



Dimensionering av vägöverbyggnad i Finland

Ett nytt kravdokument 30.11.2017

28.11.2017



Innehåll och användning

Trafikverkets anvisning **Tierakenteen suunnittelu (Planläggning av vägöverbyggnad)** har uppdaterats detta år men ungefär samma regler har använts från början av 90-talet.

Anvisningen innehåller krav som används för

- klassificering av undergrund och trafik
- dimensionering av vägöverbyggnad
- planlägga vägöverbyggnadens tvärsektion och dränering
- funktionella och tekniska egenskaper av beläggningar
- förbättring av befintliga välbyggda vägar med relativt hög ÅDT

Anvisningen kan användas som krav i olika typer av etreprenader som innehåller dimensionering och planläggning



Dimensionering

Dimensionering mot tjällyftning

- Klassificering av jord, våt eller torrt förhållande => tjällyftningskapacitet t
- Dimensionerande tjäldjup, tjocklek av lagrar => Tjocklek av tjälände undergrund
- Tjocklek av tjälände undergrund, tjällyftningskapacitet t => Beräknad tjällyftning
- Homogenitet av undergrund, kvalitetsklass för jämnhet => Tillåten tjällyftning
- Utspetsning

Dimensionering av bärförmåga

- Klassificering av jord, våt eller torrt förhållande => Modul E för undergrund/underbyggnad
- Modul E för olika överbyggnadsmaterial, tjocklek av olika lagrar => Bärighet
- Mängd av tunga fordon per 20 år per körfält, körfältsbredd => Antal standardaxlar KKL
- Antal standardaxlar, typ av beläggning och bärlager => Krav för bärighet och tjocklek av beläggningar
- Regler för stegvist byggandet av beläggningar



Värdering av undergrund

Undergrund eller underbyggnad klassificeras **torr** när vägytans vertikalt avstånd

- från markytan eller
- i icke-tjälfarlig eller svagt tjälfarlig jordart från grundvattenyta.

är större än den dimensionerande tjäldjup S (1,5...2,2 m)

Annars är det **våt**.

Undergrund klassificeras **varierande** när det finns

- stora stenar över 0,3 m
- vattenledningsförmågan eller tjälfarligheten längs vägen varierar (berg/jord; sand/lera, osv.)

närmare än $S + 0,5$ m från vägytan.

Annars är den **homogen**.



Jordklasser S1...S4, Undergrundklasser A...H

Sikt (mm)		Jord klass	Modul E, Undergrundklass, tjällyftningskapacitet %		Används i	Typisk material
0,063	2		Torr	Våt		
			280 MPa, A, 0 %			sprängsten
			200 MPa, B, 0 %		bärlager	krossad sten
< 7 %	> 70	S1	100 MPa, C, 0 %		förstärkn.	grus
7-15	> 70	S2	70 MPa, D, 0 %	50 MPa, E, 3 %	bank	grusig morän
16-30	> 70	S3	50 MPa, E, 3 %	35 MPa, F, 6 %	bank	grusig morän
31-50	> 70	S4	350 MPa, F, 6 %	20 MPa, H, 12 %	Bank om torr	siltig grusmorän



Jordklasser H1...H4 och U1...U3

Sikt (mm) skjuvhållfasthet (kPa)			Jord klass	Modul E, Undergrundklass, tjällyftningskapacitet %		Typisk material
0,002	0,063	2		Torr	Våt	
	< 7 %	< 70	H1	70 MPa, D, 0 %		sand
	7-15	< 70	H2	50 MPa, E, 3 %		sand, sandmorän
	16-30	< 70	H3	35 MPa, F, 6 %	20 MPa, H, 12 %	sand, sandmorän
	31-50	< 70	H4	35 MPa, F, 6 %	20 MPa, H, 12 %	siltig sand(morän)
< 30	≥ 50		U1	20 MPa, H, 0 %	20 MPa, J, 16 %	silt, siltmorän
≥ 30	≥ 50	≥ 40	U2		35 MPa, F, 12 %	styv lera
≥ 30	≥ 50	< 40	U3		20 MPa, G, 6 %	mjuk lera, gyttja



Dimensionerande tjäldjup S (på kartan)

Beräkning av tjälände undergrund P och tjällyftning RN

$$P = S - R_{red}$$

P = tjocklek av tjälände undergrund

$$R_{red} = (a_1 \times R_1) + (a_2 \times R_2) + (a_3 \times R_3)$$

R1 = tjocklek av lager 1

a1 = faktor för material i lager 1

Sand, asfaltbetong: a = 1,0; Grus, krossad sten: a = 0,9

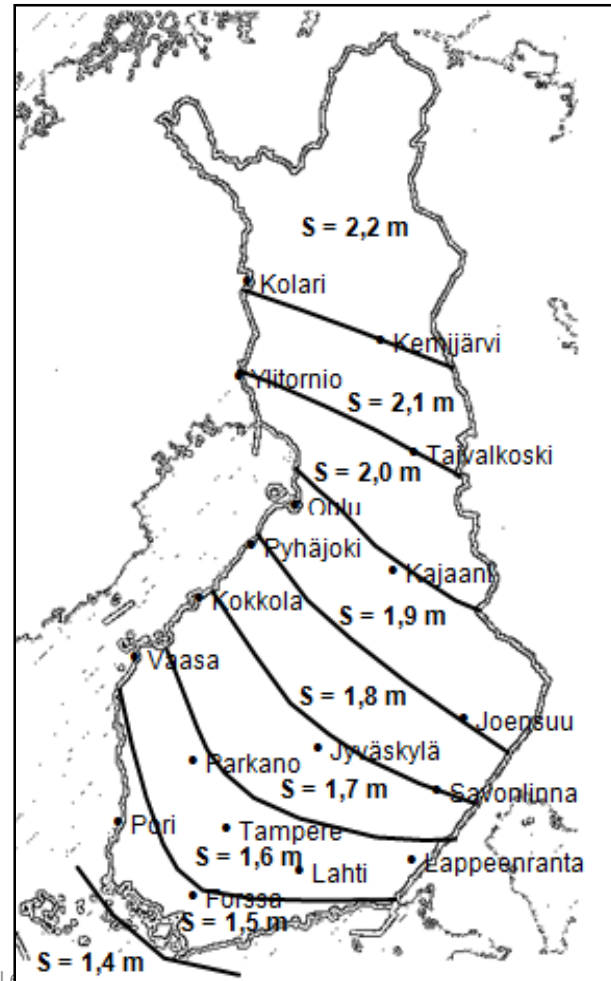
Sprängsten: a = 0,8; Masugnsslagg: = 1,6...1,7

Polystyren (XPS): = 20

$$RN = P \times t$$

RN = tjällyftning (mm)

t = tjällyftningskapacitet (%)





Tillåten tjällyftningen

Kvalitetsklass för jämnhet	Tillåten tjällyftningen RN (mm)					Utspetsningsgrad R/L
	Homogen undergrund			Varierande undergrund		
	Normal konstruktion	Sprängsten Polystyren Cementst.	Med stål-nät	Ingen nät	Stålnät	
V1 Motorväg	30	30	30	0	0	1:40
V2 Andra huvudvägar 80...100 km/h	70	70	100	10	10	1:30
V3 Andra	100	70	130	10	10	1:20
V4 ÅDT < 1000 f/d	160	100	160	30	100	1:15
R1, R2 Vägar med kantsten och...	30	30	30	0	0	1:30
	70	70	100	10	10	
K1 Gång och c.	70	70	160	30	130	1:10



Dimensionering

Dimensionering mot tjällyftning

- Klassificering av jord, våt eller torrt förhållande => tjällyftningskapacitet t
- Dimensionerande tjäldjup, tjocklek av lagrar => Tjocklek av tjälände undergrund
- Tjocklek av tjälände undergrund, tjällyftningskapacitet t => Beräknad tjällyftning
- Homogenitet av undergrund, kvalitetsklass för jämnhet => Tillåten tjällyftning
- Utspetsning

Dimensionering av bärförmåga

- Klassificering av jord, våt eller torrt förhållande => Modul E för undergrund/underbyggnad
- Modul E för olika överbyggnadsmaterial, tjocklek av olika lagrar => Bärighet
- Mängd av tunga fordon per 20 år per körfält, körfältsbredd => Antal standardaxlar KKL
- Antal standardaxlar, typ av beläggning och bärlager => Krav för bärighet och tjocklek av beläggningar
- Regler för stegvist byggandet av beläggningar



Dimensionerande antal standardaxlar KKL per körfält

- a) ÅDT högre än 1000 f/d
KKL = $L \times (3,2 \times \text{tung f med släp} + 0,9 \text{ tung f utan släp}) \times 7300 \text{ d}/20 \text{ år}$
- b) ÅDT mindre än 1000 f/d
KKL = $L \times 0,22 \times \text{ÅDT/riktning} \times 7300 \text{ d}/20 \text{ år}$ för riksvägar
KKL = $L \times 0,13 \times \text{ÅDT/riktning} \times 7300 \text{ d}/20 \text{ år}$ för regionala vägar
KKL = $L \times 0,10 \times \text{ÅDT/riktning} \times 7300 \text{ d}/20 \text{ år}$ för lokala vägar
- c) Väg med stor antal fullbelastade råvarotransport
KKL = $L (5,5 \times \text{full tung f med släp} + 2,1 \text{ tunn tung f med släp} + 0,9 \text{ andra tunga f}) \times 7300 \text{ d}/20 \text{ år}$



Faktor för vägbredd L

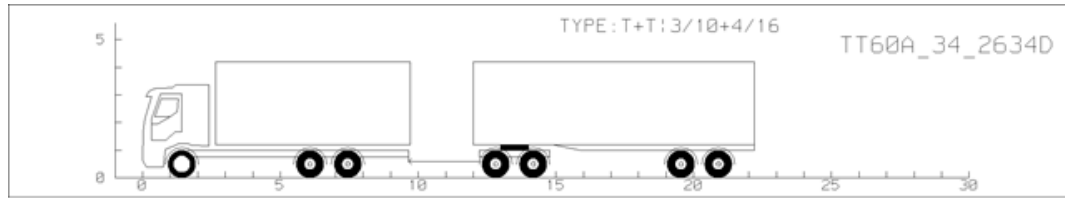
Körfält och vägren tillsammans	Lutning av inre slänt	Faktor L
2,5...3,49 m	1:2...1:2,5	2,8
2,5...3,49 m	1:3...1:4	2,0
3,5...5 m	1:3...1:4	1,4
Över 5 m		1,0

- Vägar med sidoräcke och mitträcke får högre L
- Banksektioner med slänt 1:1,5 och ett räcke på en breddning (0,75 m) av väg motsvarar slänt 1:3...1:4.

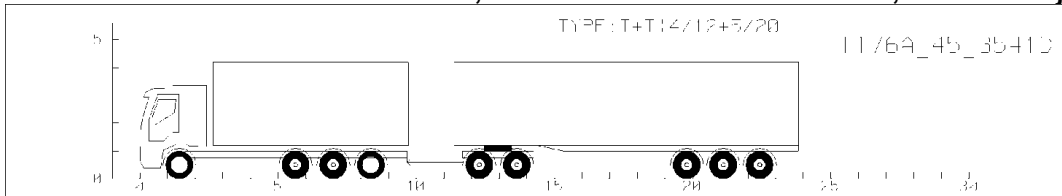


Effekt av 76 t fordon på välbyggda vägar

- Före år 2013 behövde man **100** stycken 60 t kombinationer för att transportera 4200 t varor. Nya 76 t kombinationer behövs bara **78**.



- Gammal: massa 26+34 = 60 t, nettovikt 15+27 = 42 t, dubbelhjul , **3,8** ekv. $42/3,8 = 11,0$ t/ekv



- Ny: massa 35+41 = 76 t, nettovikt 22+32 = 54 t, dubbelhjul , **4,7** ekv. $54/4,7 = 11,5$ t/ekv

- Vägbelastning enligt AASHO teorin

- 100 stycken 60 t kombination är **100x3,8 = 380 ekv.axlar**,
- 78 stycken 76 t kombination är **78x4,7 = 365 ekv.axlar**.



Vägar med flera än två körfält

Beräknad antal standardaxlar (KKL) gäller körfält som används av de flesta tunga fordon.

Antal standardaxlar är $0,4 \times \text{KKL}$ (en klass lägre)

- på körfält på högre sidan av flest använt körfält
- minst 100 m långa körfält för svängande trafik

Antal standardaxlar är $0,2 \times \text{KKL}$ (två klasser lägre)

- på körfält på vänstra sidan från flest använt körfält
- på ramper
- på minst 2,5 m bred vägren



Krav för bärighet och beläggningstjocklek

Belastningsklass (milj. stand.ax./ 20 år)	60,0	25,0	10,0	5,0	2,0
Senast efter 6 år: bärighet minst Tjocklek av beläggningar minst	525 MPa 240 mm	470 MPa 200 mm	415 MPa 170 mm	360 MPa 140 mm	285 MPa 100 mm
Senast efter 2 år	200 mm	160 mm	130 mm	100 mm	
När trafiken börjar	160 mm	120 mm	90 mm	60 mm	60 mm
Bärighet på obunden bärlager minst	160 MPa	160 MPa	160 MPa	160 MPa	160 MPa

- För vägar med cementbunden eller masugnsslagg stabiliserad bärlager är bärighetskravet litet högre men beläggningen får vara litet tunnare.



Stegvis byggande av beläggningar

Utredningar har visat att

- Jämnheten av vägytan blir bättre om den sista beläggningsskiktet är byggt minst 1 år efter trafiken börjar, hellre 2 år efter
- Man sparar i underhåll när slitspåren av 2...6 år handlas som en del av investering
- Det finns inga märken av skador förorsakade av tunga fordon när stegvis byggande har gjorts inom högst 6 år.

I praktiken är 2 år mest allmän alternativ på motorvägar därför att

- Priset (€/m²) av beläggningen är lägre när trafiken inte har börjat
- Stegvis byggande blir komplicerat på vägar med flera körfält på samma riktningen
- Budgeten av investeringar är bara för 2+2 års byggandet (plus 3 års garanti)



Krav för bärighet och beläggning

Belastningsklass	0,8			0,3			
	PAB-V	PAB-B	AB	SOP	PAB-V	PAB-B	AB
Senast efter 6 år: Bärighet Tjocklek av beläggningar minst			230 MPa 80 mm				
När trafiken börjar: Bärighet Tjocklek av beläggningar minst	145 MPa 40 mm	165 MPa 40 mm	185 MPa 50 mm	130 MPa	145 MPa 40 mm	165 MPa 40 mm	170MPa 40 mm
Bärighet av obunden bärlager minst	145 MPa	145 MPa	145 MPa	130 MPa	130 MPa	145 MPa	145 MPa

- PAB-V = Mjuk asfaltbetong, viskositetbestämd bitumen, B = penetrationsbestämd b.
- SOP = Ytbehandling



Beräkning av bärighet (enligt Odemark)

Bärighet E_Y

Materialmodul E , h = tjocklek av lager

Bärighet E_A

$$E_Y = \frac{E_A}{\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2}} \right) \frac{E_A}{E} + \frac{1}{\sqrt{1 + 0,81 \cdot \left(\frac{h}{0,15}\right)^2} \left(\frac{E}{E_A}\right)^{2/3}}}$$



Ytterligare regler för beräkningen

- Lagertjockleken får inte vara över 300 mm (tjockare skall delas)
- Lagertjockleken av obundna lager borde inte vara under 150 mm
- Effektiv materialmodul för obundna material är högst $6 \times E_A$
- Effektiv materialmodul för stabiliserad material är högst $10 \dots 35 \times E_A$
- Beläggningar limmade ihop med materialmodul 1500 MPa eller högre skall beräknas som en lager med genomsnitt materialmodul. Beläggningen skall innehålla minst 3,8 % bindemedel.



Materialmodul E

- Materialmodul E för krossad sten och grus, max kornstorlek 80 mm

Materialtyp enligt EN 13285	Material modul E (MPa)			
	100	150	200	280
	Största kornstorlek			
Go	0/8...11,2	0/16...22	0/31,5	0/40...80
Gp, Gc	0/8...11,2	0/16...22	0/31,5...63	0/80
GA	0/8...11,2	0/16...22	0/31,5...56	0/63...80

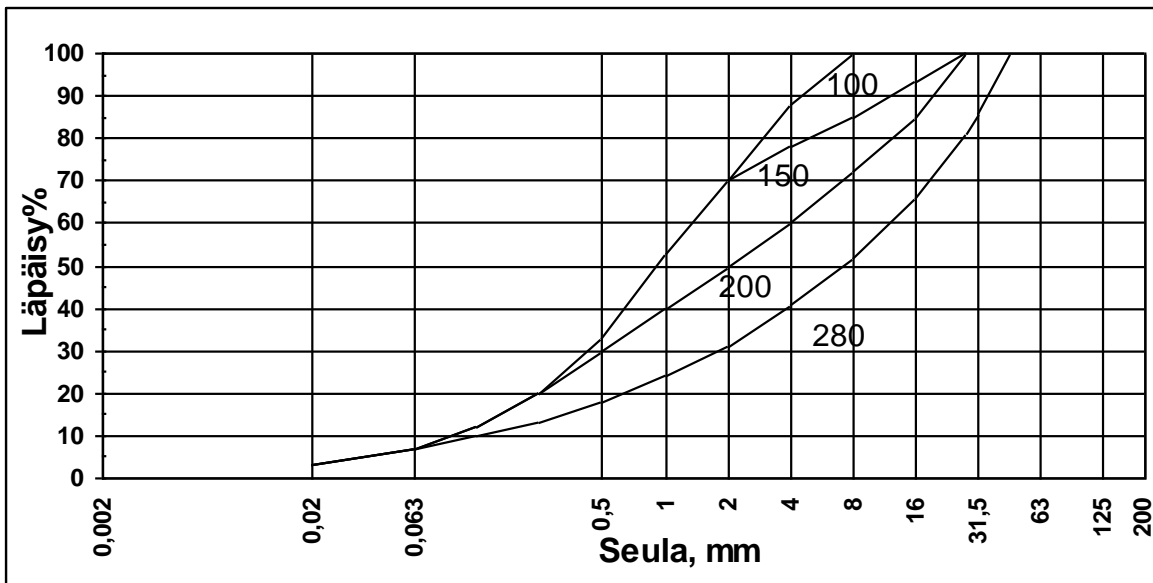


Materialmodul E

	Materialmodul (MPa)	
AB (Asfaltbetong), SMA	2500	
PAB-B Mjuk asfaltbetong	1650	
PAB-V Mjuk asfaltbetong	1400	
Bitumenstabilisering, tjock eller fattig normal	700 1050	Högst 10 x EA Högst 15 x EA
Cementstabilisering, över 3 MPa efter 7 d över 5 MPa efter 7 d	1500 3500	Högst 18 x EA Högst 35 x EA

- tjock = tjocklek 200...250 mm; fattig = bindemedelhalt 1 %-enhet lägre än krävt

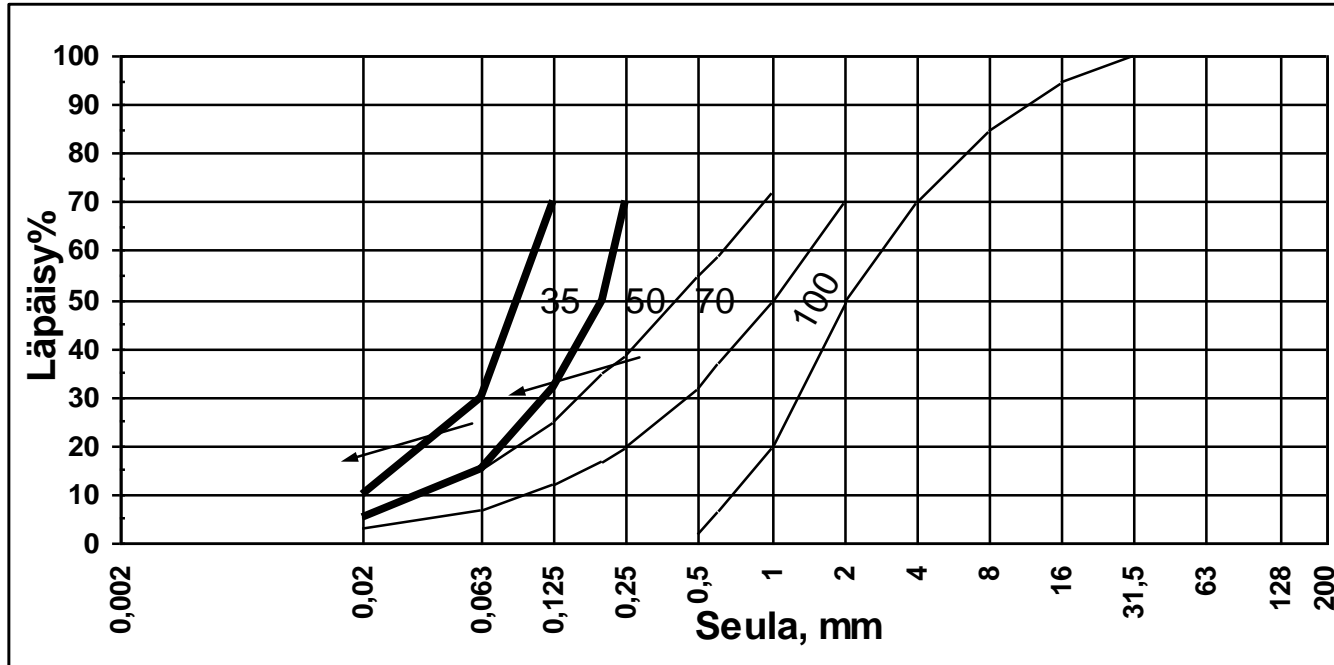
- Materialmodul för krossat stenmaterial utanför EN 13285





Materialmodul E

- Materialmodul E för sand



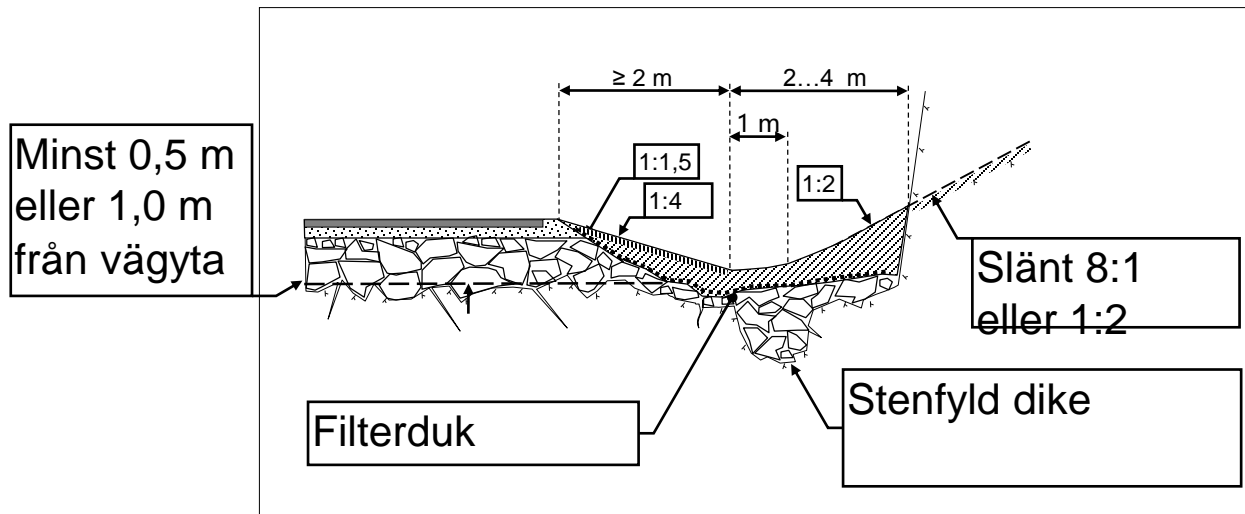


Andra regler för överbyggnad

För att säkra en fri rutt för vägen

- Ingen tät lager skall lämnas under obundna lager närmare än 0,5 m från vägytan.
- En tät beläggning skall användas på vattentäta andra lagrar.
- På en vattentät undergrund (lera) skall tjockleken av överbyggnaden vara minst 0,5 m.
- På berg skall tjockleken av överbyggnaden inklusive sprängsten var minst 1,0 m i klass V1...3 och R1...3 och minst 0,5 m in andra.

Bergskärning

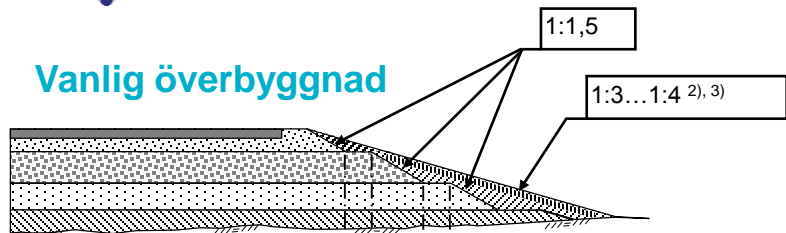


Kuva 10. Kallion irtilouhinta ja louheen päälle tulevia luiskarakenteita

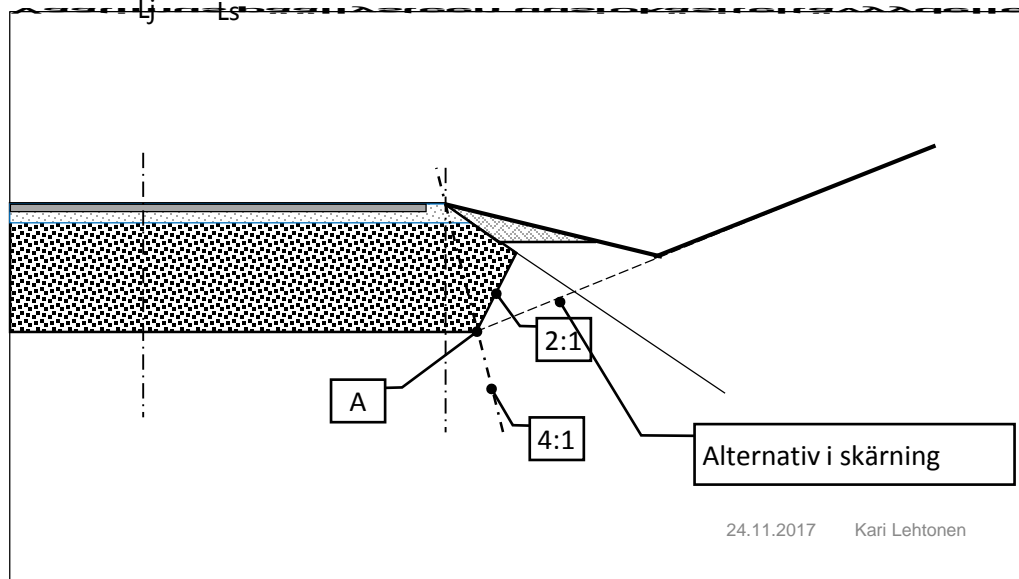
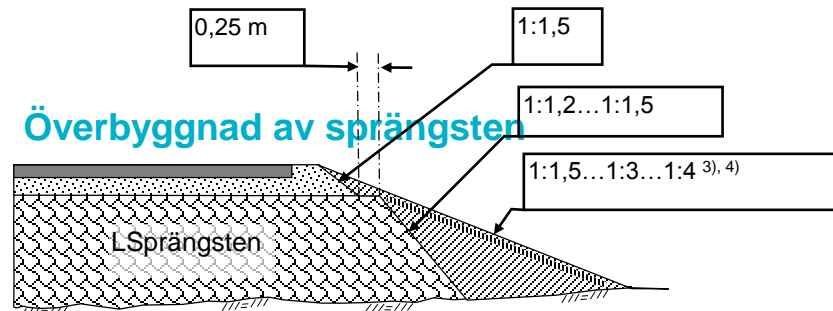


Tvärsektion av väggkroppen

Vanlig överbyggnad



Överbyggnad av sprängsten





Sprängsten som överbyggnadsmaterial

- Sprängsten med max kornstorlek 600 mm används allmänt som överbyggnadsmaterial (tjock förstärkningslager).
- Lagret hör till överbyggnad när det finns ett minimikrav för tjockleken för att begränsa tjällyftningen eller för att nå en viss bärighet.
- Lagret kan ligga på bank eller under marknivån.
- Tjockleken av lagret är minst två gånger max kornstorlek. (typiskt 1,4...2,0 m)
- Krossad sten 0/250 rekommenderas för tunnare lagrar.



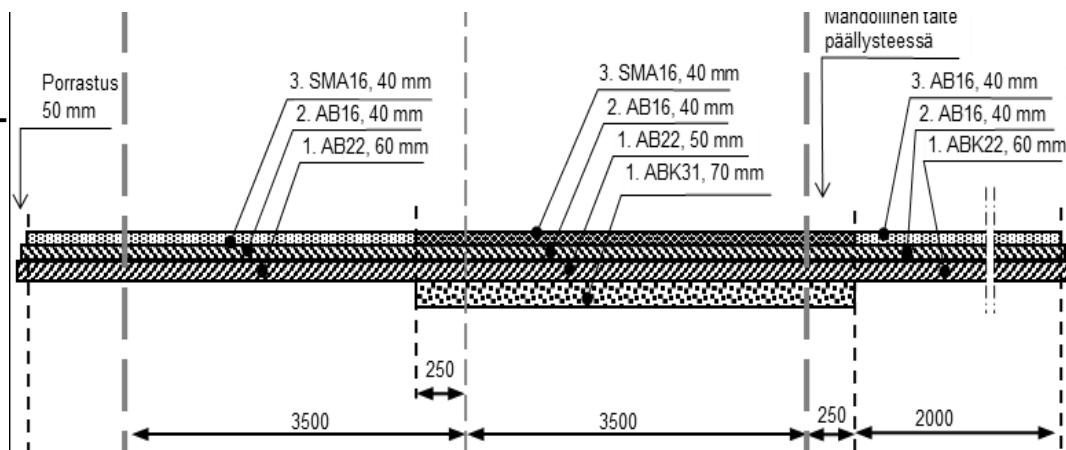
Behov av materialskiljande lager/duk

Andel fraktion mindre än 2 mm i förstärkningslager	Materialskiljande lager eller duk behövs på undergrundklass
> 50 %	G
25...50 %	G, H och J
15...25 %	F, G, H och J
< 15 % och sprängsten	E, F, G, H och J och sand med $E \leq 50$ MPa



Allmänna krav för beläggningar

- Minimitjocklek av en ny beläggning: Minst 2,5 x max kornstorlek (2,2 x för 22 och 31,5)
- När man bygger beläggningar stegvist
 - får slitspåret under den nya beläggningen inte vara djupare än 10 mm eller på värmebehandlad yta 15 mm.
 - skall vägytan vara jämn mellan olika körfält
 - REM behandling eller asfaltgranulat får inte användas i entreprenadens översta beläggning när ÅDT för körfältet ≥ 2500 f/d
 - ABK = asfaltbetong med en lägre bindemedelhalt





Krav för nötningsresistens

Det finns fyra metod att beskriva kravet

- a) Tillåtna beläggningar (AB 16, AB 20, SMA 16) och beräknad nötningsresistens KN (≤ 26)
 - b) Typ av beläggning (AB 16) och klass för kulkvarnvärde (AN7)
 - c) Typ av beläggning (AB 16) och PRALL-värde för borrhärna från väg
 - d) Typ av beläggning (AB 16) och PRALL-värde för borrhärna tillverkad i laboratoriet
-
- Beräknad nötningsresistens $KN = TP \times MT \times (9,4 + 2,21 \times \text{kulkvarnvärde})$
TP = normalt 1,00, men för den första REM behandling 1,15 och andra REM 1,30
MT = 1,46 för AB16, 1,26 för AB20-22, 1,08 för SMA16 och 1,00 för SMA20-22
 - $PRALL_{\text{väg}} = KN - 4$ och $PRALL_{\text{lab}} = KN - 6$ i många fall



Flexibel kvalitetskrav

Definitioner

- **Målvärde** = Entreprenören får en full ersättning om kvaliteten är minst målvärde.
- **Minimikrav** = En ny lager skall byggas i stället om kvaliteten är sämre.

Mellan målvärdet och minimikravet får entreprenören förminskad ersättning. Regler för förminskning (€/körfältkm) ges på förhand så att förminskningen motsvarar ökningen av beställares underhållskostnader.

Flexibel kvalitetskrav används allmänt för jämnhet, nötningsresistens och andra egenskaper av väg där entreprenörer kan inte bestämma på förhand resultatets kvalitet eller en entreprenör har ballast med bättre egenskaper än andra. Om man använder bara ett minimikrav, finns det ingen konkurrens om kravet är baserad på den bästa ballast. Om kravet är baserad på den sämre ballast får beställaren troligen aldrig den bästa. Med en flexibel krav får man konkurrens mellan produkter med olika egenskaper.

Beställaren borde välja

- målvärdet för KN och PRALL så att man kan nå den med den bästa ballast i området, och
- minimikravet så att alla kan leverera någonting, om det inte leder till för stor spårdjup (enligt formel på nästa sida).



Spårdjup och nötningsresistens

Spårdjup =

$$k_F \times \left[A + tid \times 0,3 \text{ mm/år} \times \frac{2 \times \text{ÅDT}_{\text{FÄLT}}}{1000 \text{ fordon/d}} \times k_{\text{Bredd}} \times k_{\text{Hastighet}} \times \frac{KN}{46} \right]$$

- k_F = normalt 1,2 (faktor som tar hänsyn till det att spårdjupet är större än medelvärde på en lång sträcka)
- A = spårdjup orsakad av deformation i beläggningen och i obundna lager (nybyggd väg 4 mm/ 2 första år; nybyggd beläggning 2 mm/ 4 första veckor)
- tid = tid från byggandet (år)
- $\text{ÅDT}_{\text{FÄLT}}$ = för första körfält 70...100 % av riktningens ÅDT och för andra fält 15...30 %
- k_{Bredd} = normalt 1,0 men på vägar bredare än 10,5 litet mindre
- $k_{\text{Hastighet}}$ = 0,85 när hastighetsbegränsning på vinter ≤ 60 km/t, annars 1,0
- KN = nötningsresistens



Krav på spår och jämnhet

- I varje entreprenad används målvärde och minimikrav på spår och jämnhet.
- Målvärdet och minimikravet på spår räknas med formeln. Då används målvärdet och minimikravet för nötningsresistens KN som en utgångspunkt.
- Kravet på spårdjup behövs därför att laboriemetoder för ballast inte tar hänsyn till alla fel i material och arbete som kan försämra nötningsresistens och styvhet av beläggningen. Ökat spårdjup kan också vara resultat av dålig förpackning eller dålig material av obundna lager.
- Kravet på (längsgående) jämnhet är oberoende av beläggningens material.



Andra krav på beläggningar

Deformationsresistens

- Deformationsresistens för beläggningar krävs i belastningsklasser 5,0...60,0. Nivån beror på trafikens hastighet och belastningsklass.
- 100 m före och 60 m efter signalreglerade korsningar skall en del av obunden bärlager ersättas med en styv AB-beläggning eller ett hydrauliskt stabiliserad lager.

Det krävs minst en vattentät beläggning

- på vägar med grundvattenskydd (På slänt används då bentonitmatta och plast.)
- över hydrauliskt stabilisering och stålnät när salt används på vintertid.

Beläggning bestämmas vara vattentät när hålrum $\leq 2,5$ % (enskilda resultat $\leq 3,0$ %). Polymermodifierad bindemedel skall användas och beläggningstyp skall vara AB.