

Oppdragsgiver: Østfold fylkeskommune

Oppdragsnr.: 52301221 Dokumentnr.: VFK.0.GET.TEKN.N.001

Til: Østfold fylkeskommune v/ Jyar Dara

Fra: Norconsult Norge AS

Dato 2024-03-22

## ► Fv. 317 Helgerødgata – Kanalbrua | Vurderinger av pelelengder ny Kanalbru

### Innledning

I forbindelse med prosjektering av ny Kanalbru i Moss har Norconsult anbefalt Viken fylkeskommune å utføre noen supplerende grunnundersøkelser. Bakgrunnen for vår anbefaling er at vi vurderer at det foreligger lite data om grunnforhold til tilstrekkelig dybde for å kunne utføre en mer nøyaktig peledesign.

Det er utført totalsonderinger ved ny bru som er avsluttet i løsmasser uten å ha nådd berg ved ca. 80 m og 100 m dybde. Prøvetaking er utført til ca. 8 m – 14 m dybde, og trykksondering er utført til ca. 12 m – 24 m dybde (dypeste trykksondering avsluttet ved ca. kote -21). Det er knyttet usikkerhet til å vurdere parametre for jorda på bakgrunn av totalsonderinger, det er dermed knyttet usikkerhet til parametervalg fra ca. 20 – 25 m dybde.

Det ble avholdt møte med Viken 2023.09.08 vedrørende usikkerhet i vurdering av pelelengder og forslag om å utføre supplerende grunnundersøkelser. For oppsummering fra møtet vises det til e-post fra Norconsult datert 2023.09.15. I møtet ba Viken Norconsult om å vurdere ugunstigste og gunstigste forhold for vurdering / beregning av bæreevne for peler og nødvendig pelelengder. Videre ønsker Viken at det for mengder til Anslag legges til grunn «tilstrekkelig konservativisme» med tanke på pelelengder.

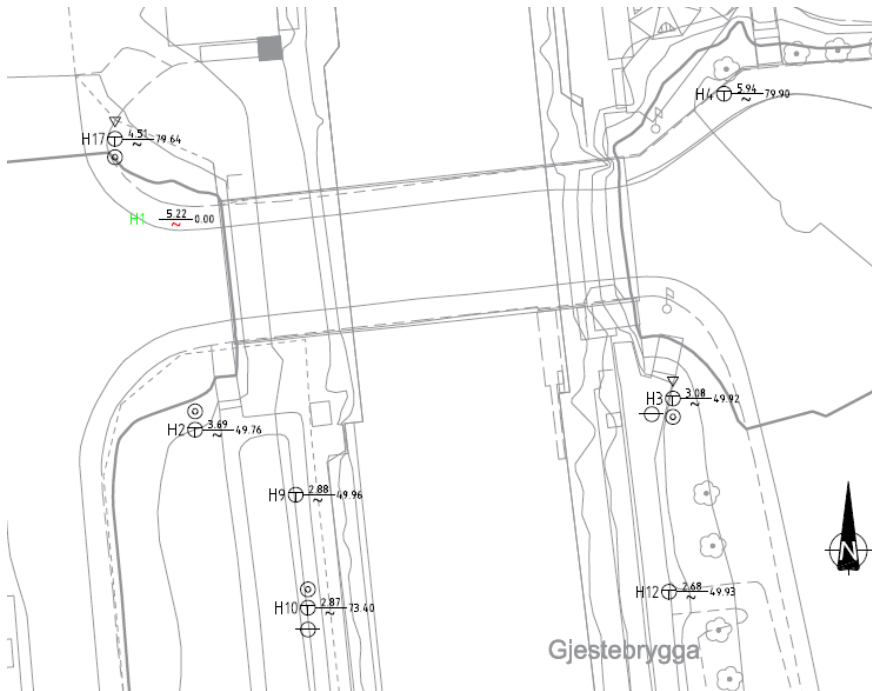
### Grunnlag

For vurderingen er det tatt utgangspunkt i *Forprosjekt ny Kanalbru og interimsløsning*, dok. nr. VFK.0.KON.TEKN.R.001 og brualternativet med 3-spenns plastøst betongbru og pelelaster i henhold til forprosjektrapporten for det alternativet. For dette brualternativet er det vurdert å benytte rammede peler; stålrørspeler med diameter Ø914 mm for akser med størst pelelaster og stålrørspeler med diameter Ø610 mm for akser med minst pelelaster. De to midtre aksene har størst pelelaster og det er minst pelelaster i landkaraksene.

Som omtalt i Innledning, er det utført totalsonderinger, trykksonderinger og prøvetaking ved brua. Utklipp fra oversikt med boringer som viser plassering av disse går fram av figur 1. I tillegg til disse undersøkelsene foreligger det grunnundersøkelser utført for prosjektering av den eksisterende kanalbrua samt erfaringer fra fundamenteringsarbeider for «Jernbanebrua» med blant annet prøvebelastning av peler. Resultater fra supplerende grunnundersøkelser utført for eksisterende kanalbru er samlet i NGI-rapport *Supplerende grunnundersøkelser for ny kanalbru i Moss*, rapport nr. O.241 datert 1. februar 1955. I rapport fra Veglaboratoriet *Rapport om pelekontroll for Jernbanebrua i Moss, Østfold fylke*, rapport B52 datert 30. juni 1961 er resultater fra forsøkene samlet. Brua over jernbanen ble fundamentert på forholdsvis korte betongpeler.

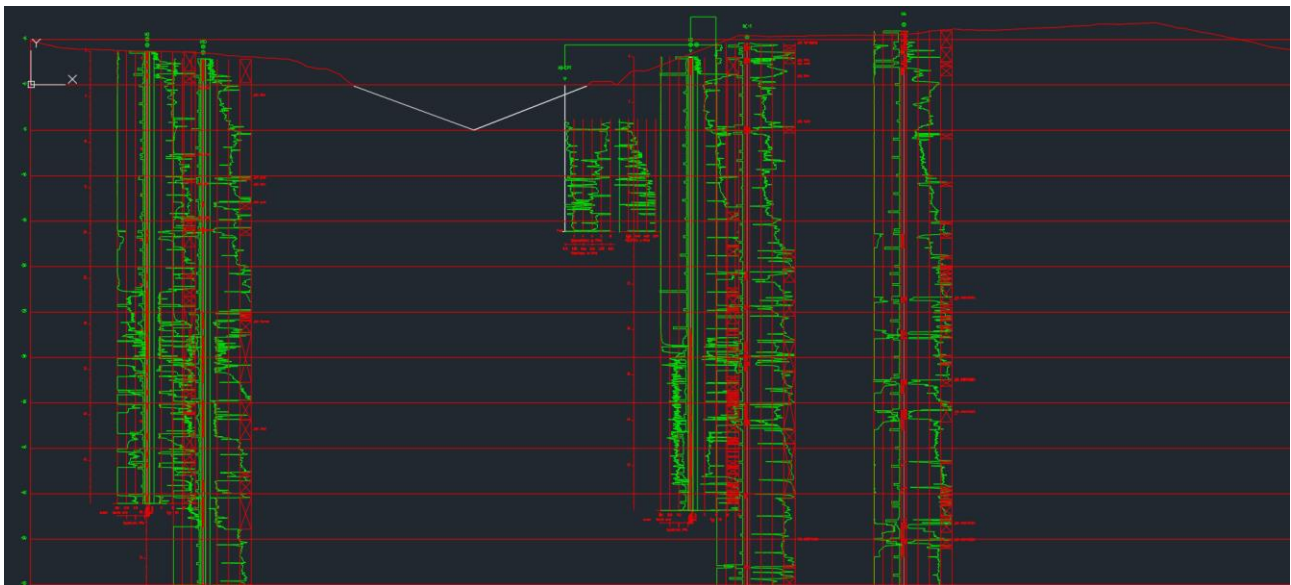
Oppdragsgiver: Østfold fylkeskommune

Oppdragsnr.: 52301221 Dokumentnr.: VFK.0.GET.TEKN.N.001



Figur 1 Oversikt med boringer, utsnitt ved ny Kanalbru, ref. Geoteknisk datarapport fv 317 Helgerødgata – Kanalbru (Viken fk)

Lengdesnitt ved ny Kanalbru med noen sonderinger er vist i figur 2.



Figur 2 Sonderinger ved ny Kanalbru

**Bæreevne av peler**

For beregning av bæreevne for peler og derav nødvendig pelelengde ut fra pelelast er det lagt til grunn formel for rammede friksjonspeler i leire, beregning etter semi-empirisk metode gitt i Peleveiledningen 2019, formel (4-14), gjengitt under i figur 3.

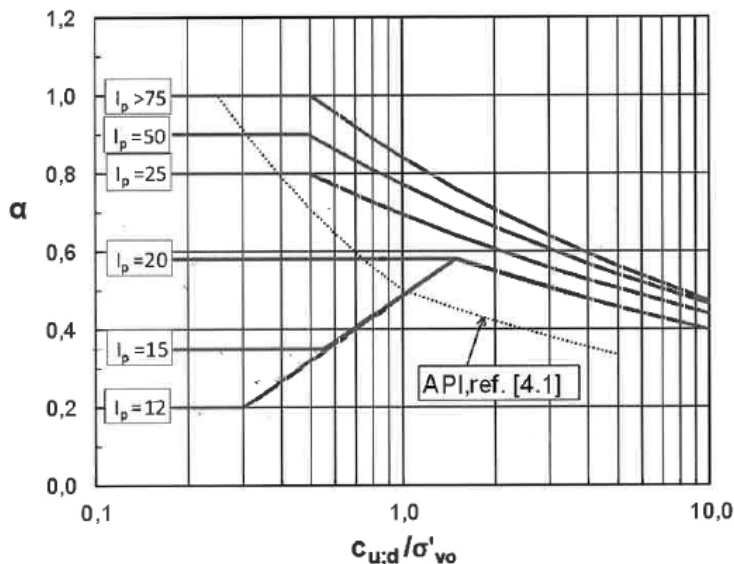
$$R_{C7k} = (R_{s,cal} + 9 \cdot A_b \cdot c_{u,b,cal}) / \xi - W_p \tag{4-14}$$

hvor:

- $R_{s,cal}$  =  $\int O_s \cdot \tau_{us,cal} \cdot dz$  = kraft som opptas ved friksjon
- $O_s$  = pelens omkrets i jord ( $\pi \cdot D$  for sylindrisk pel)
- $dz$  = inkrementell dybde,  $z$
- $\tau_{us,cal}$  =  $\alpha \cdot c_{u,cal}$  = beregnet udrenert sidefriksjon i en gitt dybde
- $\alpha$  = empirisk sidefriksjonsfaktor (Figur 4-8)
- $c_{u,cal}$  = beregnet in-situ udrenert styrke i en gitt dybde
- $A_b$  = pelens spissareal
- $c_{u,b,cal}$  = beregnet udrenert skjærfasthet ved pelespiss
- $W_p$  = pelens vekt
- $\xi$  = korrelasjonsfaktor definert i avsnitt 1.10.6

Figur 3 Formel for karakteristisk bæreevne av pel i leire, ref. Peleveiledningen 2019

Basert på prøvebelastning av peler for «Jernbanebrua» samt data fra prøvetaking og tolkning av trykksonderinger er  $\alpha$ -verdi tilbakeregnet til 0,8. Sidefriksjonsfaktor  $\alpha$  lik 0,6 vurderes som ugunstigste verdi benyttet i vurderingene, figur for  $\alpha$  mot  $c_{u,d}/\sigma'_{vo}$  fra Peleveiledningen er gjengitt i figur 4. Som det framgår av formel for beregning av bæreevne, er en lav verdi for  $\alpha$  ugunstigere enn en høyere verdi.

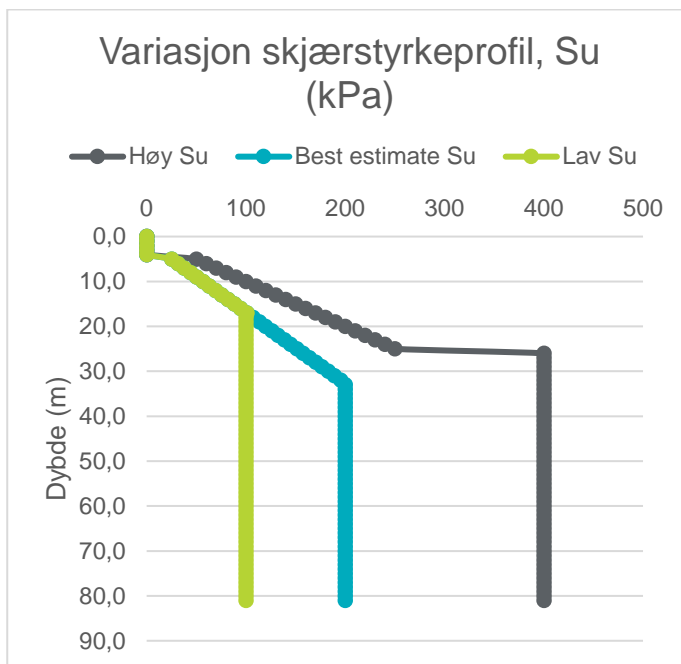


Figur 4-10 Anbefalt prosedyre for bestemmelse av normalisert sidefriksjon i leire ( $\alpha$ -verdi) som funksjon av normalisert udrenert styrke,  $c_{u,d}/\sigma'_{vo}$ , fra ref. [4.16]

Figur 4 Sidefriksjonsfaktor  $\alpha$ , ref. Peleveiledningen 2019

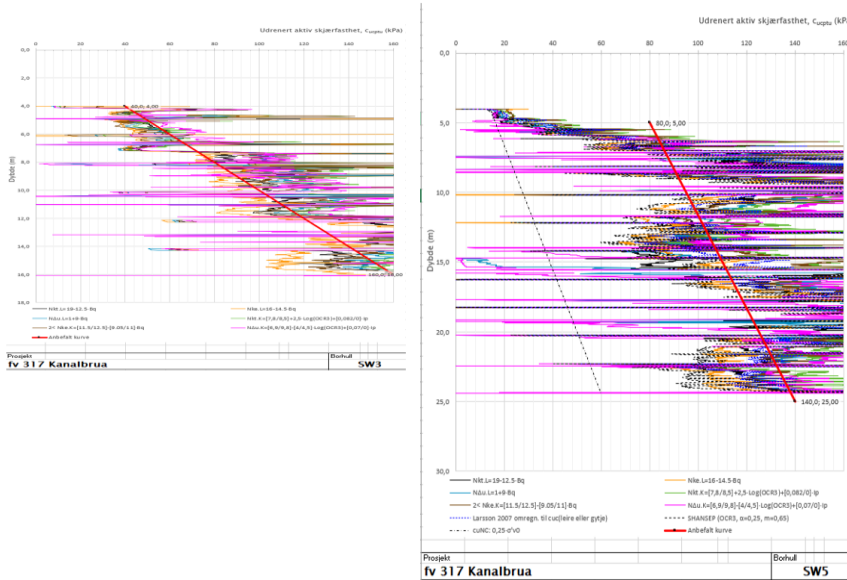
For vurderingene er det ikke sett på mulig verifisering av bæreevne ved stoppslagning i svært faste masser. Bakgrunnen for dette er at det er vanskelig å anslå i hvilken dybde eller lengde av pel stoppslagning eventuelt kan oppnås. I forbindelse med videre detaljprosjektering og valg av rammeutstyr, vil en slik vurdering inngå.

I figur 5 er skjærstyrkeprofil ( $S_u$ -profil) for det som vurderes som ugunstigste verdier, mest sannsynlige verdier og gunstigste verdier vist.



Figur 5 Skjærstyrkeprofil mot dybde, vurdert som ugunstigste, mest sannsynlige og gunstigste verdier

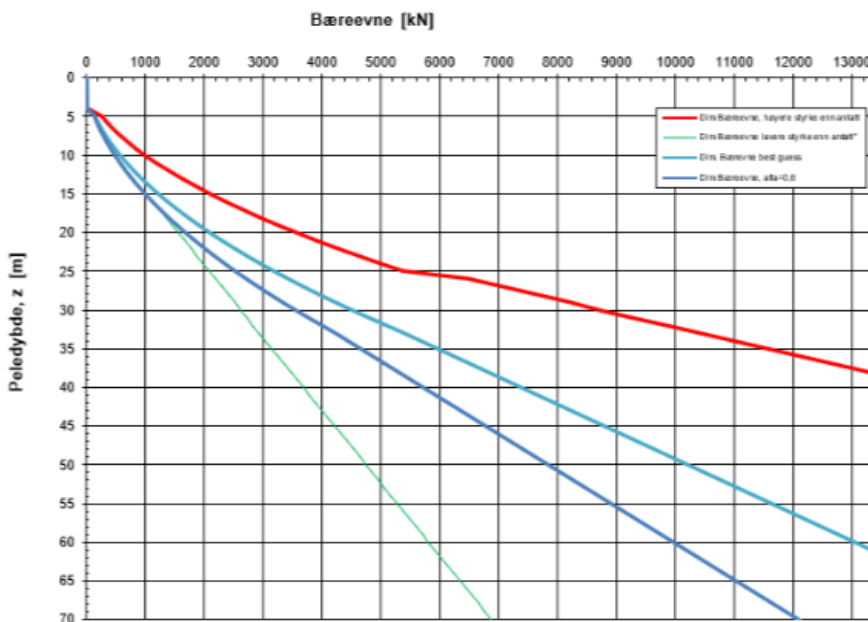
Tolkning av aktiv skjærstyrke,  $S_{u,A}$  fra to av trykksonderingene, nr 3 og 5, er vist i figur 6. For omregning av aktiv skjærstyrke til direkte skjærstyrke er det benyttet forholdet;  $S_{u,D} = 0,63 S_{u,A}$ . Det er direkte skjærstyrke som inngår i beregning av bæreevne av pel. Fra ca. 20 – 25 m dybde og dypere er det gjort antagelser vedrørende skjærstyrkeprofil da det kun foreligger totalsonderinger.



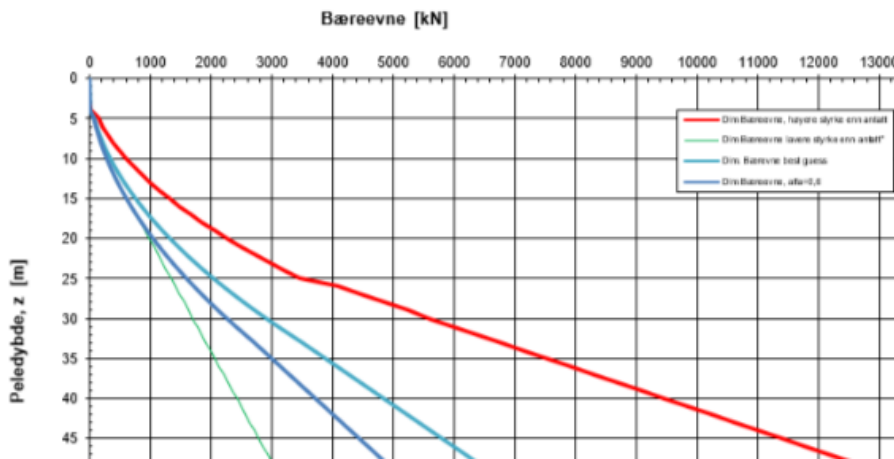
Figur 6 Tolket aktiv udrenert skjærstyrkeprofil, trykksondring 3 og 5

Med bakgrunn i de forskjellige skjærstyrkeprofil mot dybde fra figur 5 og  $\alpha$ -verdi som omtalt er dimensjonerende bæreevne av pel mot dybde for henholdsvis diameter Ø914 mm og Ø610 beregnet. Resultater for Ø914-pel er vist i figur 7, og resultater for Ø610-pel er vist i figur 8.

Korrelasjonsfaktor  $\xi = 1,55$  og partialfaktor for motstand (for rammede pelar, trykkpel)  $\gamma_t = 1,1$  for beregning av hhv. karakteristisk total bæreevne  $R_{c,k}$  og dimensjonerende bæreevne  $R_{c,d}$ . Dimensjonerende bæreevne må være større enn dimensjonerende pelelast ved pelespiss.



Figur 7 Dimensjonerende bæreevne  $R_{c,d}$ , Pelediameter Ø914 mm



Figur 8 Dimensjonerende bæreevne  $R_{c,d}$ , Pelediameter  $\varnothing 610$  mm

Ut fra figur 7 og 8 framgår det at fra ca. 20 – 25 m dybde øker forskjellen i beregnet bæreevne mellom gunstige og mer ugunstige alternativer av styrkeparametre for jorda og sidefriksjonsfaktor  $\alpha$ .

## Pelelengder for plasstøpt 3-spenns betongbru

Foreløpige dimensjonerende pelelaster fra forprosjekt for ny Kanalbru for alternativet med plasstøpt 3-spenns betongbru er:

Landkarakse 1 og 4:  $P_v = 2100$  kN

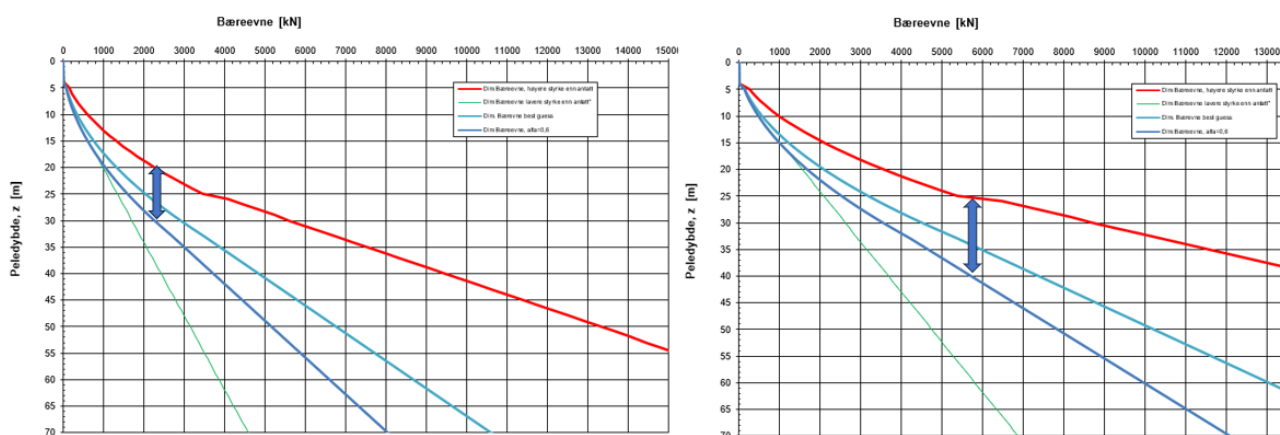
Søyleakse 2 og 3:  $P_v = 5600$  kN

Det er tenkt benyttet rammede, lukkede stålrørspeler med diameter  $\varnothing 610$  mm i landkar og diameter  $\varnothing 914$  mm for søyleaksene. For landkaraksene der det er relativt beskjedne pelelaster er det aktuelt å vurdere annen peledimensjon eller -type i forbindelse med videre detaljprosjektering. Det vurderes at laveste skjærstyrkeprofil som er benyttet for beregning av dimensjonerende bæreevne (grønne kurver i figur 9) er en svært konservativ og for ugunstig antagelse, disse legges ikke til grunn for vurdering av bæreevne / nødvendig pelelengde.

Variasjon i nødvendig pelelengder for de to peledimensjonene for «mest sannsynlig laveste verdi»-kurver (blå kurver) og «antatt mest gunstig verdi»-kurver (rød kurver) forutsatt pelelaster fra forprosjektet som angitt over blir som angitt i tabell 1:

Tabell 1 Pelelengder avhengig av vurdering av bæreevne av pel

Pelediameter - akse	Antatt sannsynlig laveste verdi for bæreevne av pel (blå kurve i figur 9)	Antatt mest gunstig verdi for bæreevne av pel (rød kurve i figur 9)	Forskjell i pelelengde (blå kurve versus rød kurve)
Ø914 mm - søyleakser	Ca. 40 m	Ca. 25 m	Ca. 15 m
Ø610 mm - landkarakser	Ca. 30 m	Ca. 20 m	Ca. 10 m



Figur 9 Variasjon av pelelengde for Ø914 mm og 610 mm peler avhengig av vurdering av bæreevne av pel

Basert på kostnadsoverslag i forprosjektrapporten, er enhetspris for peler ekskl. armering og utstøping;

- Ø610 mm stålrørspel 9500 kr/m
- Ø914 mm stålrørspel 16000 kr/m

Med angitt forskjell i pelelengder avhengig av «mest sannsynlig laveste verdi» og «antatt gunstigste verdi» for beregning av bæreevne som gitt i tabell 1 og enhetspriser som angitt over, utgjør kostnadsforskjellen pr. pel ca. 95.000,- for pelediameter 610 mm og ca. 240.000,- for pelediameter 914 mm. I tillegg kommer kostnader for armering og utstøping av pel.

Basert på peleantallet som ligger til grunn fra forprosjektrapporten for de to peledimensjonene (i alt 36 stk ved landkarene og 12 stk ved søyleaksene), utgjør kostnadsforskjellen for usikkerhet i pelelengder i størrelsesorden 6,3 mill.kr (ekskl. kostnader for armering og utstøping av pelene).

Usikkerhet i pelelengder forventes å reduseres dersom supplerende grunnundersøkelser med trykksøndering og evt. prøvetaking til større dybder enn det som er foreliggende utføres. Ved vellykkede undersøkelser til større dybder vil grunnlaget for bæreevneberegning av peler bli bedre.

E01	2024-03-22	Til 1. gangs behandling	VikRen	GAB	PiKMo
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult Norge AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult Norge AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.