



## Statens vegvesen

### Notat

Til: Martin Thuve Hovden, Multiconsult  
Fra: Johan Kristofers  
Kopi: Arild Sleipnes

Saksbehandler:  
Johan kristofers  
Vår dato: 28.08.2015  
Vår referanse: 90512028

### Dimensjoneringsgrunnlag for peling og erosjonssikring ved Medbyelv bru

Etter utførte beregninger vil stålkjernepeler med en diameter  $d=150$  mm oppfylle krav til påførte laster.

For å ivareta bremselaster i kjøreretningen er det gjort beregninger på friksjonsplater. Disse skal forankres på et minimumavstand  $L_{\min}=4,5$  meter fra landkaret og ha dimensjoner:

$t=0,5$  meter

$B=2$  meter

$L=8,5$  meter

Erosjonssikringsberegningene er basert på antakelser siden tall for dimensjonerende flom ikke var til stedet ved beregningstilfellet. Beregningene er derfor gjennomført med konservativ tilnærming. Flomberegninger fra NVE har i ettertid bekreftet at den konservative tilnærmingen var god nok. Plastringsstein skal være  $D_{50}=0,5$  meter for bunn og  $0,75$  meter for sideskråning. Filter av type geotekstil er anbefalt. Arbeidsutførelse og betraktninger står beskrevet i kapitlet om erosjonssikring.

Fullstendig beregningsgang kan sees nedenfor.

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region  
Postboks  
Postnr Poststed

Telefon: <nummer>  
Telefaks: <nummer>  
epost  
Org.nr: <organisasjonsnummer>

Kontoradresse  
Vei  
Sted

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Vei  
Postnr Poststed  
Telefon: <nummer>  
Telefaks: <nummer>

## Innhold

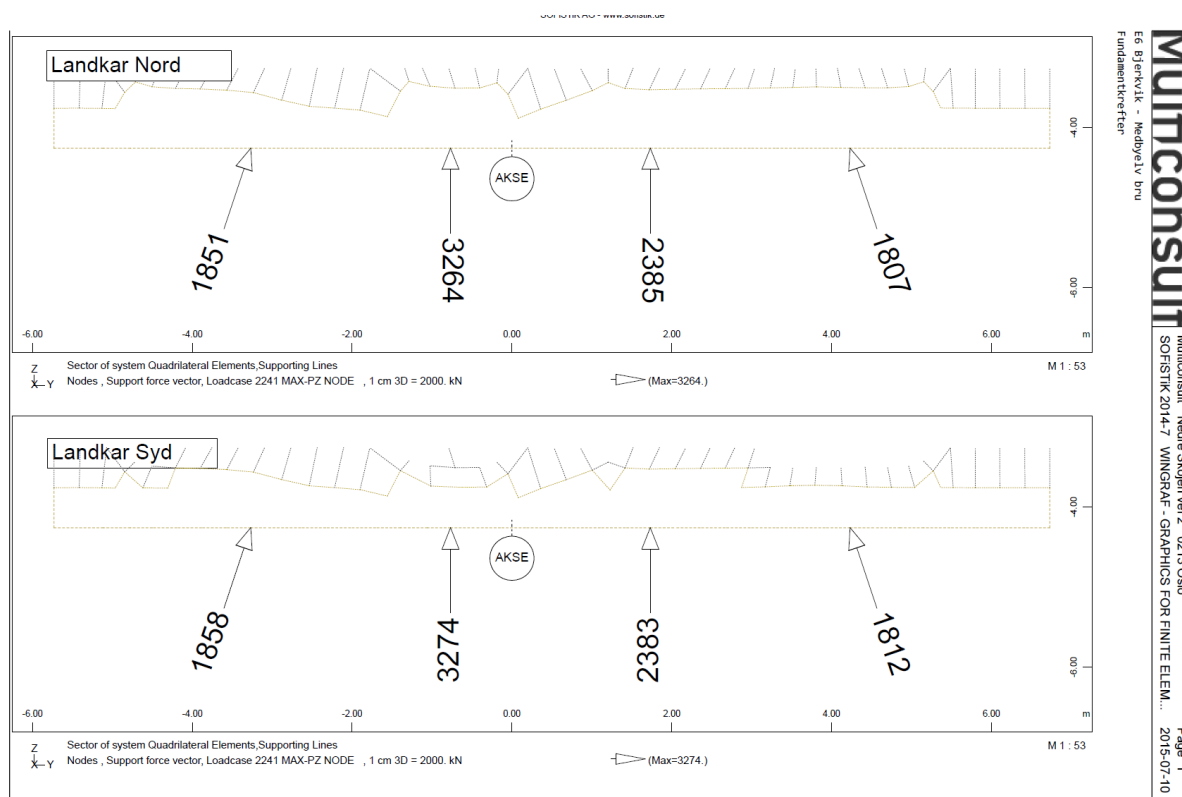
Grunnlag for dimensjonering av peler og erosjonssikring ved Medbyelv bru .....	2
Dimensjoneringsgrunnlag: .....	2
Bergets bæreevne .....	4
Korrosjon .....	5
Knekking .....	5
Påhengslaster .....	6
Boresystem .....	6
Vanntap .....	6
Peleskjøt .....	6
Toleranser, som spesifisert i NS 3420-G: .....	7
Peleprotokoller .....	7
Bremslaster mot landkar .....	8
Erosjonssikring .....	10
Grunnlag .....	10
Beregninger .....	11
Konklusjon for erosjonssikring .....	13
Filter .....	13
Gjennomførelse – Erosjonssikring .....	16

# Grunnlag for dimensjonering av peler og erosjonssikring ved Medbyelv bru

## Dimensjoneringsgrunnlag:

Løsmassene ved Medbyelv bru består til største del av faste masser som domineres av sand, grus og blokk. Fra bakkens overflate til berg er løsmassenes mektighet mellom 15–22 meter. For mer informasjon om grunnforholdene, les geoteknisk datarapport 2012/154601–008.

For å ivareta stabilitet til brua, og for mulighet til godt resultat når pelene skal føres ned i grunnen har stålkjernepeler blitt valgt. Stålkjernepeler tilfredsstiller krav til bæreevne og er dokumentert egnet for boring gjennom faste lag, som blokk- og morenelag.



Figur 1: Pelelaster

I figur 1 er beregnede laster oppgitt. Den største lasten er beregnet til 3274 kN.

I *Peleveiledningen 2012*, side 180 beregnes pelematerialtets dimensjonerende kapasitet som:

$$N_{c,Rd} = \frac{f_y \cdot A}{\gamma_{MO}}$$

Hvor:

$f_y$  = flytespenning stål

$\gamma_{MO}$  = partialfaktor for materialegenskap/tverrsnittskapasitet = 1,05

$A$  = areal av peletvernsnittet

Videre beregnes installert kapasitet

$$N_i = N_{c,Rd} \cdot f_a$$

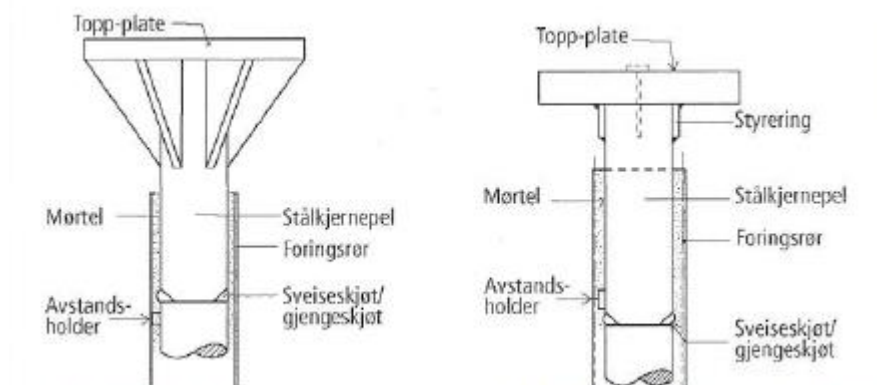
Hvor:

$f_a$  = reduksjonsfaktor = 0,75 (*Peleveiledningen 2012*, s. 38)

Tabell 7.2 i *Peleveiledningen 2012*, side 181, gir eksempel for stålkjernemelers installerte kapasiteter hvor en stålkerne, der flytspenningen  $f_y$  er lik 285 N/mm<sup>2</sup>. Med denne flytspenning som utgangspunkt vil en diameter lik 150 mm være tilfredsstillende og ha en installert kapasitet på 3597 kN.

Diameter, D [mm]	Areal, A [mm <sup>2</sup> ]	Flytspenning, $f_y$ [Mpa]	$\gamma_{MO}$	$N_{c,Rd}$ [kN]	$f_a$	$N_i$ [kN]
150	17671	285	1,05	4797	0,75	3597

For installasjon av stålkjernepeler etableres først et foringsrør som bores gjennom løsmasser til fast berg. Nødvendig boring ned i berg gjøres med eller uten foringsrør. Foringsrøret renskes omhyggelig slik at stålkjernepelen kan føres ned med avstandsholdere mellom pel og rør. Rommet mellom pel og rør fylles så med mørtel.



Figur 2: Prinsippskisser for stålkjernepeler

Dimensjoner for stålkerne med foringsrør og mørtel:

Stålkjernediameter [mm]	Foringsrørdiameter [mm]	Min. godstykkelse [mm]	Overdekning innvendig rør [mm]	Berghull uten foringsrør [mm]	Overdekning i berg [mm]	Hentet fra
150	219,1	5 (6,3)	30	190	20	Peleveiledningen 2012 s.179

## Bergets bæreevne

I området Berkvik/Medbyelv domineres berget av glimmergneis, glimmerskifer, metasandstein og/eller amfibolitt.



Dimensjonerende bæreevne på berget beregnes som følger:

$$q_{b;d} = \frac{N_s \cdot \sigma_{tf}}{\gamma_t \cdot \xi}$$

Hvor:

- $\sigma_{tf}$  = bergets målte enaksiale trykkfasthet
- $N_s$  = bæreevnefaktor for spiss på eller i berg
- $\gamma_t$  = partialfaktor for motstand
- $\xi$  = korrelasjonsfaktor

$\sigma_{tf}$	80 MPa	Konservativt. <i>Peleveiledningen 2012, s. 86</i>
$N_s$	5	<i>Peleveiledningen 2012, s. 85</i>
$\gamma_t$	1,1	<i>Peleveiledningen 2012, s. 35</i>
$\xi$	1,55	Konservativt. <i>Peleveiledningen 2012, s. 33</i>
$q_{b;d}$	235 MPa	

Med et 150 mm tverrsnitt vil pelens kraft mot berggrunnen være 185 MPa. Berget kan altså ta pelens kraft. Pelens egenvikt er ikke tatt med i beregningen da den antas være oppholdt av sidefriksjon fra de omkringliggende løsmassene.

## Korrosjon

I naturlig avsatte jordarter under grunnvannstanden er korrosjonshastigheten 0,015 mm/år. Over grunnvannstanden er den 0,020 mm/år.

I *Peleveiledningen 2012* side 132 står også at hvis grunnvannet er spesielt aggressivt så må det gjøres en egen vurdering av korrosjonsforholdene. Ettersom Medbyelv bru vil ligge nært sjøen og grunnvannet kan være infiltrert av saltvann vil en slik begrunnelse være nødvendig.

Krav til mørtel som blir brukt mellom stålkjernepel og foringsrør kan til viss grad forhindre korrosjon i pelene.

## Knekking

Beregninger for knekking har likevel blitt gjennomført som beskrevet i *Peleveiledningen 2012*, kapitel 4.4. Utregningen er i utgangspunktet for en rett pel i jord, leddet i begge ender. Medbyelv bru vil være fast innspent i begge ender men siden den teoretiske knekklasten  $R_{K;cal}$  er avseverdt mye større enn påført bruddlast vil utregningen sees på som god nok.

$$R_{K;cal} = \frac{\pi^2 EI}{l^2} + \frac{Cl^2}{\pi^2}$$

Hvor:

- $E$ =elastitetsmodul for pelen
- $C$ =jordens reaksjonsmodul
- $l$ =pelens lengde
- $I$ =pelens arealtregghetsmoment

$$C = kd$$

Hvor:

$k$ =stigningstallet for jordens reaksjonsmodul

$$L_k = \pi \sqrt[4]{\frac{EI}{C}}$$

Hvis pelelengde,  $l$ , er lik eller større enn  $L_k$ , må man innføre  $l=L_k$  i formelen for  $R_{K;cal}$  og får:

$$R_{K;cal} = 2\sqrt{EIC}$$

d [m]	0,15	
I [m <sup>4</sup> ]	2,5E-05	$\pi d^4/64$
E [kPa]	210000000	
k [kN/m <sup>3</sup> ]	34000	tabell 4.3 <i>Peleveiledningen 2012</i>
C	5100	
l [m]	20	
L <sub>k</sub> [m]	3,2	$L_k < l \rightarrow$ Bruker $R_{K;cal} = 2\sqrt{EIC}$
R <sub>K;cal</sub> [kN]	10318	Sikkerhet mot knekking tilfredsstilt

## Påhengslaster

Påhengslaster forventes ikke.

## Boresystem

Å bruke et sentrisk boresystem vil være gunstig siden grunnforholdene er av fast type med blokk og stein.

## Vanntap

Vanntapsmåling anbefales for alle peler.

Hvis topp foringsrør er over grunnvannstand og vannstanden i røret er tilnærmet konstant, vil det ikke være behov for injeksjon.

Ved vanntap er det nødvendig med mørtelinjeksjon under trykk. Et alternativ for tetting av innlekkasje kan være å bore foringsrøret ytterligere ned i godt berg. Etter dette er foretatt skal ny måling utføres.

## Peleskjøt

Skjøt skal gjennomføres i henhold til NS 3420-G, ref [7.2] og skal utføres som gjengeskjøt eller sveiseskjøt.

Ved gjejeskjøt skal skjøten punktsveises etter bestemmelser i NS-EN 1090-2, utførelsesklasse EXC2, ref [7.10]. Minimum sveisedybde settes normalt til 30 mm.

Skjøstens styrkeegenskaper skal dokumenteres og sertifikat for prøving av gjengeskjøter skal fremlegges.

### **Toleranser, som spesifisert i NS 3420-G:**

- Horisontalavvik for senter av pel i etableringsnivå:  $\pm 100$  mm. Ved etablering fra kjerneboret (eller montert utsparing) magerbetongdekke kan horisontalavvik reduseres til  $\pm 50$  mm.
- Helningsavvik: 2 % for vertikalpeler og 4 % for skråpeler.
- Retningsavvik for skråpeler: 4%.
- I peleskjøt er tillatt vinkelendring maks 1:300.
- Minimum krumningsradius for foringsrør: 600 m over en 6 m lengde
- Krav til retthet før installasjon skal være i henhold til NS-EN 10060.

### **Peleprotokoller**

I øvrig skal arbeid utføres i henhold til NS 3420. Entreprenør skal levere peleprotokoll som skal godkjennes før arbeidsoppstart.

## Bremslaster mot landkar

Dimensjonerende bremspast i trafikkdirning er 288 kN.

For å ta opp kreftene anbefales friksjonsplater forankret med stag. Stag skal være minimum 4,5 meter lange og er antatt festet 1 meter ned i brukonstruksjonen. På samme høyde som overgangsplatene. Friksjonsplatenes dimensjoner skal være:

$$Z = 1 \text{ m}$$

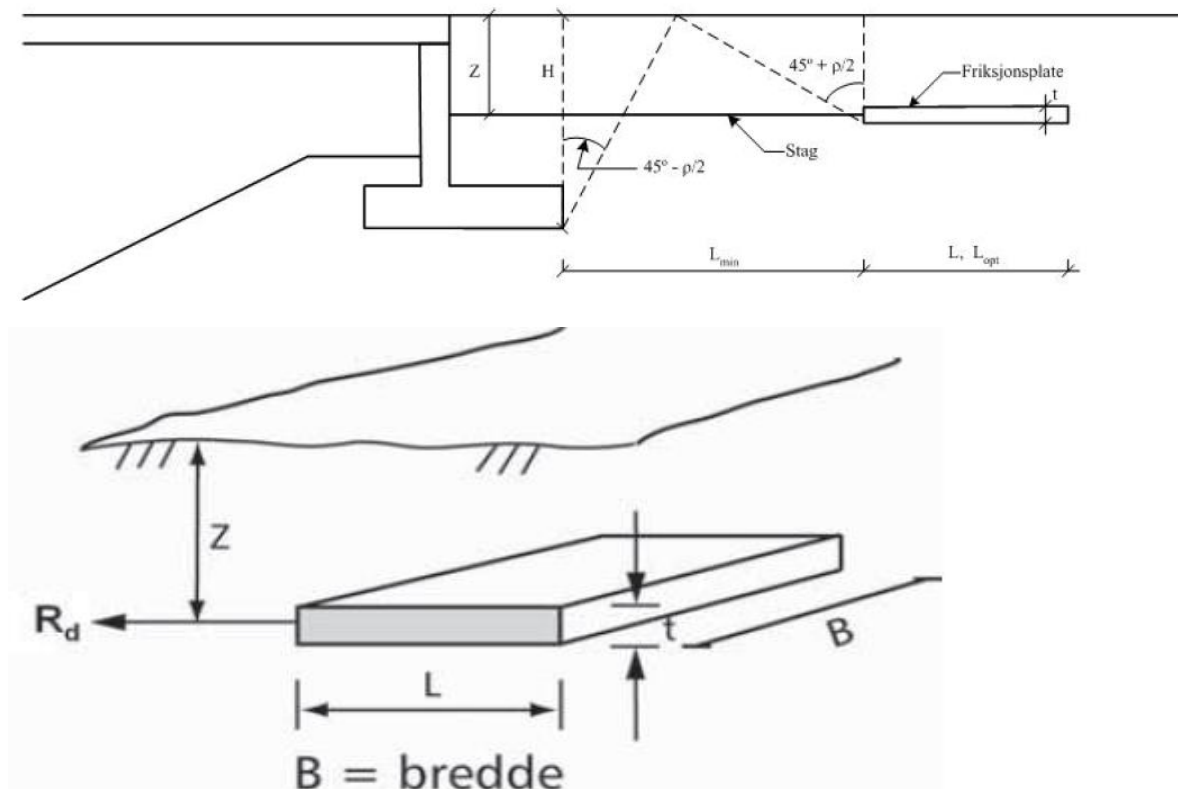
$$t = 0,5 \text{ m}$$

$$B = 8,5 \text{ m}$$

$$L = 1,5 \text{ m}$$

$$L_{\min} = 4,5 \text{ m}$$

Se vedlagt beregningsgang nedenfor.



For at friksjonsplatenes passive jordtrykk ikke skal overlape den aktive jordtrykkssonen bak landkaret må det være et minste avstand mellom landkarsvegg og plate. Dette regnes ut etter:

$$L_{\min} = H \cdot \tan\left(45 - \frac{\varphi_d}{2}\right) + \left(Z + \frac{t}{2}\right) \cdot \tan\left(45 + \frac{\varphi_d}{2}\right)$$

Hvor:

$H$  = landkarets høyde

$$\varphi_d = \tan\varphi / \gamma_M$$

Z=friksjonsplatens dybde  
t=friksjonsplatens tykkelse

		Fra
H	4 m	
$\gamma$	19 kN/m <sup>3</sup>	Håndbok V220, tabell 2.9.5.1
$\gamma_M$	1,4	Håndbok V220, figur 0.3
$\phi$	42 grader	Håndbok V220, tabell 2.9.5.1
$\tan \phi$	0,9	
$\tan \phi_d$	0,64	
$\phi_d$	32,7 grader	
Z	1 m	
t	0,5 m	
<b>L<sub>min</sub></b>	<b>4,5 m</b>	Håndbok V220, side 9–19

Videre regnes friksjonsplatens kapasitet, R<sub>d</sub>, ut etter:

$$R_d = (N_F \cdot L + N_E \cdot t)(p'_v + a) \cdot B$$

Der:

$$N_F = (r_o + r_u) \tan \phi_d \quad \text{når} \quad L < L_{opt}$$

r<sub>o</sub>=ruhet over friksjonsplata

r<sub>u</sub>=ruhet under friksjonsplata

N<sub>E</sub>= endemotstandsfaktor

a=attraksjon

$$p'_v = \gamma \cdot z$$

$$L_{opt} = \frac{K_p - K_A}{2 \cdot r_o \cdot \tan \phi_d} \cdot z$$

Der:

K<sub>p</sub> og K<sub>A</sub> er for r=0

		Fra
K <sub>p</sub>	3,4	Håndbok V220, figur 5.4
K <sub>A</sub>	0,3	Håndbok V220, figur 5.4
r <sub>o</sub>	0,7	Håndbok V220, side 9–19
r <sub>u</sub>	0,7	Håndbok V220, side 9–19
<b>L<sub>opt</sub></b>	<b>3,4 m</b>	Håndbok V220, side 9–19

		Fra
N <sub>F</sub>	0,9	Håndbok V220, side 9-19
L	2 m	
L/Z	2	
N <sub>E</sub>	2,1	Håndbok V220, side 9-19
p' <sub>v</sub>	19 kPa	
a	10 kPa	Håndbok V220, tabell 2.9.5.1
B	8,5 m	
R <sub>d</sub>	<b>466 kN</b>	Håndbok V220, side 9-19

Kapasiteten, R<sub>d</sub>, overgår den horisontale bremselasten.

## Erosjonssikring

### Grunnlag

Erfaringstall tilsier at dimensjonerende vannføring ved flom, Q<sub>dim</sub>, kan estimeres til 1-2 m<sup>3</sup>/s ganger nedslagsfeltets areal i km<sup>2</sup>.

For beregning av erosjonssikring har Shields formel blitt brukt som referanse.

$$D_{60} = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot C}$$

Hvor

$$\tau_0 = \gamma_w \cdot R \cdot I$$

C=Shields konstant=0,05

γ<sub>s</sub>=egenvekt, stein

γ<sub>w</sub>=egenvekt, vann

R=hydraulisk radius

I=elvens bunnhelling

Dimensjonerende beregninger er utført med Robinsons formel for S<sub>0</sub> < 1: 10.

$$D_{50} = 1,5S_0^{0,79}q^{0,53}$$

Hvor

D<sub>50</sub>=steinstørrelse (m)

q= enhetsvannføring i elvens bredde (m<sup>2</sup>/s)

S<sub>0</sub>=elvens bunnhelling

For å beregne vannføring er Mannings formel brukt:

$$Q = M \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot I^{\frac{1}{2}}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

Hvor

$M$ =Mannings tall

$A$ =tverrsnittsareal i elven

$P$ =hydraulisk raduis

$I$ =elvens bunnhelling

Disse er hentet fra NVE sin «Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein».

## Beregninger

En rekke antakelser er gjort for beregningene:

- Elvens bunnhelling er satt til 1:20 etter estimater gjort ved kartstudier og utvurdering av bilder (se nedenfor)

*Kartutklipp med 1 meters koter og bild for brua som det ser ut i dag.*



- Arealen i elven er beregnet som en rektangel for å forenkle videre beregninger.
- Nedbørsfeltets areal er estimert til 7 km<sup>2</sup> etter bruk av NVE-atlas.
  - En veiledende  $Q_{dim}$  ved flom blir da 14 m<sup>3</sup>/s (1–2 ganger km<sup>2</sup> nedslagsfeltsareal).
- Flere antakelser står i tabellen på neste side, sammen med referenser.

Vassdraget som det ser ut i dag er ved lav vannføring i underkant tre meter bredt under brua. Etter ny bru er bygget vil vannet ha mulighet for å spre seg mer ut. Derfor er bredder på 3, 7 og 10 meter tatt med i beregningene nedenfor.

I	0,05		
M	43	m <sup>1/3</sup> /s	s. 120. Tab. 4.1 Vassdragshåndboka
Shields konstant, C	0,05		s. 11 Fig. 5 Veileder for erosjonssikring...
Y <sub>vann</sub>	10	kN/m <sup>3</sup>	
Y <sub>stein</sub>	27	kN/m <sup>3</sup>	
Nedbørsfeltareal	7	km <sup>2</sup>	Se oven
Q <sub>dim</sub>	14	m <sup>3</sup> /s	Se oven

Bredde [m]	Dybde [m]	A [m]	P [m]	R [m]	v [m/s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	q [m <sup>2</sup> /s]	D <sub>50</sub> (Robinsons) [m]	D <sub>50</sub> + 20 % [m]	t [m]	τ [kPa]	d <sub>60</sub> (Shields) [m]
10	0,1	1	10,2	0,1	2,0	2,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1
10	0,2	2	10,4	0,2	3,2	6,4	0,6	0,1	0,1	0,1	0,10	0,1
10	0,5	5	11	0,5	5,7	28,4	2,8	0,2	0,3	0,3	0,23	0,3
10	0,7	7	11,4	0,6	6,9	48,6	4,9	0,3	0,4	0,5	0,31	0,4
10	1	10	12	0,8	8,5	85,1	8,5	0,4	0,5	0,7	0,42	0,5
7	0,1	0,7	7,2	0,1	2,0	1,4	0,2	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1
7	0,2	1,4	7,4	0,2	3,2	4,4	0,6	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1
7	0,5	3,5	8	0,4	5,5	19,4	2,8	0,2	0,3	0,3	0,22	0,3
7	0,7	4,9	8,4	0,6	6,7	32,9	4,7	0,3	0,4	0,5	0,29	0,3
7	1	7	9	0,8	8,1	56,9	8,1	0,4	0,5	0,7	0,39	0,5
3	0,1	0,3	3,2	0,1	2,0	0,6	0,2	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1
3	0,2	0,6	3,4	0,2	3,0	1,8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,09	0,1
3	0,5	1,5	4	0,4	5,0	7,5	2,5	0,2	0,3	0,3	0,19	0,2
3	0,7	2,1	4,4	0,5	5,9	12,3	4,1	0,3	0,4	0,4	0,24	0,3
3	1	3	5	0,6	6,8	20,5	6,8	0,4	0,5	0,6	0,30	0,4

Sidene må sikres med større stein enn i bunn:

$$D_{side} = D_{bunn} \cdot C_{\theta}$$

$D_{bunn} = 0,5$  m (se ovenfor)

$C_{\theta} = 1,5$  (fig. 60 i NVE sin «Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein»)

$$D_{side} = 0,75 \text{ m}$$

## Konklusjon for erosjonssikring

Veiledende vannføring ved flom er satt til  $14 \text{ m}^3/\text{s}$ . I beregningene oven er noen av vannføringene mye høyere og kan nærmest sees på usannsynlige.

For en konservativ betraktning er maks vannføring satt som  $25 \text{ m}^3/\text{s}$ . Dimensjonerende steinstørrelse blir da ifølge Robinsons formel + 20 % at  $D_{50} = 0,5$  meter i bunn av elva og  $0,75$  meter i elvens skråninger.

## Filter

Filtret skal generelt sett oppfylle følgende krav:

- Det skal være stabilt mot indre erosjon.
- Det skal hindre utvasking av partikler fra underlaget
- Det skal være så permeabelt at det ikke bygger seg opp vanntrykk bak filtret

Typer av grusfilter og geotekstiler er tatt med i vurderingen hvor geotekstiler er anbefalt. Grusfilter ble ikke vurdert ettersom det kan være dårligt egnet i små elver hvor filterlaget tar mye plass og når det bygges på finsand ettersom mange lag da må bygges opp. Noe som er kostbart og vanskelig. Medbyelv er en relativt liten elv og det er finsand med i kornfordelingen.

I fra NVE sin «Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein» er følgende grunnlag hentet:

NorGeoSpec ([www.norgeospec.org](http://www.norgeospec.org)) har et nordisk klassifiseringssystem som er brukt. De fleste geotekstil på det norske markedet er i henhold til NorGeoSpec.

SUBSOIL	CONSTRUCTION CONDITIONS	TRAFFIC	MAXIMUM GRAIN SIZE ( $D_{MAX}$ ) IN FILL MATERIAL (MM)			
			$d_{max} < 63$	$63 < d_{max} < 200$	$200 < d_{max} < 500$	$d_{max} > 500$
Soft	Normal	High	3	4	5	5
		Normal	3	4	4	5
	Favourable	High	3	3	--	--
		Normal	2	3	--	--
Firm	Normal	High	2	3	3	4
		Normal	2	2	3	3
	Favourable	High	2	2	--	--
		Normal	2 <sup>1)</sup>	2	--	--

1) Specification profile 1 may be used for roads with temporary traffic, access roads or similar.

$D_{max}$  vil være større enn 500 mm i sikringen siden  $d_{50}=0,5$  m. Massene er faste med normale anleggsforhold. Trafikken er høy.

Spesifikasjonsprofilen blir da 4.

Videre er løsmassene klassifisert som masser innenfor område II i figur 52 fra *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*, hvilket gir:

$$O_{90} < 10D_{50b}$$

$$O_{90} < 2D_{90b}$$

Hvor:

$O_{90}$  = karakteristisk poreåpning (mm)

$D_{xxb}$  = karakteristisk størrelse, xx, i massene under geotekstilen (i bunn)

I geoteknisk datarapport 2012/154601-008 fra Medbyelv hentes tall for  $d_{50}$  og  $d_{90}$  i bilag 4.

	[mm]
$d_{50}$	1
$d_{90}$	20
$10d_{50}$	10
$2d_{90}$	40

$$O_{90} < 10 \text{ mm}$$

$$O_{90} < 40 \text{ mm}$$

Alle geotekstiler NorGeoSpec har registrert for spesifikasjonsprofil 4 har en  $O_{90} < 10$  mm ([www.norgeospec.org/acms/product-certificates](http://www.norgeospec.org/acms/product-certificates)).

For å forhindre oppbygging av poretrykk må geotekstilet være mer permeabelt enn underlaget:

$$k_f \geq Mk_b$$

Hvor:

$k_f$  = permeabiliteten til geotekstiliet (m/s)

$k_b$  = permeabiliteten til underlaget (m/s)

$M$  = koeffisient som avhenger av geotekstiliet.  $M=10$  for vevet og  $50$  for filtet geotekstil

$$k_b = 0,01D_{10}^2$$

Hvor:

$D_{10}$  = kornstørrelse (mm)

$D_{10}$  hentes fra geoteknisk datarapport 2012/154601-008.

Videre blir permeabiliteten til geotekstiliet beregnet etter formel:

$$k_f = \frac{t \cdot VI_{H50}}{0,05 m}$$

Hvor:

$k_f$  = permeabiliteten til geotekstiliet (m/s)

$VI_{H50}$  = hastighetsindeksen (m/s)

$t$  = tekstiltykkelse (m)

Tykkelsen til tekstiliene er ikke oppgitt og er derfor antatt. Hastighetsindeks er hentet fra NorGeoSpec ([www.norgeospec.org/acms/product-certificates](http://www.norgeospec.org/acms/product-certificates)). Alle geotekstiler i spesifikasjonsprofil 4 er sjekket og det mest konservative verdiet er brukt.

$D_{10}$	0,06	mm
$k_b$	0,000036	m/s
$10k_b$	0,00036	m/s
$50k_b$	0,0018	m/s
$t$	2	mm
$VI_{H50}$	0,08	m/s
$k_f$	0,0032	m/s

Permeabilitetskrav for alle geotekstiler i spesifikasjonsprofil 4 er oppnådd.

Geotekstiler fra NorGeoSpec som oppfyller krav til permeabilitet og poreåpning:

- TenCate Geosynthetics Polyfelt TS65 N eller TS65N(6)
- Byggros A/S BG-*Tex* NGS4

## Gjennomførelse – Erosjonssikring

Sikringen bygges opp med to lag ensgradert stein med  $D_{50} = 500$  mm i bunn av elven og  $D_{50} = 750$  mm på siden. Under sikringen bør det ligge et filter av et åpent (permeabelt) men sterkt geotekstil (se oven for spesifikke krav). Det kan være nødvendig å beskytte geotekstilet med et lag grus før plassering av plastringsteinen for å forhindre mekanisk slitasje mot geotekstilet i og etter anleggsfasen. Topp sikring bør ha samme nivå som eksisterende elvebunn. I praksis kan det være vanskelig å få plassert to lag med plastringstein under broen hvis sikringen skal utføres etter at brodekket er bygget.

På grunn av problem med bunnsenking og erosjon, bør sikringen føres godt oppstrøms broen og tilpasses terrenget. På nedstrøms side må det sikres mot undergraving og plastringen bør derfor fortsette minst 8 meter nedstrøms bruene. Skal sikringen rundt broen holde, er det helt nødvendig at partiet nedstrøms er stabilt. Hvis ikke vil bunnsenking som beveger seg oppstrøms undergrave sikringen ved broen.

Arbeidet bør begynne nedstrøms bruene og gå oppover i elven for at steinene i plastringen skal låse mot hverandre.