutning ska minst omfatta dimensioneringsfallen:

- utglidning av jordkil i schaktvägg
- inträngning av stödvätska i omgivande friktionsjord
- utfall av jordmaterial i friktionsjord.

Stabiliteten för schakt vid installation av sekantpålevägg utan foderrör ska verifieras genom beräkning följt av provschakt.

Vid utnyttjande av vidhäftningen mellan jord och stödskonstruktion ska inverkan av stödvätska samt tidsaspekten mellan installation och schakt beaktas.

Råheten hos en sekantpålevägg som utförs med en stödvätska innehållande bentonit eller annat lermineral ska i lera högst uppgå till 0,5 om inte annat kan påvisas.

Konstruktionen ska utformas så att progressiva brott undviks.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.3.1.2. Dimensionering med partialkoefficientmetoden

K156986

Vid dimensionering ska utöver partialkoefficienter på jordparametrarna även partialkoefficienter för laster ansättas på resulterande jordtryck (pådrivande – mothållande). Partialkoefficienterna väljs till:

- $\gamma_{G,g} = 1,1 \cdot \gamma_d$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är > 0 . Lasten betraktas som en permanent ogynnsam geoteknisk last.
- $\gamma_{G,g} = 1,0$ då resultanten av pådrivande och mothållande jordtryck är < 0 . Lasten betraktas som permanent gynnsam geoteknisk last.

Andra laster än jordtryck som verkar direkt på konstruktionen ska betraktas som konstruktionslaster och multipliceras med partialkoefficienter enligt uppsättning B i TSFS 2018:57 för väg- och järnvägsbroar. Effekten av permanenta och variabla laster ska särskiljas. Vid analytiska beräkningsmetoder ska det särskilt beaktas att hållfastheten redan nyttjas varför lastspridning inte får förutsättas genom de potentiella glidplanen i jorden.

För att erhålla representativa strukturella påkänningar för vidare dimensionering ska vid motstridigheter mellan beräkningsresultat baserade på totalstabilitet (lamellmetoden) och rotationsstabilitet (jordtryck mot stödkonstruktion) ska den mest konservativa gälla och mobiliseringsgraden i jorden justeras för att erhålla samma geotekniska säkerhet.

10.3.1.3. Dimensionering med karakteristiska värden

K156988

Vid dimensionering med valda värden med en FE-analys som tar hänsyn till samverkan mellan jord och betong ska snittkrafterna multipliceras med en modellfaktor som är lägst 1,4 vid sega brott och lägst 1,5 vid spröda brott.

10.3.1.4. Bruksgränstillstånd

K156990

En dimensionering i bruksgränstillstånd som visar att tillåtna rörelser eller andra bruksgränskrav inte överskrids ska utföras.

I geoteknisk kategori 3 ska rörelserna beräknas med beaktande av jordens och konstruktionens styvhet.

Resultat från deformationsberäkningar ska verifieras med observationer vid utförandet.

10.4. Stödkonstruktion av armerad jord*Förutsättning*

Avsnittet behandlar jordförstärkning med armerad jord och jordspikning i anslutning till väg- och järnvägsbankar samt konstruktioner som exempelvis stödmurar. Armering kan ske med geonät, geotextil, stålstag eller stålnät.

Kompletterande information om armerad jord finns i SGF Rapport 2:2004.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.4.1. Beständighet
10.4.1.1. Livslängd
10.4.2. Utformning
10.4.2.1. Armerande lager av geosyntet

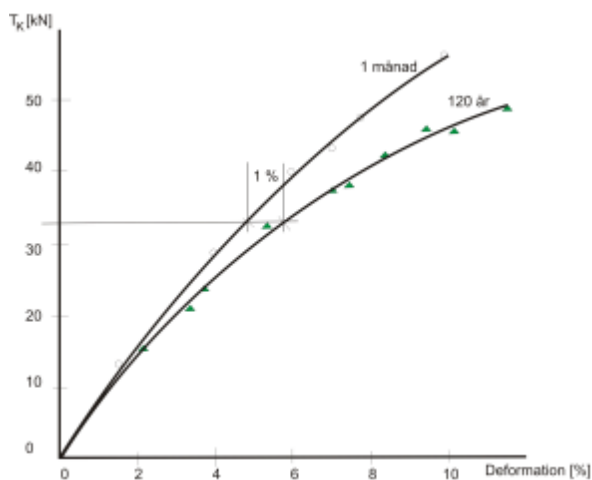
K156998

Armerande lager av geosyntet ska uppfylla "Material- och varukrav" enligt AMA 20 DBB.4.

10.4.2.1.1. Karakteristisk draghållfasthet

K157000

Karaktäristisk draghållfasthet ska bestämmas på basis av krypförsök enligt SS-EN ISO 13431. Vid bestämning av karakteristisk draghållfasthet ska hänsyn tas till krypning. Utvärdering av karakteristisk draghållfasthet ska ske ur isochronkurva för aktuell deformation, se Figur K10.4-1. Vid bestämningen ska hänsyn tas till konstruktionens livslängd.



Figur K10.4-1. Exempel på isochronkurva som utvärderats för 1 % deformation under geosyntetens livslängd och ca 5 % under byggtiden.

Beräkning av karakteristisk draghållfasthet med hänsyn till krypning görs med hjälp av korrektionsfaktor enligt:

$$T_k = T_b / RF_{CR}$$

RF_{CR} ska bestämmas enligt SS-EN ISO 13431.

T_b är draghållfasthet vid brott som erhålls genom korttidsförsök enligt SS-EN ISO 10319.

10.4.2.1.2. Dimensionerande draghållfasthet

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

K157004

Vid bestämning av dimensionerade draghållfasthet ska den karakteristiska hållfastheten korrigeras för installationsskador och beständighet enligt:

$$T_d = T_k / RF_W \cdot RF_{CH} \cdot RF_{ID} \cdot \gamma_M$$

γ_M är partialkoefficient för geosynteter som sätts till 1,1.

RF_W , RF_{CH} och RF_{ID} är korrektionsfaktorer enligt AMA 20 DBB.4.

Då dimensionerande draghållfasthet fördelas mellan flera geosynteter ska arbetskurvorna för de valda produkterna harmoniera med varandra. I annat fall ska en numerisk beräkning visa att det fungerar.

10.4.2.2. Fyllnadsmaterial

K157006

Fyllnadsmaterial närmast över geosynteten ska bestå av ett välgraderat friktionsmaterial och anpassas till vald produkt. Fyllnadsmaterialets lagertjocklek ska vara minst 0,3 m. Största stenstorlek får inte överstiga 125 mm.

10.4.2.3. Stålarmering**10.4.2.3.1. Karakteristisk draghållfasthet**

K157009

Stål med en brottöjning $\geq 5\%$ och sträckgräns, $F_{yk} \leq 600$ MPa, ska användas.

10.4.2.3.2. Dimensionerande draghållfasthet

K157012

Den dimensionerande draghållfastheten ska sättas till 50 % av sträckgränsen enligt:

$$T_d = 0,5 \cdot F_{yk} / \gamma_M$$

γ_M är partialkoefficient för stål som sätts till 1,0.

10.4.2.3.3. Beständighet

K157014

För att uppfylla krav på beständighet ska stålarmering skyddas genom avrostningsmån, korrosionsskydd eller en kombination av dessa. Korrosionsskyddande beläggning ska utformas så att den inte skadas under installationen och därigenom förlorar sin funktion.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.4.3. Dimensionering av jordarmerad stödmur

10.4.3.1. Geoteknisk kategori

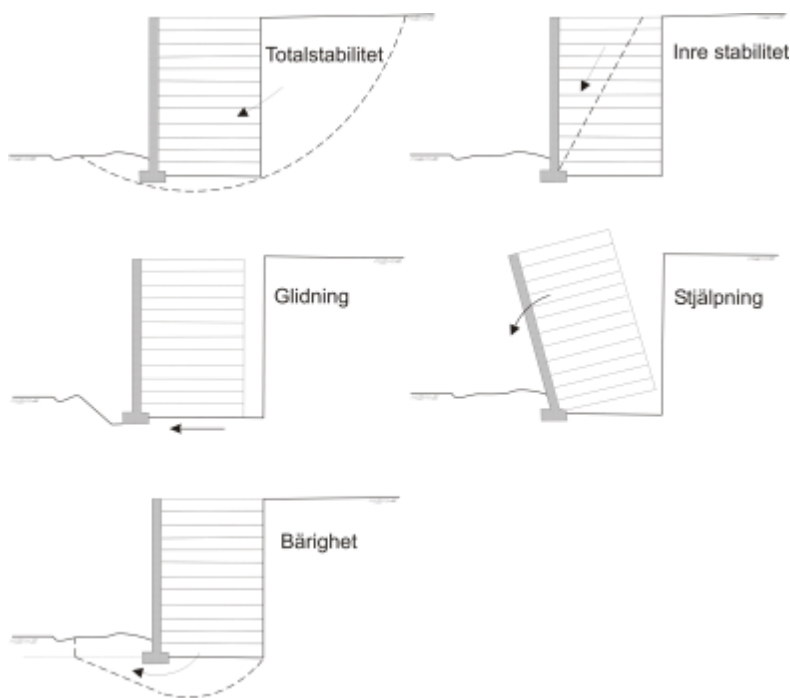
10.4.3.2. Brottgränstillstånd

K157021

Påverkas konstruktionen av vattentryck ska visas att vattentrycket inte påverkar konstruktionens stadga, bärrighet och beständighet.

Dimensionering i brottgränstillstånd, se Figur K10.4-2, ska utöver betryggande totalstabilitet omfatta:

- inre stabilitet enligt avsnitt 10.4.3.2.2
- glidning, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.3
- stjälpning, beräknas enligt avsnitt 10.4.3.2.3
- bärrighet, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.2.



Figur K10.4-2. Brottgränstillstånd vilka ska kontrolleras för jordarmerad stödmur.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.4.3.2.1. Friktion

K157042

För att ta hänsyn till begränsad friktion mellan jord och armering ska en reduktionsfaktor, α , användas. Friktionen mot armeringen blir då $\alpha \cdot \tan \varphi'$, där φ' är jordens friktionsvinkel. Faktorn α ska väljas enligt Tabell K10.4-1 alternativt används värden från skjuv- eller utdragsförsök.

Tabell K10.4-1. Reduktionsfaktor, α , för friktion mellan armering och jord (skarv avser glidning mellan två geosynteter).

Armeringstyp	Jordart			
	Lera/Silt	Sand	Morän	Krossmaterial
Geonät	0,8	0,9	0,95	1,0
Geotextil	0,7	0,7	0,7	0,8
Nätskarv	0,5	0,6	0,6	0,7
Textilskarv	0,3	0,4	0,4	0,5

För att ta hänsyn till begränsad friktion mellan stål och jordmaterial ska en reduktionsfaktor, α , användas vilken ska baseras på värden från utdragsförsök.

10.4.3.2.2. Inre stabilitet

K157023

I brottgränstillstånd ska dimensionering av inre stabilitet ske med hänsyn till:

- brott i armeringen
- utdragsbrott/förankringslängd
- brott i fasad.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

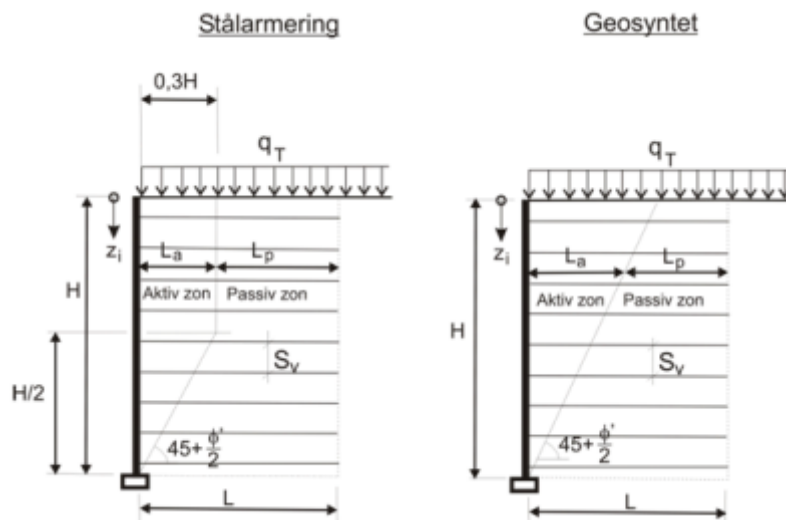
Version

2.0

10.4.3.2.2.1. Brott i armeringen

K157025

Armeringen ska väljas så att dimensionerande draghållfasthet, T_d , blir större än eller lika med lasteffekten i armeringen för varje lager i , $F_{arm,i}$.



Figur K10.4-3. Aktiv zon vid stålarmering och geosyntetisk armering.

10.4.3.2.2.2. Utdragsbrott

K157028

Dimensioneringen ska utföras för samtliga lager och så att utdragsbrott inte sker. Förankringslängden i den passiva zonen ska vara minst 1,0 m

10.4.3.2.2.3. Fasad

K157031

Fasaden ska dimensioneras för de krafter som verkar på denna så att bärförmågan i fasaden, T_{fasad} , är större än den beräknade kraften, F_{fasad} .

10.4.3.2.3. Stjälplning

K157035

Den jordarmerade konstruktionen ska dimensioneras mot stjälplning.

10.4.3.3. Dimensionering bruksgränstillstånd

K157039

Vid dimensionering i bruksgränstillstånd ska hänsyn tas till att armeringens hållfasthet är tidsberoende.

Krypningen i geosynteten under konstruktionens livslängd efter färdigställande får maximalt uppgå till 1 % för väg- och järnvägsbankar och till 0,5 % intill brostöd.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

10.4.4. Dimensionering av brant slänt med jordspikning**10.4.4.1. Brottgränstillstånd**

K157046

Dimensionering i brottgränstillstånd ska utöver betryggande totalstabilitet omfatta:

- inre stabilitet, enligt avsnitt 10.4.4.1.1
- glidning, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.3
- stjälpning, enligt avsnitt 10.4.3.2.3
- fasad enligt avsnitt 10.4.4.1.3
- grundbrott, beräknas på samma sätt som för plattor enligt avsnitt 9.2.1.2.

10.4.4.1.1. Inre stabilitet

K157049

Jordspikning ska dimensioneras för brott i jordspik och utdragning av jordspik. Slänt armerad med jordspikar ska dimensioneras med förutsättning att 5% av jordspikarna är överksamma, dock minst en.

K157050

Jordspikars utdragskapacitet, ska verifieras genom provdragning enligt avsnitt 10.4.4.1.2.

10.4.4.1.2. Verifiering av utdragskapacitet

K157053

Beräknade värden på bärförmågan, t_n , ska verifieras genom provbelastning av jordspikar, vilka dras till brott.

Karakteristisk utdragskapacitet från provning är:

$$r_k = R_k / L_f$$

 L_f är förankringslängden hos provspiken. R_k är karakteristiska bärförmågan hos provspiken.

Den karakteristiska bärförmågan, R_k , från provbelastningarna ska bestämmas som det minsta värdet av den uppmätta medelbärförmågan, R_{medel} , och det minsta uppmätta enskilda värdet, R_{min} , enligt:

$$R_k = R_{medel} / \xi_1$$

$$R_k = R_{min} / \xi_2$$

ξ_1 och ξ_2 är korrelationskoefficienter som beror av antal provningar enligt Tabell K10.4-2.

Tabell K10.4-2 Korrelationskoefficienter för bestämning av karakteristiska värden från provbelastning av jordspik.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

ξ för n=		1	2	3	4	≥ 5
ξ_1		1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2		1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

n avser antal provade spikar inom kontrollobjektet.

Dimensionerande utdragskapacitet erhålls genom:

$$r_d = \frac{r_k}{\gamma_R \cdot \gamma_{Rd}}$$

 γ_R är partialkoefficient för utdragskapacitet och sätts till 1,0.

 γ_{Rd} är en modellfaktor som tar hänsyn till systematiska fel och osäkerheter förknippade med metoden och kan väljas till 1,5 för krypförsök (ML-test) och 2,0 för korttidsförsök.

Den genom provning erhållna dimensionerande utdragskapaciteten ska vara större än den antagna utdragskapaciteten enligt:

$$t_n \leq r_d$$

10.4.4.1.3. Fasad

K157055

Fasaden ska dimensioneras för de laster som verkar på den.

10.4.4.2. Bruksgränstillstånd

K157059

Den jordspikade konstruktionen ska dimensioneras så att inga skadliga deformationerna uppkommer.

10.4.5. Dimensionering av flack slänt med jordspikning

Förutsättning
Med flack slänt avses här en slänt med lutning 60° eller flackare.

10.4.5.1. Brottgränstillstånd

K157064

 En jordspikad flack slänt ska dimensioneras så att de krafter som uppkommer i spikarna inte överskrider spikarnas utdragskapacitet eller deras dragkapacitet. Jordspikars utdragskapacitet, t_n , ska verifieras genom provdragning enligt avsnitt 10.4.4.1.2. Fasaden ska dimensioneras för att klara den kraft, F_y , som verkar på den.

10.4.5.2. Bruksgränstillstånd

K157067

En jordspikad konstruktion ska dimensioneras så att inga skadliga deformationer uppkommer. Vid naturliga slänter utan fasad ska säkerställas att erosion och ytliga glidytor inte kan uppkomma.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

11 Referenser

I detta dokument redovisas inga referenser.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Bilaga A Bestämning av materialegenskaper hos jord

A.1 Empiriska samband och empiriska värden för egenskaper hos jord

A.1.1 Tunghet

Tabell A1-1. Empiriska värden på jords tunghet för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Tunghet, kN/m ³		För friktionsjord motsvarar värdena empiriska medelvärden för naturligt lagrad jord med minst <u>mellanfast</u> lagringstäthet samt utfylld jord som packats enligt AMA 17.
	Naturfuktig jord över GVV	Effektiv tunghet under GVV	
Förstärkningslagermaterial*	22	-	
Makadamballast	17	-	
Underballast	19	-	
Grovkrossad sprängsten	20	13	Om sten- och blockhalten i friktionsjord överstiger 15 % ökas tungheten med:
Sorterad sprängsten	18	11	1 kN/m ³ ö GVV
Sprängsten	18	11	0,5 kN/m ³ u GVV.
Grovkornig mineraljord	20	13	För jord med mycket lös och lös lagringstäthet görs avdrag med:
Grus	19	12	2 kN/m ³ ö GVV
Grusig morän	20	13	1 kN/m ³ u GVV
Sand	18	10	
Sandig morän	20	12	Värden för lera, gyttja och torv avser vattenmättad jord.
Silt	17	9	
Siltig morän	20	11	
Lera	17	7	*Vid dimensionering mot upplyftning används 20 kN/m ³
Lermorän	22	12	
Gyttja	14	4	
Torv	11-13	1-3	

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

A.1.2 Vilojordtryckskoefficient

För normalkonsoliderad jord

<i>Jordart</i>	<i>Empiriskt samband, K_0</i>
<i>Friktionsjord och siltjord</i>	$1 - \sin \phi_d'$
<i>Lera</i>	$0,31 + 0,71(w_L - 0,2)$
<i>Varvig och skiktad ler- och siltjord</i>	0,5
<i>Gyttja</i>	0,6

För överkonsoliderad lera får K_0 sättas till $K_{0(NC)} \times OCR^{0,55}$.

A.1.3 Horisontalspänningar

Horisontalspänningar i jord, σ'_{H0} , får empiriskt bestämmas genom utnyttjande av empiriskt framtagen vilojordtryckskoefficienten K_0 , i sambandet $K_0 = \sigma'_{H0} / \sigma'_0$.

A.1.4 Deformationsegenskaper i kohesionsjord

A.1.4.1 Överkonsolideringsgrad

En grov uppskattning av överkonsolideringsgraden kan göras ur Hansbos relation $OCR = \tau / \sigma'_0 \cdot 0,45 \cdot w_L$, där τ är odränerad, okorrigerad skjuvhållfasthet direkt från kon- eller vingförsök.

Överkonsolideringsgraden får beaktas utan provning om den är uppenbar, t.ex. för lermoräner. Se vidare SGI Information 3.

A.1.4.2 Elasticitetsmodul (sekantmodul)

Elasticitetsmodulen under odränerade förhållanden kan uppskattas på basis av jordtyp och odränerad skjuvhållfasthet.

Sekantmodulen, E_{50} , för påkänningar upp till halva brottpåkänningen, kan antas vara:

1000 · c_u för siltig lera

500 · c_u för lågplastisk lera

250 · c_u för högplastisk och gyttjig lera

150 · c_u för gyttja.

A.1.4.3 Kompressionsmodul (ödometermodul)

I de fall horisontaltöjningarna kan anses försumbara, t.ex. då lastens utbredning är stor i förhållande till jorddjup, beskriver kompressionsmodulen de vertikala töjningarna.

Kompressionsmodulens spänningsberoende kan antas vara enligt Figur A1-1.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

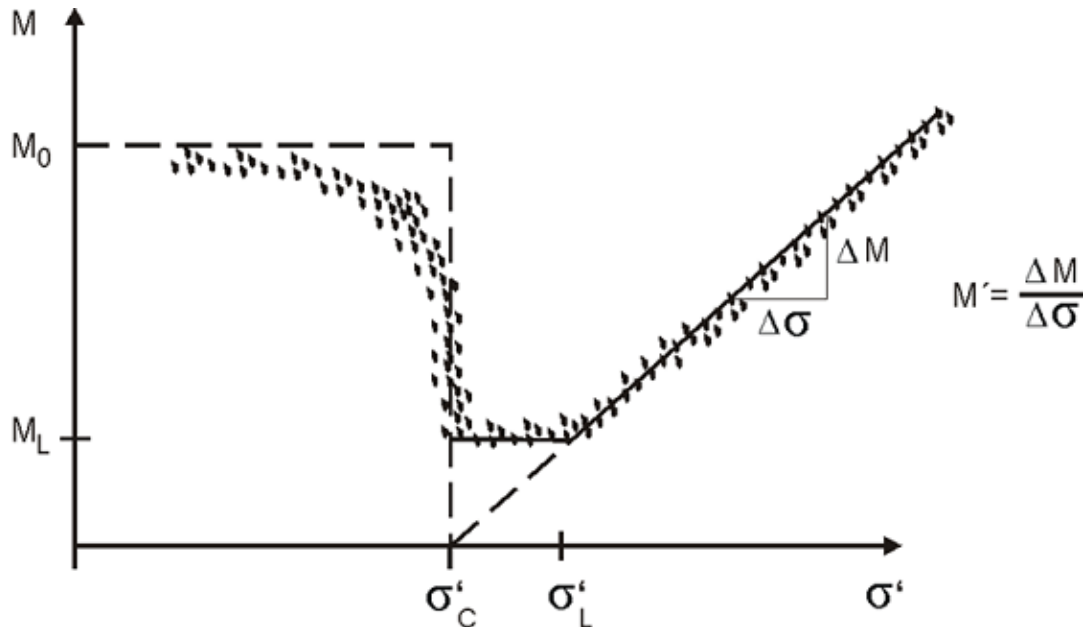
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A1-1. Kompressionsmodulens variation med spänning.

Sekantmodulen för spänningar under förkonsolideringstrycket, M_0 , kan uppskattas med samma relationer som för E50. Mellan elasticitetsmodulen E och kompressionsmodulen (ödometernmodulen) M , råder under dränerade förhållanden sambandet:

$$M = E \frac{1 - \nu}{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}$$

ν är tvärkontraktionstalet, som har ett initialt värde av cirka 0,1 och som ökar med ökad töjning. För ett inkompressibelt material, t.ex. vattenmättad lera under odränerade förhållanden är tvärkontraktionstalet strax under 0,5.

A.1.4.4 Skjuvmodul

För normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad kohesionsjord ($OCR < 1,5$) kan den initiala skjuvmodulen, G_0 , uppskattas ur:

$$G_0 = 504 \cdot c_u / w_L$$

A.1.4.5 Avlastningsmodul

För svagt överkonsoliderad lera kan avlastningsmodulen, M_{ul} , bestämmas som:

$$M_{ul} = 10 \cdot \sigma'_c \cdot e^{5(\sigma'/\sigma'_c)}$$

e är naturliga logaritmen. Se även "Persson 2004".

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

A.1.4.6 Kryppparametrar

Krypningen i ödometerfallet kan beräknas med hjälp av parametrarna $\alpha_s \max$ och β_{α_s} . Empiriska erfarenhetsvärden framgår av Tabell A1-2, se även SGI Information 13. *Tabell A1-2. I Empiriska riktvärden för kryppparametrarna $\alpha_s \max$ och β_{α_s} vid olika vattenkvot.*

Lera			Gyttjig lera, Gyttja, Sulfidlera, Mycket kalkhaltig lera		
w_N (%)	$\alpha_s \max$	β_{α_s}	w_N (%)	$\alpha_s \max$	β_{α_s}
25	0,000	0,000	25	0,000	0,000
30	0,002	0,027	50	0,007	0,030
40	0,006	0,031	75	0,016	0,033
50	0,010	0,035	100	0,021	0,035
60	0,014	0,039	125	0,026	0,038
70	0,018	0,043	150	0,030	0,040
80	0,021	0,046	200	0,036	0,046
90	0,025	0,049	250	0,040	0,051
100	0,029	0,053	300	0,044	0,055
110	0,033	0,057	350	0,047	0,058
120	0,037	0,061	400	0,050	0,061

Alternativt kan krypningen beräknas med hjälp av kryptalet r_s , se "Olsson, Alén 2009". Mellan sekundära konsolideringskoefficienten α_s och r_s råder sambandet $r_s = \ln 10 / \alpha_s$.

A.1.5 Deformationsegenskaper i torv

A.1.5.1 Förkonsolideringstryck

För torvmark som endast i mindre grad påverkats av utdikning eller fyllning kan förkonsolideringstrycket sättas lika med in situ spänningen.

A.1.5.2 Elastitetsmodul

Elasticitetsmodulen kan uppskattas till:

300 kPa för lågförmultnad torv och mellantorv
 150·cu för högförmultnad torv.

A.1.5.3 Kompressionsmodul

Kompressionsmodulens spänningsberoende och samband mellan kompressionsparametrar och torvens vattenkvot kan uppskattas enligt Figur A1-2. Sambanden avser lågförmultnad torv och mellantorv med vattenkvot i intervallet 500 % < w < 1500 %.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

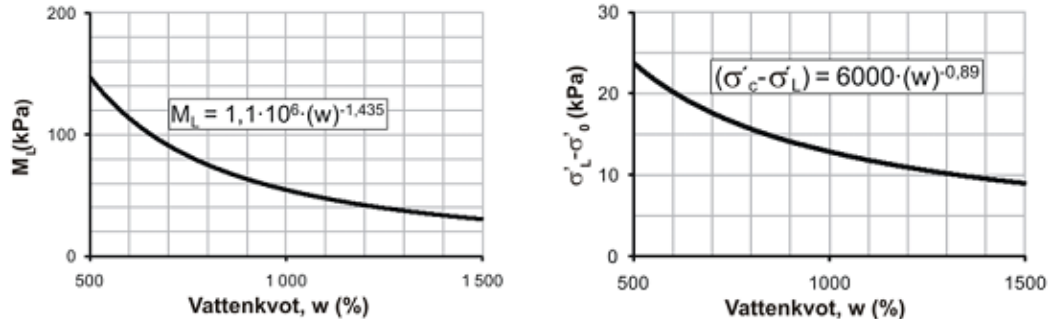
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A1-2. Samband mellan M_L och vattenkvot samt $(\sigma'_L - \sigma'_c)$ och vattenkvot. M' i torv kan oberoende av vattenkvoten sättas till 7.

A.1.5.4 Skjuvmodul

Bestämning av den initiella skjuvmodulen, G_0 , i torv kan uppskattas ur:

$$G_0 = 13800 \cdot w_N^{-0,67} \cdot \sigma'_0^{0,55}$$

Skjuvmodulen reduceras beroende på deformationsstorleken enligt Figur A1-6.

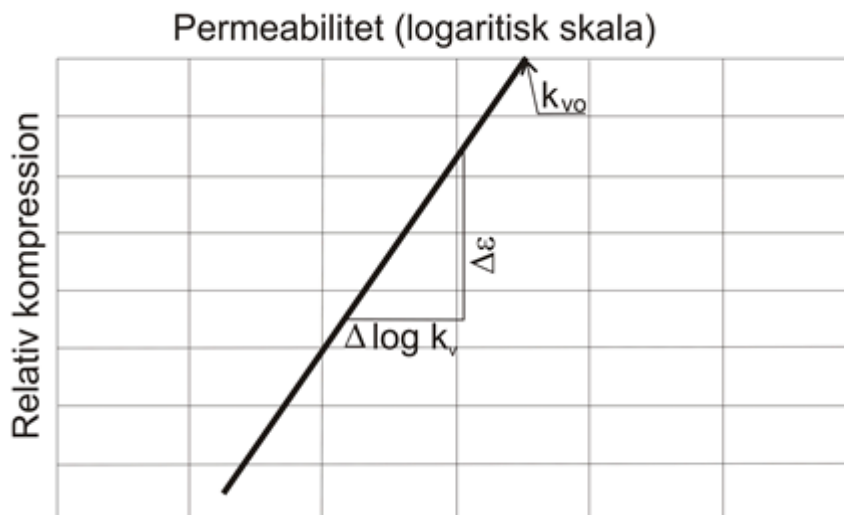
A.1.5.5 Kryppparametrar

För torv kan kryppparametern antas till, $\alpha_s \max = 0,025$. β_s kan sättas till 0.

A.1.5.6 Permeabilitet

Torvjordar har i naturligt tillstånd relativt hög permeabilitet, $10^{-7} < k_{v0} < 10^{-5}$ m/s. Då torven komprimeras minskar permeabiliteten drastiskt, vilket beskrivs av Figur A1-3 och sambandet:

$$k_v = k_{v0} \cdot 10^{-\beta \cdot \varepsilon}$$



Figur A1-3. Beskrivning av permeabilitetens beroende av kompressionen.

För torvjordar är det inte ovanligt att permeabiliteten är en tusendel av den ursprungliga vid 50 % komprimering (motsvarar $\beta=6$). k_{v0} och β kan väljas enligt Figur A1-4.

Sambanden avser lågförmultnad och mellantorv med vattenkvot i intervallet 500 % < w < 1500 %.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

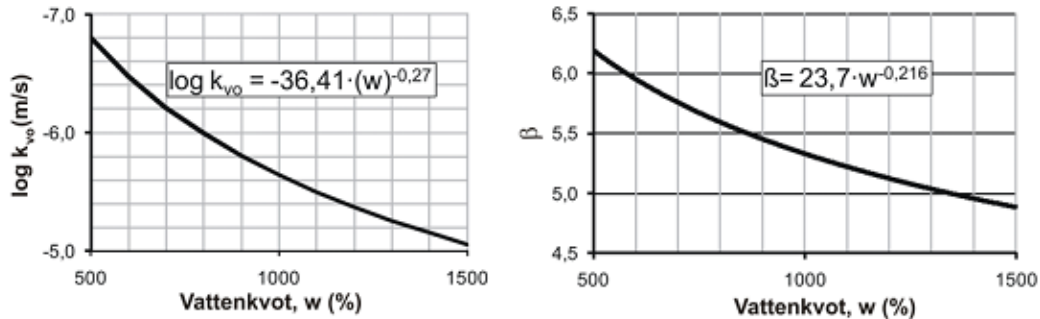
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A1-4. Samband mellan k_{v0} och vattenkvot samt β och vattenkvot.

A.1.6 Deformationsegenskaper i silt och friktionsjord

Förkonsolideringstryck i friktionsjord ska inte beaktas utan återspeglas av modulen. Modulens töjningsberoende ska beaktas.

A.1.6.1 Kompressionsmodul

För friktionsjord kan kompressionsmodulen beskrivas som:

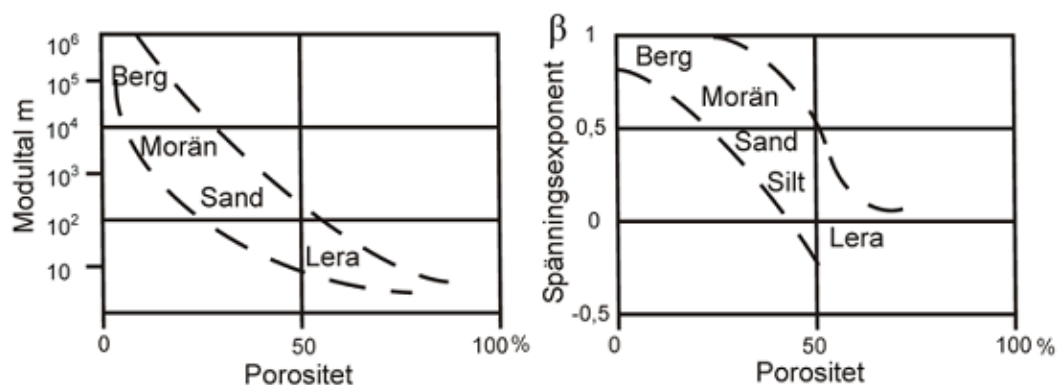
$$M = m \cdot \sigma_j \left(\frac{\sigma'_0}{\sigma_j} \right)^{1-\beta}$$

m är kompressionsmodultalet.

β är spänningsexponent.

σ_j är ett jämförelsetryck som sätts till 100 kPa.

Empirisk bestämning av kompressionsmodulen kan göras med hjälp av värden på m och β som återfinns i Figur 1.2-5.



Figur A1-5. Parametrarna m och β för olika jordar som funktion av porositet.

A.1.6.2 Elasticitetsmodul

Vid nyttjande av empiri får värden på elasticitetsmodulen för friktionsjord användas enligt Tabell A1-3.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Tabell A1-3. Karakteristiska värden på elasticitetsmoduler för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Elasticitetsmodul, MPa	
	Löst lagrad ²	Fast lagrad ^{1, 2}
Förstärkningslagermaterial	-	50
Makadamballast	-	50
Underballast	-	50
Krossad sprängsten	-	50
Sorterad sprängsten	-	50
Sprängsten	-	50
Grovkornig mineraljord	10	30
Grus	10	40
Grusig morän	10	40
Sand	5	20
Sandig morän	5	20
Silt	2	10
Siltig morän	2	10

¹Fyllningsmaterial som packats enligt AMA 13 kan förutsättas vara fast lagrad.
²Lagringstäthet kan beskrivas med resultat från fältundersökningar enligt Figur 5.2-9.

Elasticitetsmodulen kan bedömas med hjälp av kompressionsmodulen. För friktionsjord är $E \approx 0,74 \cdot M$.

A.1.6.3 Skjuvmodul

Ett förenklat uttryck för den initiella skjuvmodulen G_0 (kPa) är:

$$G_0 = K_1 \cdot (\sigma'_m)^{0,5}$$

K_1 kan antas variera mellan 15 000 och 30 000 beroende på material och packningsgrad.

Det lägre värdet används för sand och det högre för krossmaterial.

σ'_m är medeleffektivspänningen (kPa).

Skjuvmodulen, G , hos friktionsjord är starkt beroende av storleken på deformationen. För att bedöma skjuvmodulen vid aktuell skjuvtöjning reduceras den initiella skjuvmodulen, G_0 , enligt Figur A1-6.

I en konstruktion med måttliga deformationer är skjuvtöjningarna i storleksordningen 0,03 – 0,1 %. I en bankropp med stora deformationer kan skjuvtöjningarna uppgå till ca 0,5 %.

Den initiella skjuvmodulen, G_0 , samt dämpningen kan även uppskattas enligt SGI Information 17.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

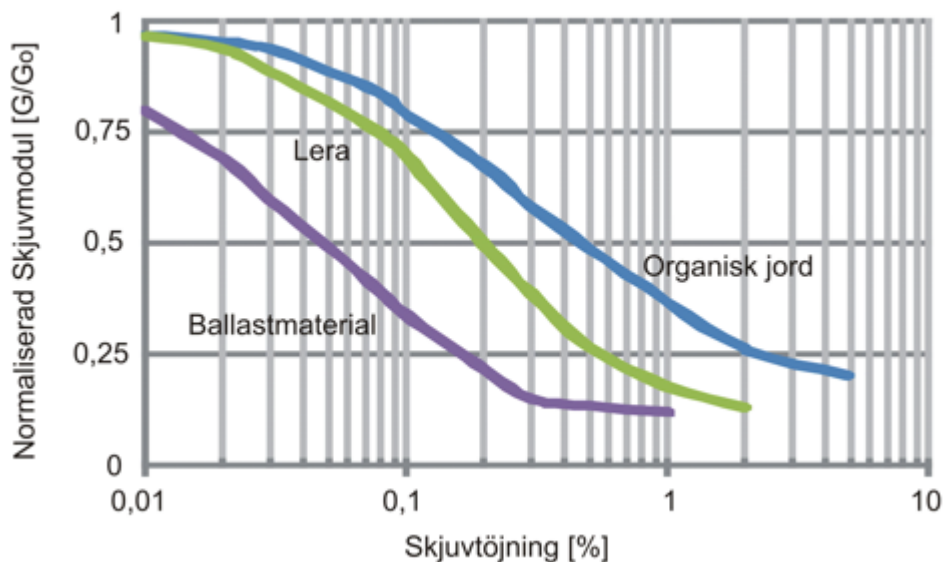
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A1-6. Skjuvmodulens beroende av skjuvtöjning för olika jordmaterial.

A.1.7 Hållfasthetsegenskaper i kohesionsjord

A.1.7.1 Odränerad skjuvhållfasthet

Odränerad skjuvhållfasthet beror av typ av jord, belastningsriktning och överkonsolideringsgrad.

Normalt indelas den odränerade skjuvhållfastheten med hänsyn till belastningsriktning i aktiv, direkt och passiv skjuvning, enligt Figur A1-7.

Den odränerade skjuvhållfastheten kan empiriskt bestämmas på basis av jordens förkonsolideringstryck genom sambandet:

$$c_u = a \cdot \sigma'_c$$

a är en konstant som beror av jordart.

För lera och lerig silt kan a sättas till:

0,33	vid aktiv skjuvning
$0,13 + 0,17 w_L$	vid direkt skjuvning
$0,06 + 0,23 w_L$	vid passiv skjuvning.

För gyttjig och dyig jord sker en förändring av parametern a då den organiska halten överstiger cirka 2 %. Vid aktiv skjuvning kan a antas öka linjärt från 0,33 till 0,5 då den organiska halten ökar från 2 till 6 %, för att därefter vara konstant. Vid direkt skjuvning och passiv skjuvning kan a antas öka linjärt från 0,33 till 0,4 då den organiska halten ökar från 2 till 20 %, för att därefter vara konstant. Se vidare SGI Rapport 38.

Den uppmätta skjuvhållfastheten från vingförsök eller CPT representerar skjuvhållfastheten vid direkt skjuvning. Normalt kan den också antas utgöra ett medelvärde av jordens skjuvhållfasthet i olika riktningar.

För lermorän kan för samtliga belastningsfall antas att $a = 0,4$, se även SGI Rapport 59.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

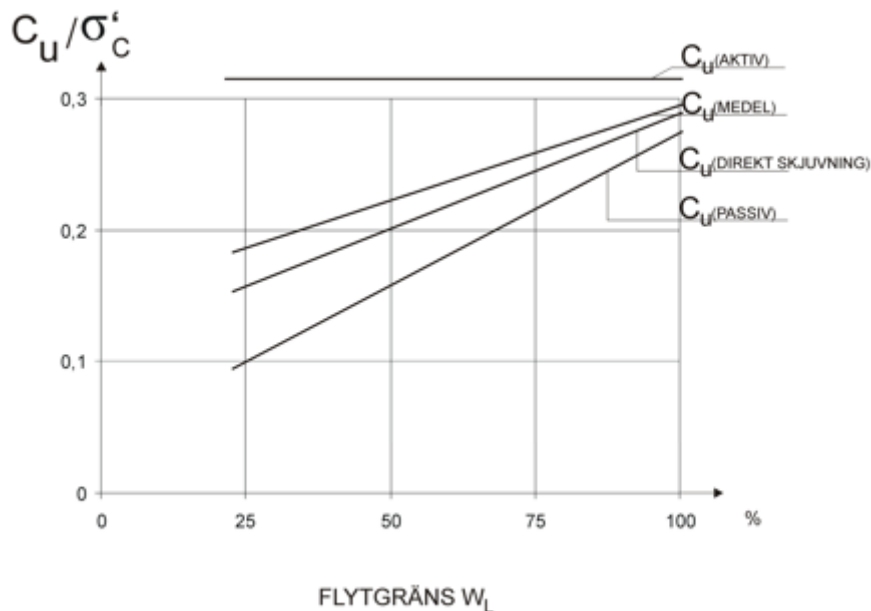
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A1-7. Indelning av skjuvhållfasthet i huvudtyper. Relation mellan skjuvhållfasthet och förkonsolideringsstryck som funktion av konflytgräns.

Hänsyn till inverkan av överkonsolideringsgrad kan göras med uttrycket:

$$c_u = a \cdot \sigma'_c / OCR^{1-b}$$

där materialparametern b varierar mellan 0,7 och 0,9 och kan antas till 0,8. För lermorän antas $b=0,85$.

A.1.7.2 Dränerad skjuvhållfasthet

Den dränerade skjuvhållfastheten i finjord beskrivs med de effektiva hållfasthetsparametrarna c' och ϕ' .

I lera, lerig silt och gyttjig lera kan antas att:

$$\phi' = 30^\circ$$

$$c' = 0,1 \cdot c_u \text{ alternativt } 0,03 \cdot \sigma'_c$$

För "baltisk lermorän" kan värden enligt ovan antas, medan friktionsvinkeln i den grövre lermoränen "nordostmorän" kan antas vara 32° .

A.1.8 Hållfasthetsegenskaper i torv

Skjuvhållfastheten för normalkonsoliderad torv, dvs. lågförmultnad torv och mellantorv, som skjuvas för första gången kan beskrivas med $c' = 2$ kPa och $\phi' = 28^\circ$. Vid normalspänning under 13 kPa medför fibrernas drag- och förankringsstyrka att den skenbara kohesionen ökar till 5 kPa medan friktionsvinkeln sjunker mot noll.

För högförmultnad torv kan den dränerade hållfastheten antas till samma värden som för gyttja.

A.1.9 Hållfasthetsegenskaper i friktionsjord

I grovkornig jord sätts $c' = 0$.

Vid användning av empiri ska karakteristiska värden för olika jordars friktionsvinkel användas enligt Tabell A1-4.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

Tabell A1-4. Karakteristiska värden för friktionsvinkel som funktion av lagringstäthet för vanliga krossmaterial och naturliga material.

Material/Jordart	Friktionsvinkel °	
	Löst lagrad ²	Fast lagrad ^{1, 2}
Förstärkningslagermaterial	-	45
Makadamballast	-	42
Underballast	-	45
Grovkrossad sprängsten	-	45
Sorterad sprängsten	-	45
Sprängsten	-	45
Grovkornig mineraljord	30	37
Grus	30	37
Grusig morän	38	45
Sand	28	35
Sandig morän	35	42
Silt	26	33
Siltig morän	33	40

¹Fyllningsmaterial som packats enligt AMA 13 kan förutsättas vara fast lagrad.
²Lagringstäthet kan beskrivas med resultat från fältundersökningar enligt Figur 5.2-9.

Friktionsvinkeln ϕ' varierar med lagringstäthet och spänningsnivå, se SGI information 3.

A.2 Provningsmetoder för utvärdering av egenskaper

A.2.1 Porvattentryck

Porvattentrycket mäts med slutna portrycksspetsar i finkornig jord, se VV Publ. 1990:41. Negativa portryck kan mätas med slutna portrycksspetsar, se SGI Information 16.

A.2.2 Horisontaltryck

Horisontaltrycket i jorden kan utvärderas ur resultaten från dilatometerförsök, se SGI Information 10.

A.2.3 Deformationsegenskaper i kohesionsjord

A.2.3.1 Förkonsolideringstryck

Förkonsolideringstrycket kan bestämmas med ödometerförsök utförda som CRS-försök eller stegvisa ödometerförsök.

Försök på lermorän kan utvärderas enligt SGI Varia 480.

I normalkonsoliderad och svagt överkonsoliderad jord kan bestämning av förkonsolideringstrycket även göras ur resultat från dränerade och odränerade triaxialförsök.

En grov uppskattning av förkonsolideringstrycket kan erhållas ur resultat från CPT-sondering och dilatometerförsök.

A.2.3.2 Skjuvmodul

I normalkonsoliderad jord används i första hand seismisk CPT-sondering för bestämning av skjuvmodul.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

I överkonsoliderad jord är skjuvmodulen mer anisotrop och kan bestämmas med seismisk CPT-sondering eller mellanhålsseismik och med horisontell eller vertikal vågrörelse beroende på vad som är relevant för det aktuella fallet, se vidare SGI Information 17. Initiell skjuvmodul, G_0 [Pa] kan beräknas ur resultat från ytvågsseismik, genom mätning av skjuvvågshastigheten, c_s [m/s].

$$G_0 = \rho \cdot c_s^2$$

ρ är jordmaterialets skrymdensitet [kg/m³].

Bestämning av initiell skjuvmodul i laboratoriet kan utföras med Bender elements.

Skjuvmodulen vid större töjningar bestäms med direkta skjuvförsök eller triaxialförsök.

I fasta leror ($c_u > 50$ kPa) och grövre jord kan skjuvmodulens variation med töjnings- och spänningsnivå mätas genom pressometerförsök med på- och avlastningscykler.

A.2.3.3 Kompressionsmodul under förkonsolideringstrycket

Pålastningsmodul för spänningar under förkonsolideringstrycket kan bestämmas genom ett rekonsoliderat pålastningsförsök i ödometer alternativt med triaxialutrustning.

För överkonsoliderad jord kan pålastningsmodulen uppskattas från dilatometerförsök.

Avlastningsmodul kan bestämmas genom på- och avlastningscykler i ödometerförsök alternativt med triaxialutrustning.

På grund av störning kan jordens deformationsegenskaper vid spänningar under förkonsolideringstrycket inte korrekt simuleras med laboratorieförsök på upptagna prover. De i laboratoriet bestämda på- och avlastningsmodulerna är normalt för låga.

A.2.3.4 Kompressionsmodul över förkonsolideringstrycket

Kompressionsmodul för spänningar över förkonsolideringstrycket kan bestämmas med hjälp av ödometerförsök. Utvärdering av försök på lermörän kan ske enligt SGI Varia 480.

A.2.3.5 Kryppparametrar

Kryppparametrar bestäms genom stegvisa ödometerförsök.

A.2.3.6 Permeabilitet

Permeabiliteten bestäms genom CRS-försök eller genom permeabilitetsförsök.

A.2.4 Deformationsegenskaper i torv

Kompressionsegenskaperna hos torv bestäms med hjälp av kompressometer, se SGI Information 6. Prover som testas ska vara tillräckligt stora för att representera torvens inhomogena struktur. Utrustningen som används måste tillåta stora deformationer (>50%).

Ett kompressometerförsök på torv utförs normalt med stegvis lastökning. Eftersom torven oftast är normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad och in-situ utsatt för endast mycket små effektivtryck, bör det första laststeget vara lågt, vanligtvis 2,5 kPa.

Från kompressometerförsöken utvärderas även konsolideringskoefficienten c_v . Med kännedom om kompressionsmodulen M och c_v beräknas permeabiliteten för varje laststeg.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

A.2.5 Deformationsegenskaper i silt och friktionsjord

Bestämning av deformationsegenskaper i silt och friktionsjord görs med samma metoder som för lerjord om ostörda prover kan tas och jorden är så lågpermeabel att odränerade förhållanden råder.

A.2.5.1 Moduler

Kompressionsmodulen i sand och silt kan bestämmas genom dilatometerförsök där utvärderingen utförs enligt SGI Information 10.

Skjuvmodul kan mätas på samma sätt som för kohesionsjord.

Utvärdering av elasticitetsmodul ur sonderingsresultat för sättningsberäkning med vertikala spänningsökningar kan göras enligt Figur A2-1. Den säkraste utvärderingen av resultaten fås från CPT-sondering. Viktsondering ger den mest osäkra utvärderingen.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

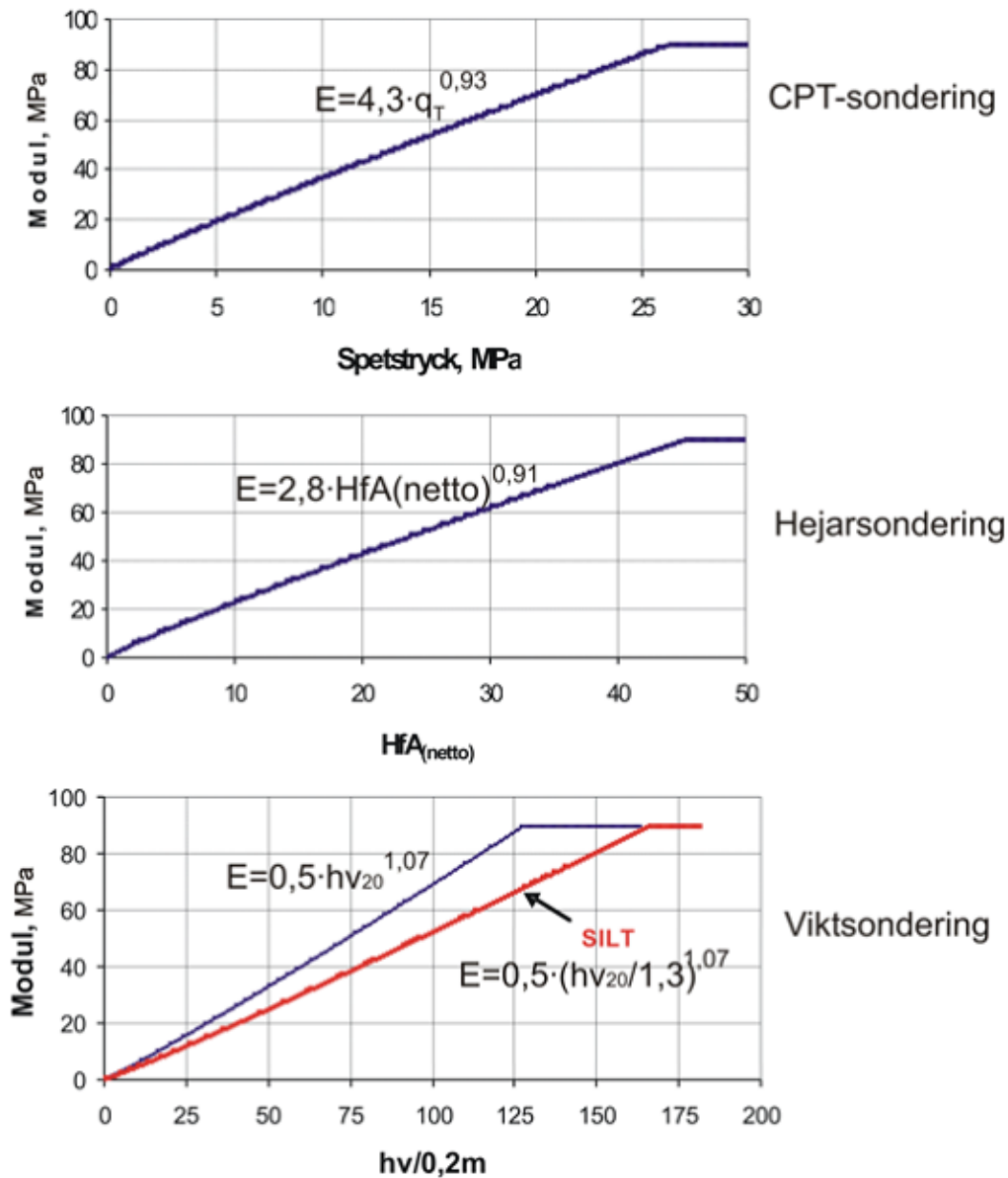
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Figur A2-1. Elasticitetsmodul ur sonderingsresultat för sand.

A.2.6 Hållfasthetsegenskaper i kohesionsjord

Hållfasthetsegenskaper kan bestämmas enligt SGI Information 3.

A.2.6.1 Odränerad skjuvhållfasthet

A.2.6.1.1 Vingförsök

Skjuvhållfastheten bestämd genom vingförsök korrigeras med ledning av flytgränsen upp till 200 % och överkonsolideringsgraden enligt:

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

$$c_u = \tau_v \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45} \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,15}$$

τ_v är hållfasthetsvärde beräknat ur moment vid brott och vingens geometri.

Då OCR är <1,3 sätts OCR till 1,3.

Högre värden på c_u än 1,2 τ_v får inte användas utan stöd från andra provningar.

För sulfidjord utvärderas skjuvhållfastheten som $c_u = 0,65 \tau_v$, se vidare SGI Rapport 69.

I mycket fast lermorän kan s.k. dansk vinge användas. Försöken utförs då enligt DGF Feltkomité. I denna jord görs normalt ingen korrigering för konflytgräns eller överkonsolideringsgrad. Däremot beaktas hållfasthetens volymberoende, se vidare SGI Varia 480.

A.2.6.1.2 CPT-sondering

Skjuvhållfastheten för lera utvärderas från CPT-sondering enligt:

$$c_u = \frac{q_T - \sigma_0}{13,4 + 6,65 w_L} \left(\frac{OCR}{1,3} \right)^{-0,20}$$

q_T är det totala spetsmotståndet.

σ_0 är det vertikala totaltrycket.

Då OCR är <1,3 sätts OCR till 1,3.

För lermorän, gyttja och sulfidjord, se SGI Information 3.

A.2.6.1.3 Dilatometerförsök

Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord från dilatometerförsök kan utföras enligt SGI Rapport.

A.2.6.1.4 Fallkonförsök

Skjuvhållfastheten bestämd med fallkonförsök korrigeras med hänsyn till flytgränsen upp till 200 %.

$$c_u = \tau_{kon} \left(\frac{0,43}{w_L} \right)^{0,45}$$

τ_{kon} är hållfasthetsvärdet utvärderat ur konvikt, spetsvinkel och uppmätt konintryck.

Högre värden på c_u än 1,2 τ_{kon} ska inte användas utan stöd från andra provningar.

För sulfidjord ska skjuvhållfastheten utvärderas som:

$$c_u = 0,65 \cdot \tau_{kon}$$

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

A.2.6.1.5 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök utförs och utvärderas enligt SGF Notat 2:2004.

A.2.1.6.6 Triaxialförsök

Utförande och utvärdering av triaxialförsök ska för normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad lera göras i enlighet med CTH kurs i triaxialförsök för gyttja enligt SGI Rapport 38 och för lermorän enligt SGI Rapport 59.

A.2.6.2 Dränerad skjuvhållfasthet**A.2.6.2.1 Direkta skjuvförsök**

Direkta skjuvförsök ska utföras och utvärderas enligt SGF Notat 2:2004 på prover vilka fått rekonsolidera till in-situ spänningarna.

A.2.6.2.2 Triaxialförsök

Utvärdering av triaxialförsök på normalkonsoliderad och svagt överkonsoliderad lera utförs enligt CTH kurs i triaxialförsök och på lermorän enligt SGI Rapport 59. Dränerade triaxialförsök utförs oftast som aktiva försök med axiell kompression. Effektiva hållfasthetsparametrar som motsvarar den dränerade hållfastheten vid konstant volym kan utvärderas ur spänningvägar i odränerade försök.

A.2.7 Hållfasthetsegenskaper i torv

Hållfasthet hos lågförmultnad torv och mellantorv ska normalt bestämmas med hjälp av direkta skjuvförsök eller genom vingförsök. Försöksutrustning som används för att bestämma hållfasthetsegenskaper i torvjord ska tillåta stora deformationer. Vid direkta skjuvförsök uppkommer brott i torven ofta först efter vinkeländringar större än 1 radian.

A.2.7.1 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök kan utföras på prover med diametern 100 mm och höjden ca 45 mm. Proverna konsolideras för olika normalspänningar inom aktuellt spänningsintervall och utförs som dränerade eller odränerade.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

A.2.7.2 Vingförsök

Vid utvärdering av vingförsök i torvjordar beaktas att brottet inte inträffar längs vingens periferi.

Eftersom brottet sker en bit utanför vingens periferi måste skjuvhållfastheten reduceras och hållfastheter större än 40 % av uppmätta vingvärden bör inte utnyttjas.

Vingförsök i torvjordar kan användas för att verifiera hållfasthetstillväxt under järnvägs- och vägbankar.

A.2.7.3 Triaxialförsök

Aktiva dränerade triaxialförsök kan normalt inte utvärderas på traditionellt sätt för bestämning av dränerade hållfasthetsparametrar i torvjord, eftersom fiberinnehållet i jorden medför att det inte uppstår något egentligt skjuvbrott.

A.2.8 Hållfasthet i silt och friktionsjord

Hållfasthetsegenskaper bestäms enligt SGI Information 8 och 16.

A.2.8.1 Fältmetoder

Hållfastheten i naturlig silt och friktionsjord kan bestämmas ur sonderingsresultat i fält. CPT-sondering ska utföras i första hand.

Om jorden bedöms vara delvis dränerad får de effektiva hållfasthetsparametrarna utvärderas enligt SGI Information 15.

A.2.8.1.1 Friktionsvinklar vid bärighetsberäkning

I fall med kraftigt ökande belastning, t.ex. bärförmåga hos plattor och fundament, ska lägre värden användas, speciellt för lös och finkornig jord.

Empiriska erfarenhetsvärden för detta utvärderas med ledning av jordart och uppmätt sonderingsmotstånd, se Figur A2-2.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

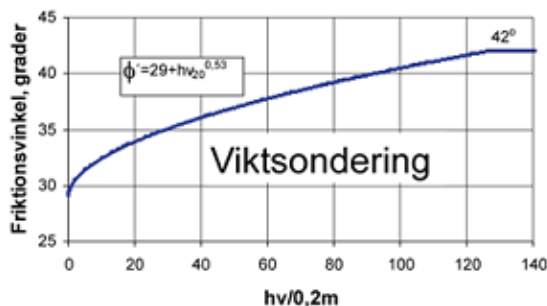
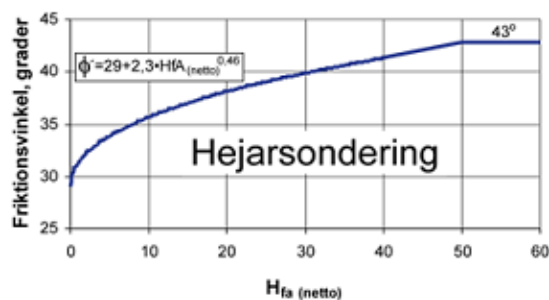
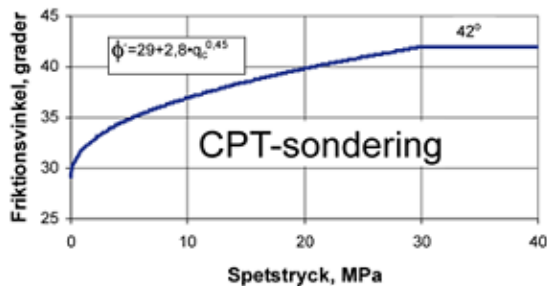
TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0



Lagringstäthet:

Lagrings-täthet	CPT MPa	Hejare H_{fa} (netto)	Vikt Hv/0,2m
Mycket lös	0-2,5	0-4	0-10
Lös	2,5-5	4-8	10-25
Medelfast	5-10	8-12	25-45
Fast	10-20	12-25	45-80
Mycket fast	>20	>25	

Anmärkning:

För grus görs ett tillägg med 2° och för silt görs ett avdrag med 3°.

Vid utfylld eller packad jord divideras sonderingsmotstånden med 1,2 före utvärdering av friktionsvinkeln.

I siltig jord divideras viktsonderingsmotståndet med 1,3 före utvärdering av friktionsvinkeln.

Figur A2-2. Utvärdering av friktionsvinkel och lagringstäthet ur sonderingsresultat.

A.2.8.2 Laboratorieprovning

A.2.8.2.1 Direkta skjuvförsök

Direkta skjuvförsök kan utföras och utvärderas i enlighet med SGF Notat 2:2004.

Direkta skjuvförsök är lämpliga att utföra på ostörda prover av skiktad jord med omväxlande silt och lera. Såväl odränerad skjuvhållfasthet som effektiva hållfasthetsparametrar kan bestämmas.

A.2.8.2.2 Triaxialförsök

Triaxialförsök kan användas för bestämning av hållfasthetsegenskaperna i homogen jord.

I silt kan såväl odränerad skjuvhållfasthet som effektiva hållfasthetsparametrar bestämmas.

I grövre jord bestäms friktionsvinkeln, se vidare SGI Information 8 och Information 16.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

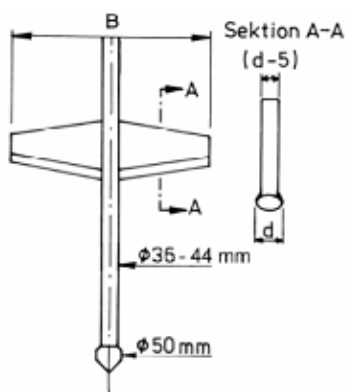
Version

2.0

Bilaga B Verifiering av hållfasthet genom pelarsondering

Pelarsondering ska utföras i enlighet med Svensk Djupestabilisering, Rapport nr 17, Appendix C, avsnitt 1, med nedan angivna avvikelser och förtydliganden. Pelarsondering ska utföras med kalkpelarsond utformad i enlighet med figur nedan.

Vingens bredd, B, samt tvärmått, d, ska väljas enligt följande:



Pelardiameter (mm)	Bredd, B (mm)	Tvärmått, d (mm)	Tvärsnittsarea (mm ²)
500	400	20	8963
600	500	15	8713
800	600	15	10213
Masstab.	400	20	8963

Sondstångens diameter, ϕ_{stang} , ska vara:

$$36 \text{ mm} \leq \phi_{stang} \leq 50 \text{ mm}.$$

Sondering ska utföras med en konstant penetrationshastighet 20 mm/s, ± 4 mm/s.

Innan sondering av pelare påbörjas ska pelarens överyta friläggas för att säkerställa att sondering sker mitt i pelaren (dock inte krav vid OPS/FOPS).

Vid svävande pelare ska sondering utföras till ett djup minst 2 m under pelarspets.

Misslyckad sondering ska ersättas med ny sondering i samma pelare, men vriden 90°, eller i närliggande pelare.

Pelaren ska sonderas i hela sin längd. Vid sondering i pelare längre än 6 m ska förborring ske. Förborring ska ske vertikalt, utan slag eller vattenspolning.

Vid pelarlängder större än 8 m ska pelarsond vara försedd med lutningsmätare (gäller inte OPS/FOPS).

Nedtrycknings-/uppdragningskraften ska registreras kontinuerligt.

Sondering ska som jämförelse också utföras i oförstärkt jord.

Sondering i oförstärkt jord ska utföras i ett antal punkter motsvarande minst 5 % av de sonderingar som utförs i förstärkt jord, dock minst 4 stycken.

Då sondering utförs med OPS/FOPS:

- Ska minst 25 % av de sonderade pelarna framschaktas till ett djup minst 1 m under underkant torrskorpa. Okulär kontroll av att bindemedlet spridits jämnt över pelarens tvärsnittsyta ska göras. Kontrollen ska dokumenteras genom foto eller anteckning.
- Ska kontroll göras av om bitar av den förstärkta jorden häftat vid wiren. Detta kan indikera koncentration av bindemedel i pelarens centrala delar.

Titel

Geokonstruktion, Dimensionering och utformning

Dokument-ID

TRVINFRA-00230

Konfidentialitetsnivå

Ej känslig

Version

2.0

- Ska sondering även utföras med konventionell sondering (KPS) i minst 10 % och totalt minst 4 av de pelare som sonderats med OPS/FOPS.

Sondering med OPS/FOPS får inte nyttjas utan beställarens godkännande i det specifika fallet. Hållfasthetsbestämning med FOPS får endast användas om det finns en objektspecifik kalibrering med FKPS.

Utvärdering

Pelarens skjuvhållfasthet, $c_{u,pe}$, ska utvärderas som:

$$c_{u,pe} = 0,1 Q_{spets} / A_{sond}$$

där

Q_{spets} är den kraft i sondspetsen som erfordras för att penetrera pelaren¹⁾

A_{sond} är sondens tvärsnittsarea, vilken kan sättas till värden enligt tabell ovan.

¹⁾ Då endast totalkraften mäts ska friktionen mot stång eller wire uppskattas/mätas.