



# NTNU

Kunnskap for en bedre verden

# Bacheloroppgave

IB303312 Bacheloroppgave

Dimensjonering av ny midlertidig ferjekai,  
småsamband etter håndbok V431

718, 732

Totalt antall sider inkludert forsiden: 224

Innlevert Ålesund, 23.05.2016

## Obligatorisk egenerklæring/gruppeerklæring

Den enkelte student er selv ansvarlig for å sette seg inn i hva som er lovlige hjelpemidler, retningslinjer for bruk av disse og regler om kildebruk. Erklæringen skal bevisstgjøre studentene på deres ansvar og hvilke konsekvenser fusk kan medføre. **Manglende erklæring fritar ikke studentene fra sitt ansvar.**

<i>Du/dere fyller ut erklæringen ved å klikke i ruten til høyre for den enkelte del 1-6:</i>		
1.	Jeg/vi erklærer herved at min/vår besvarelse er mitt/vårt eget arbeid, og at jeg/vi ikke har brukt andre kilder eller har mottatt annen hjelp enn det som er nevnt i besvarelsen.	<input checked="" type="checkbox"/>
2.	Jeg/vi erklærer videre at denne besvarelsen: <ul style="list-style-type: none"><li>• ikke har vært brukt til annen eksamen ved annen avdeling/universitet/høgskole innenlands eller utenlands.</li><li>• ikke refererer til andres arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• ikke refererer til eget tidligere arbeid uten at det er oppgitt.</li><li>• har alle referansene oppgitt i litteraturlisten.</li><li>• ikke er en kopi, duplikat eller avskrift av andres arbeid eller besvarelse.</li></ul>	<input checked="" type="checkbox"/>
3.	Jeg/vi er kjent med at brudd på ovennevnte er å <u>betrakte som fusk</u> og kan medføre annullering av eksamen og utestengelse fra universiteter og høgskoler i Norge, jf. <a href="#">Universitets- og høgskoleloven</a> §§4-7 og 4-8 og Forskrift om eksamen.	<input checked="" type="checkbox"/>
4.	Jeg/vi er kjent med at alle innleverte oppgaver kan bli plagiatkontrollert i Ephorus, se Retningslinjer for elektronisk innlevering og publisering av studiepoenggivende studentoppgaver	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Jeg/vi er kjent med at høgskolen vil behandle alle saker hvor det forligger mistanke om fusk etter NTNUs studieforskrift.	<input checked="" type="checkbox"/>
6.	Jeg/vi har satt oss inn i regler og retningslinjer i bruk av kilder og referanser på biblioteket sine nettsider	<input checked="" type="checkbox"/>

# Publiseringsavtale

Studiepoeng: 20

Veileder: NTNU i Ålesund: Kristian Normann  
Statens vegvesen: Robin Holvik Birkelund

## Fullmakt til elektronisk publisering av oppgaven

Forfatter(ne) har opphavsrett til oppgaven. Det betyr blant annet enerett til å gjøre verket tilgjengelig for allmennheten ([Åndsverkloven §2](#)).

Alle oppgaver som fyller kriteriene vil bli registrert og publisert i Brage med forfatter(ne)s godkjenning.

Oppgaver som er unntatt offentlighet eller båndlagt vil ikke bli publisert.

Jeg/vi gir herved NTNU i Ålesund en vederlagsfri rett til å gjøre oppgaven tilgjengelig for elektronisk publisering:

ja  nei

Er oppgaven båndlagt (konfidensiell)?  
(Båndleggingsavtale må fylles ut)

ja  nei

- Hvis ja:

Kan oppgaven publiseres når båndleggingsperioden er over?

ja  nei

Er oppgaven unntatt offentlighet?

(inneholder taushetsbelagt informasjon. [Jfr. Offl. §13/Evl. §13](#))

ja  nei

Dato: 23.05.2016

# INNHold

<b>SAMMENDRAG</b>	<b>2</b>
<b>TERMINOLOGI</b>	<b>3</b>
FORKORTELSER	3
<b>1 INNLEDNING</b>	<b>4</b>
1.1 BAKGRUNN FOR OPPGAVEN	4
1.2 OPPDRAGSGIVER	4
1.3 PROBLEMSTILLING	4
1.4 AVGRENSNINGEN AV OPPGAVEN	5
<b>2 TEORETISK GRUNNLAG</b>	<b>6</b>
2.1 FERJEKAI	6
2.2 BRUBÅS OG TILLEGGSKAI	7
2.3 LANDKAR	7
2.3.1 <i>Overgangsplate</i>	8
2.3.2 <i>Friksjonsplate</i>	8
2.4 PELEK	8
2.4.1 <i>Rammede stålrørspeler til berg</i>	8
2.4.2 <i>Borede stålrørspeler til berg</i>	8
2.4.3 <i>Stålrør satt i kumring på berg</i>	8
2.4.4 <i>Stålkjernepeler til berg</i>	9
2.4.5 <i>Stålrørspeler som friksjonspeler</i>	9
2.5 ARMERING	9
2.6 LASTER	10
2.6.1 <i>Laster fra ferje på tilleggs kai</i>	10
2.6.2 <i>Laster på brubås</i>	11
2.6.3 <i>Jordskjelvdimensjonering</i>	11
2.6.4 <i>Trafikklast</i>	12
2.6.5 <i>Lastfaktorer og lastkombinasjoner</i>	13
2.6.6 <i>Nedbøyningskrav</i>	13
<b>3 MATERIALER OG METODE</b>	<b>14</b>
3.1 DATA	14
3.2 METODE	15
3.2.1 <i>Jordskjelvdimensjonering</i>	15
3.2.2 <i>Dimensjonering av plate</i>	15
3.2.3 <i>Dimensjonering i Fem-Design</i>	20
3.2.4 <i>Autodesk Revit</i>	24
3.3 MATERIALER	25
<b>4 RESULTATER</b>	<b>26</b>
4.1 TILLEGGSKAIEN	26
4.2 BRUBÅS	27
4.3 LANDKAR	27
<b>5 DRØFTING</b>	<b>28</b>
<b>6 KONKLUSJON</b>	<b>29</b>
<b>7 REFERANSER</b>	<b>30</b>
<b>VEDLEGG</b>	<b>30</b>

## **SAMMENDRAG**

Oppgavene er å få til en løsning for en midlertidig ferjekai hvor deler eller hele kaiene kan gjenbrukes. Kaien skal ha samme krav til bruk som ved en normal ferjekai etter HB V431. Vi skal i denne oppgaven vise en løsning som er bra for en slik kai og vi skal dimensjonere konstruksjonen etter lover og regler som er gjeldende.

De er i denne oppgaven brukte forskjellige metoder for å komme frem til det resultatet som vi har ønsket. De er for det meste blitt brukt digitale verktøy til dimensjonering av de ulike delene i oppgaven. Vi har også brukt digitale verktøy til visualisering av konstruksjonen som vi har kommet frem til og til å produsere arbeidstegninger.

Resultatet for denne oppgaven er tilfredsstillt på det nivået at vi har fått til en gjenbrukbarhet etter det ønske som SVV har satt for oppgaven. Kaien tilfredsstillt også kravene for ferjekai etter HB V431 Ferjekai-Prosjektering.

## TERMINOLOGI

### *Forkortelser*

SVV	Statens vegvesen
EC	Eurokoder
HB	Håndbok
NS	Norsk Standard
NS-EN	Norsk Standard Eurokode
NA	Norsk Anvendelse
Ref.	Refererer til
Lign.	Ligning
Ok	Overkant
Uk	underkant
DCM	Medium duktilitet
DCL	Lav duktilitet
CAD	Computer Aided Design (Dataassistert konstruksjon)
BIM	BygningsInformasjonsModell

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Bakgrunn for oppgaven

Bakgrunnen for denne oppgaven er at vi skal skrive en bachelor oppgave som omfatter 20 studiepoeng. I den forbindelse har vi kontaktet Statens vegvesen angående å få skrive en oppgave med dem og vi fikk da tildelt en oppgave som passet vår studieretning. Oppgaven omfatter beregning av stål og betong konstruksjoner. Dette passer godt for oss som går konstruksjon som spesialisering ved NTNU i Ålesund.

Oppgaven er i hovedsak beregning av en tilleggs kai i stål, kaien skal være utformet slik at den betegnes som midlertidig kai om dette lar seg gjøre. Det vil si at deler av kaien skal være gjenbrukbar, så vi skal se på en løsning som gjør det mulig å demontere kaien etter bruk. Oppgaven omfatter også beregning av landkaret og brubåsen, for å få en helhet i kaiens beregning.

Vi kommer også til å se på mulige alternativer til hvordan flere av elementene i kaien kan gjenbrukes, slik at minst mulig av kaien blir stående igjen etter bruk.

Vi skal da i hovedsak se på: Tilleggs kaien, brubås og landkaret. Vi blir da også nødt til å beregne peler til tilleggs kaien og brubåsen. Det vil bli tatt forutsetninger om at området hvor kaien beregnes til å bestå av fjell siden kaien skal være flyttbar og grunnen og andre forhold vil variere for hvert enkelt tilfelle.

## 1.2 Oppdragsgiver

SVV arbeider for at alle som går, sykler, kjører eller reiser kollektivt skal komme trygt og sikkert frem. SVV planlegger, bygger, drifter og vedlikeholder riks- og fylkesveier i Norge. De har også ansvar for gjennomføring av førerprøver og tilsyn med kjøretøy og trafikanter.

SVV består av Vegdirektoratet og fem regioner: Region nord, Region midt, Region vest, Region sør og Region øst. De har 72 trafikkstasjoner og 5 veitrafikksentraler fordelt over hele landet.

Under arbeidet med denne oppgaven er vi tilknyttet SVV region midt ved kai og bruseksjonen som er lokalisert i Molde. De har ansvaret for drift, vedlikehold og bygging av kaier og bruer i fylkene Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag og Møre og Romsdal.

## 1.3 Problemstilling

Per dags dato har SVV tre alternativer ved ras, havari eller ombygging av veier/tuneller/bruer/ ferjekaier.

Alternativ 1 er SVV's mobile ferjekai. Den kaien blir sett på som en beredskapsskai og skal være tilgjengelig på kort varsel. Denne er ikke beregnet for lengre perioder og har begrensninger med hensyn til akseptabel ferjestørrelse og terminaltid. Den er derfor ikke et godt alternativ for prosjekter hvor arbeidet skal pågå over lengre tid.

Alternativ 2 er å bygge en ny ferjekai. Der Hvor det ikke har vært mulig å benytte mobil ferjekai har det vært vanlig å bygge en ny ferjekai. Dette medfører store kostnader og er ikke alltid like gunstig.

Alternativ 3 er omkjøring. Dette alternativet kan føre til lange omkjøringer for trafikanter som vil komme seg raskest mulig fra A til B. Dette kan føre til store kostnader og lengre reisetid for trafikantene.

Det er derfor et ønske om å se på løsninger på en midlertidig ferjekai hvor deler av kaien skal kunne demonteres og gjenbrukes. På denne måten kan man spare penger på lengre sikt og en slipper unødvendige omkjøringer og eller nybygginger.

**Samfunns mål:** Den nye tilleggs kaien i stål skal bidra til at kapasiteten på veistrekningen opprettholdes under arbeid/utbedringer på strekningen selv om arbeidet pågår over lengre tid.

**Effekt mål:**

- Samme egenskapene som en permanent ferjekai
- Ved standard mål/tegninger kan prosjekteringstid på nye/flere kaier reduseres

**Resultat mål:**

- Dimensjonering av ferjekai iht. SVV-håndbøker og gjeldende EC
- Digitale tegninger av ferjekaien (oversikt- /snitt- og detaljtegninger) som er nødvendige for å bygge kaien
- Finne en god demonterings/monteringsmetode av tilleggs kaien

## **1.4 Avgrensningen av oppgaven**

I denne oppgaven vil det være nødvendig å avgrense oppgaven slik at den ikke blir for omfattende. Vi har derfor valgt å legge vekt på følgende temaer:

- Finne en god løsning
- Dimensjonere: Landkar, tilleggs kai, peler og brubås
- Dimensjonere for jordskjelv
- Komme med et forslag til innfestninger (Demontering/Montering)

Temaer som det ikke vil bli lagt vekt på i oppgaven

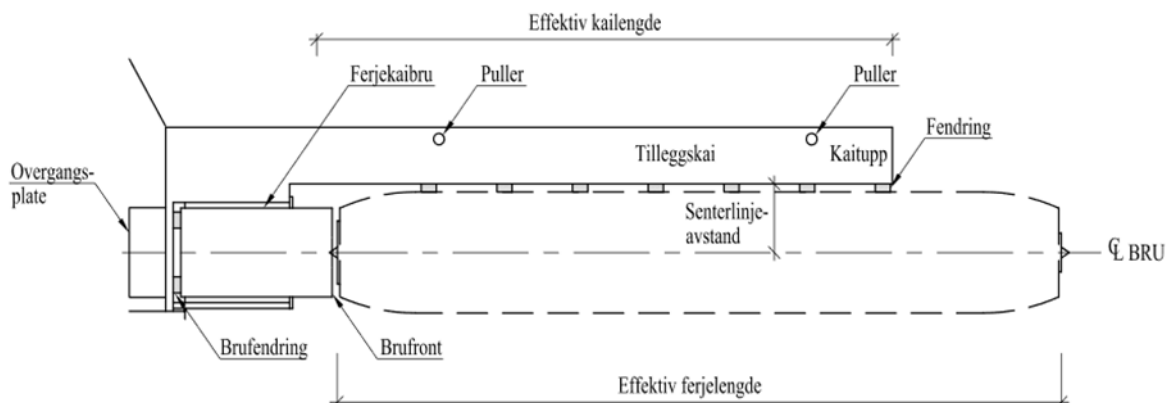
- Økonomi
- Utforming av ferjeleie
- Ferjekaibru, heisetårn, overgangsplate og friksjonsplate
- Beregning av innfestninger
- (Undervanns fundament)
- Stedlige forhold



## 2 TEORETISK GRUNNLAG

### 2.1 Ferjekai

Et ferjeleie består av ferjekai, landområdet og havneområde. En ferjekai består av elementene tilleggs kai, ferjekaibru, brubås, landkar og utstyr. Ved planlegging av en ny ferjekai er det viktig at alle fagmiljøer er involvert i planleggingen. Trafikkflyt, trafiksikkerhet, logistikk, grunnforhold, dybdeforhold, strømforhold, vindforhold og bølgeforsvar er forutsetninger som er viktig å ta hensyn til. Aktuelle brukere må også involveres i utviklingsfasen. Aktuelle brukere er ferjerederi, trafikanter og ansvarlige for drift og vedlikehold på landarealet og ferjekaia. [1]



Figur 1 Illustrasjon av ferjekai uten landområde [2]

Ombygging av ferjekaien er relativt kostbart. Man må derfor se på trender og utvikling i samfunnet slik at man bygger bredt nok, langt nok og dypt nok slik at man unngår at ferjekaien må bygges om i løpet av den levetid på grunn av at kapasiteten ikke er tilstrekkelig. [1]

Plasseringen av ferjekaien er avhengig av flere forhold maritime, byggetekniske, trafikale og logistikkmessige forhold. [1]

For maritime forhold er det viktig og tenke på hvordan ferjene manøvrerer. Det er forskjellige måter å anløpe en ferjekai på. Brukerne av anlegget vil derfor være viktige å høre på, men det bør tilstrebes å standardisere ferjekaiene. Andre viktige faktorer som det må tas hensyn til er vind, strøm og bølgeforsvar. Disse forholdene må undersøkes før plasseringen blir fastsatt, man bør derfor rådføre seg med aktuelle rådgivere for å fastsette disse forholdene. Ferjekaia bør ha en retning mest mulig parallelt med dominerende vindretning, men samtidig slik at tilleggs kaien ikke ligger for mye ute av kurs i forhold til sambandets retning. Slik unngår man unødvendig mye manøvrering og det kan gi utslag i både reisetid og økonomi. [1]

Ved en eventuell nødmanøvrering er det viktig at ferjekaien ikke er til hinder. Med nødmanøvrering menes det at ferja har mulighet til å avbryte tillegget uten å bli fanget i et trangt løp i en nødsituasjon. En helhetlig vurdering om hvilke kriterier som er viktigst vil være utslagsgivende for plasseringen av ferjekaien. [1]

Byggetekniske utfordringer kan unngås i stor grad ved å unngå dårlig grunn. Undervannsarbeid på store dyp bør også unngås. [1]

Den trafikale utformingen på ferjeleiet bør utformes slik at trafikken kan gå mest mulig i rettlinje og parallelt med tilleggs kaien for trygg og effektiv tømning av ferja. [1]

### Hoveddimensjoner

Ferjekaier er delt inn i tre standard dimensjoner små, mellomstore og store samband. Anbefalte standardiserte hoveddimensjoner er beskrevet i tabellen under som er hentet fra håndbok V431. Vi har valgt og bare å legge inn det som er gjeldende for vår kai som er små samband.

Sambandsstørrelse/Konstruksjonsdel	Små
Anbefalt effektiv ferjelende	T.o.m 70 m
Anbefalte ferjebredde	11-14 m
Maks ferjedypgang	3.5 m
Maks deplasement	T.o.m 1000 tonn
Effektiv kailengde	50 m
Bredde ferjekaibru	6 m
Bredde Brubås*	6-9 m
Minimum dybde (ref. NN1954)	Se kap. 2.2 i V i V431
Senterlinje avstand	Ca. 6.0 m

Tabell 1 Anbefalte standardiserte hoveddimensjoner [1]

\*Tilpasset ferjekaibrubredde

## 2.2 Brubås og tilleggs kai

Brubås omslutter og kobles til ferjekaibrua, og skal underordne seg funksjonskrav til ferjekaibrua.[1]

Tilleggs kaien sin hovedoppgave er å fungere som sidestøtte når ferja legger til og når den ligger fortøyd til ferjekaia. Tilleggs kaien gir også tilkomst til fending og annet utstyr for inspeksjon, vedlikehold og fortøyning.[1]

Utforming og plassering blir gjort med hensyn til lokal topografi, ønsket fending og tilkomst. Det er vanlig å benytte betongdekke på peler og skråpeler til opptak av horisontale laster der hvor det ikke er mulig å føre støttestav inn til land. Steder hvor kjørbare ankomst på kaien ikke har vært nødvendig har tilleggs kaien blitt bygget som en ren stålkonstruksjon som kun tar horisontale laster. Effektiv lengden på tilleggs kaien skal være minst 75 % av lengden på den lengste ferja som trafikkerer sambandet. En tilleggs kai utført i betong skal ha en minste bredde på 6.0 m for at den skal ha tilstrekkelig stivhet og styrke, samt gi nødvendig plass for mindre mobilkraner ved vedlikeholdsarbeid. Minste tykkelse på dekke er satt til 0,5 m i områder hvor skråpeler benyttes, økes tykkelsen til 1.0 m for å kunne oppnå en tilfredsstillende kraftoverføring til nærliggende vertikalpel. Horisontalkrefter på tvers i kaien opptas av skråpeler.[1]

## 2.3 Landkar

Dette er den konstruksjonen som er mellom ferjekaibrua og land, samt overgangen mellom tilleggs kaien og land. Det beste er å fundamentere landkaret direkte på fjell, slik at vi kan anse det som settningsfritt. [1]

Et landkar som er fundamentert direkte på fjell overføres horisontale og vertikale krefter fra ferjekaibru og tilleggs kai direkte til fjell, eventuelt med bidrag fra bergbolter og berganker. Om en må ha landkar på peler i løs masse overføres horisontale krefter på landkaret til friksjonsplate via overgangsplate. Vertikale krefter opptas av peler til berg eller fast grunn. Der en er sikker på at løs masse er rammbar, kan stålrørspeler benyttes. Dersom en er usikre på dette, bør stålkjernepeler eller borede peler benyttes [1]

### 2.3.1 Overgangsplate

Denne platen fungerer primært som en settningsutjevnerende plate som forhindrer at det oppstår sprang i overgangen mellom vegfylling og landkar om fyllingen setter seg. Overgangsplaten fungerer også som et ledd mellom landkar og friksjonsplata for det tilfelle landkaret står på peler, og overfører dimensjonerende strekk- og trykkrefter fra landkaret. [1]

### 2.3.2 Friksjonsplate

For landkar på peler i løsmasser benyttes friksjonsplate. Platen er den konstruksjonsdelen som beregningsmessig sørger for opptak av alle horisontale krefter i kaiens lengderetning, samt horisontale krefter på landkaret i sideretning. Det er støt- og fortøyningslaster som gir dimensjonerende lastvirkning på friksjonsplata. [1]

Både for friksjonsplata, overgangsplata og landkaret bør avrettningslage av pukk og betongavretting tas med. For å sikre at overdekning blir utført som spesifisert og for ekstra beskyttelse mot klorid inntrengning på flatene i korrosivt miljø og som ikke kan inspiseres i ettertid. [1]

## 2.4 Peler

Det er mange forskjellige metoder å pele på, det vil her være avgjørende hvilke forhold som er på stedet kaien skal bygges. Vi har da tatt med de forskjellige metodene som er nevnt i HB V431 slik at det er mulig å lese om hvilke muligheter en har når en skal velge.

### 2.4.1 Rammede stålrørspeler til berg

Rammede stålrørspeler til berg består av et tomt stålrør med spesiellaget spiss som lukker nedre ende. Pelen rammes vannfylt, og lenses før armering og utstøping. Denne pelen kan bli brukt på alle forhold, det er bare unntaksvis at de blir brukt på dybder over 30 m. [1]

### 2.4.2 Borede stålrørspeler til berg

Denne metoden er mye de samme som for den over, bare at på denne pelen har man ikke en spissformet ende. Denne metoden medfører mindre støy og rystelser ved boring enn ved ramming. På steder med liten eller ingen løsmasseoverdekning kan en boret pel oppnå innspenning, mens en rammet pel må beregnes som et ledd. Når en skal pele direkte på fjell må man sprengte ut en ansettelse grop for at pelen ikke skal gli under boring. [1]

### 2.4.3 Stålrør satt i kumring på berg

Denne løsningen egner seg der det er bart fjell i sjøen. Ved denne metoden fungerer søylen som en stål forskaling, og enn unngår peling/boring helt. Det er avhengig av at den har et plant område der man vil sette ned pelen, slik at kumringen får så flatt og en får boret fjellanker. Noen retningslinjer for innvendig kumringsdiameter ( $\emptyset_k$ ) i forhold til stålrørdiameter ( $\emptyset_r$ ) og innspenningsgrad kan gis (det forutsettes at det benyttes minimum 4 $\emptyset_{25}$  som bergbolter): [1]

$$\emptyset_k < 1,3 \times \emptyset_r$$

- Antas som ledd i permanent konstruksjon
- Antas med innspenningskapasitet bestemt av antall bergbolter i byggetida, men ikke høyere enn kapasiteten i søylefoten [1]

Eller:

### $\phi_k > 1,8 \times \phi_r$

- Antas som fullt innspent i byggetid og permanent konstruksjon bestemt av antall bergbolter, og det søkes innlagt bergbolter slik at kapasiteten i fot kumring er minst like stor som kapasiteten i søylefot. [1]

#### 2.4.4 Stålkjernepeler til berg

Stålkjernepeler til berg kan være et aktuelt alternativ til stålrørspeler der pelen må komme seg gjennom steinfylling med risiko for å støte på store blokker. Det er lite støy og rystelser ved utførelsen av denne metoden. [1]

#### 2.4.5 Stålrørspeler som friksjonspeler

Ved denne metoden vil meste av bæreevnen til stålrørspeler i løsmasse være i form av sidefriksjon mot røret. Beregningen av slike peler gjøres av personer med geoteknisk kompetanse, basert på stedlige grunnundersøkelser. Stålrørspeler i løsmasse kan utformes på ulike måter, som tette peler med bergspiss eller grunnspiss og som hule rør. [1]

### 2.5 Armering

Armering med diameter mindre enn 12mm skal ikke benyttes. Alle tverrsnittsdeler skal være dobbeltarmert i begge retninger. Armeringsbunter skal ikke ha mer enn 2 stenger, ikke mer enn 3 stenger i skjøteområder.

For beregning av byggehøyde, fri avstand mellom armeringsstenger og lignende skal det regnes med byggemål for kamstål som vist i tabellen under. [2]

Diameter	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
Byggemål	15mm	20mm	25mm	30mm	40mm

Tabell 2 Byggemål for kamstål [2]

I områder med tett armering skal det tegnes som førstørres snitt/detaljer som viser nøyaktig armeringsplassering og virkelig armeringsdiameter. Fri åpning mellom horisontalarmering i vertikal konstruksjonsdeler bør ikke være mindre enn 80mm. Armering i fundamenter og landkarsåler skal ha diameter  $\geq 16$ mm. Senteravstand i begge retninger skal være  $\leq 200$ mm i underkant og overkant fundament og  $\leq 300$ mm i alle sideflater.

Underkant armering skal plasseres minst 50mm over topp pel. Dersom avstanden mellom denne armeringen og underlaget blir større enn 200mm, skal det i underkant fundament legges inn minimum  $\phi 16 \times 150$ mm ekstra armering i begge retninger. [2]

Vertikal- og horisontalarmering i søyler skal ha senteravstand  $\leq 200$  mm.

Minimumsarmeringen skal være symmetrisk. Lengdearmeringen skal ha diameter  $\geq 16$ mm; ved undervannsstøp  $\geq 20$ mm. [2]

## 2.6 Laster

### 2.6.1 Laster fra ferje på tilleggs kai

Ved beregning av støtlaster er det den største ferja som forventes å trafikkere sambandet, lokale forhold og fenderverk som benyttes i beregningen. Støtlastene skal ikke beregnes mindre enn 500 kN.

Tilleggskaieren kontrolleres for støtlaster (punktlast) som vist i tabellen under som er tatt fra HB N400. [2]

D	P <sub>2</sub>	E <sub>2</sub>	S	Klasse
1000	500	150	300*	Små samband*

Tabell 3 Karakteristisk støtlast P<sub>2</sub>, energimengde E<sub>2</sub> og pullerstrekk S [2]

\*Benyttes kun i tilfeller der det forventes lav trafikkvekst i løpet av stipulert levetid

I tabellen over benyttes følgende betegnelser: [2]

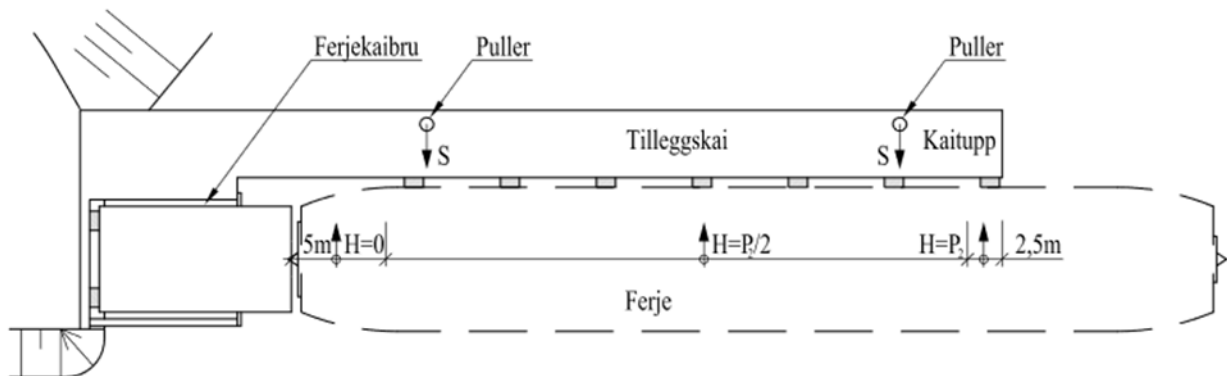
D – maksimalt deplasement (tonn)

P<sub>2</sub> – maksimal støtkraft (kN)

E<sub>2</sub> – maksimal støtenergi (kNm)

S – maksimal strekkraft (kN) per puller

Støtlastene ovenfor regnes for å virke på de ytterste 2,5 m av tilleggskaieren. Fra 2,5 m kaitupp og til 5 m fra brufront regnes halv støtlast. Støtlastene har ingen virkning på tilleggskaieren nærmere brufronten enn 5,0 m. Støtlastene angriper horisontalt og vinkelrett på tilleggskaieren mellom øvre og nedre grense på fenderverket. Viser dette på figuren nedenfor som er hentet fra N400. [2]



Figur 2 Virkeområde for støtlaster fra ferje mot tilleggs kai [2]

#### 2.6.1.1 Fortøyningslaster

Fortøyningslaster skal beregnes etter den største ferja som forventet å trafikkere sambandet. Lokale forhold som vin, strøm og bølger er også elementer som det skal tas hensyn til. Det skal ikke regnes mindre enn 300 kN pullerstrekk per puller i ugunstig retning. Lasten regnes å virke på to pullere som anvendes samtidig. [1]

#### 2.6.1.2 Ulykkeslast

Unormalt stor støtlast på kaitupp.

Dersom ei ferje skulle støte på tilleggskaieren med større hastighet enn 0,5 m/s eller med en energimengde større enn  $1,2 \times E_2$  skal dette regnes som en ulykkeslast. Tilleggskaieren skal kunne oppta et slikt sammenstøt med en duktil oppførsel og uten at reaksjonskraften overstiger  $3 \times P_2$  etter tabell 3. [2]

### **2.6.2 Laster på brubås**

Beregning av brubås er som beregning av en plate på søyler. Lastene som inngår i beregningene er trafikklaster som kommer da det er mulig å kjøre inn på dekket. Det vil da bli beregnet med store trafikklaste da det skal være mulig å ha oppstilling av en kranbil/mobilkran. Trafikk lastene vil bli beregnet ut fra de som er gitt i standarden «Eurokode- Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner».[3]

### **2.6.3 Jordskjelvdimensjonering**

Jordskjelvdimensjonering blir gjort etter gjeldende standard for dimensjonering av jordskjelv. En finner da ut om det har noe innvirkning på konstruksjonen som skal dimensjoneres. En må også ha en plass som en dimensjonerer for, og vi har da valgt å bruke Mordalsvågen som et alternativ slik at vi har et grunnlag for å kunne dimensjonere for jordskjelv.

Aktuelle standarder som blir brukt er:

NS-EN 1998-1:2004+NA:2008 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.[4]

NS-EN 1998-2:2005+A1:2009+NA:2009 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 2 bruer.[5]

Vi har også gjennomført et jordskjelvdimensjoneringskurs med Vemund Årskog.

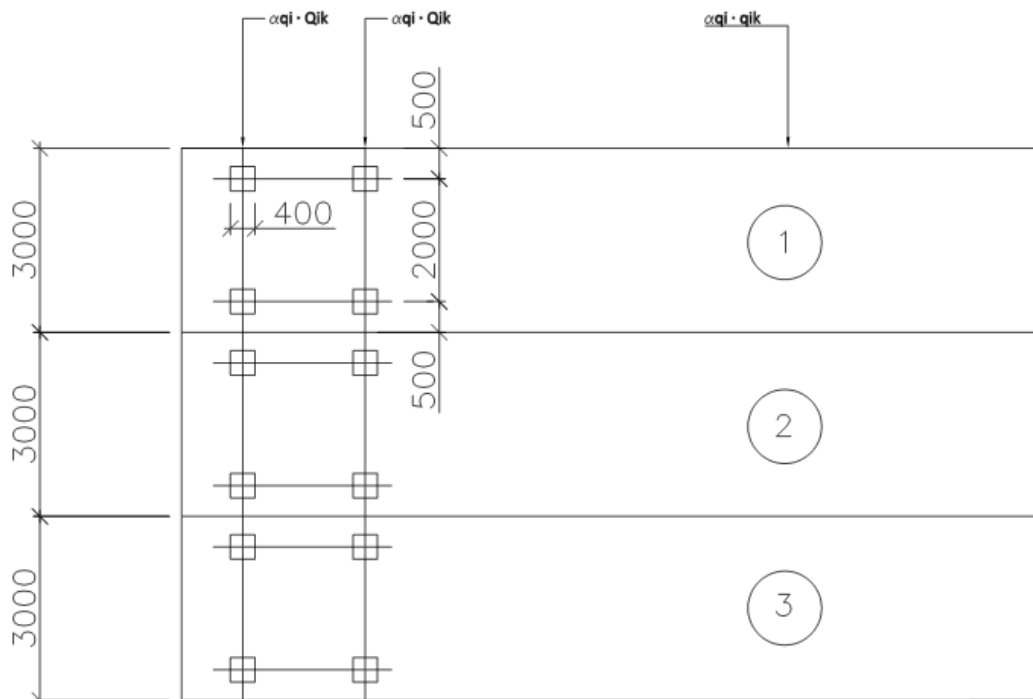
## 2.6.4 Trafikklast

Trafikklast på ferjekaibruer finner vi i Na-rundskriv 07/2015.[6]

I kapittel 2. trafikklast på ferjekaibruer står det: Alle deler av ferjekaibruer som inngår i det offentlige vegnettet, skal belastes med trafikklast som for vegbruer. Karakteristiske verdier er som angitt i NS-EN 1991-2 multiplisert med faktoren 0,8.[6]

Alle tall og verdier er hentet fra Eurokode 1 laster på konstruksjoner del 2 trafikklast på bruer. De er metoder for å finne verdier og vi vil da legge inn noen bilder som illustrerer lastfordelingen for en trafikklast og noen tabeller som viser hvilke verdier som er brukte i beregningene.

Trafikklast og snølast kan ikke opptre samtidig siden brubåsen vil være brøytet før den tas i bruk.



Figur 3 Lastbilde brubås

Legger ved tabell som viser laster som kommer på de forskjellige punktene og som viser hvilke jevnt fordelte laster som skal være der.

	$\alpha_{Qi}$	$\alpha_{qi}$	$Q_{ik}$	$q_{ik}$	TS $\alpha_{Qi} \cdot Q_{ik}$	UDL $\alpha_{qi} \cdot q_{ik}$
Lastfelt 1	1,0	0,6	300 kN	9,0 kN/m <sup>2</sup>	<b>300 kN</b>	<b>5,4 kN/m<sup>2</sup></b>
Lastfelt 2	1,0	1,0	200 kN	2,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>200 kN</b>	<b>2,5 kN/m<sup>2</sup></b>
Lastfelt 3	1,0	1,0	100 kN	2,5 kN/m <sup>2</sup>	<b>100 kN</b>	<b>2,5 kN/m<sup>2</sup></b>

Tabell 4 Laster til lastbildet

TS= Tandemsystem, UDL= jevnt fordelt last.

**Bremning og akselrasjonslaster[9]:**

$$180kN \leq Q_{ik} = 0,6 \cdot \alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_{lk}) + 0,10 \cdot \alpha_{qi} \cdot q_{lk} \cdot w_l \cdot L \leq 900kN \quad (\text{lign 1.0})$$

Hvor:  $\alpha_{Qi}=1,0$ ,  $Q_{lk}=300$  kN,  $w_l$ =lastfeltets bredde,  $L$ = lastfeltets lengde

## 2.6.5 Lastfaktorer og lastkombinasjoner

Lastfaktorer finner vi i standarder som vi tidligere har nevnt. [3]

$$\xi = 0,89$$

$$\gamma_{Gj,\text{sup}} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,1} = 1,50$$

$$\psi_0 = 0,7$$

Lastkombinasjoner er som vi kjenner til B1 og B2, den utvidede formelen finner man i NS-EN 1990:2002+NA:2008 6.4.3.2 Lastkombinasjoner for vedvarende eller forbigående dimensjonerende situasjoner. De formlene som vi skal bruke vil se slik ut da vi bruker de som er relevant for beregninger vi skal ta.

$$B1 = \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q = 1,35 \cdot G + 1,50 \cdot 0,70 \cdot Q = 1,35 \cdot G + 1,05 \cdot Q \quad (\text{Lign. 1.1})$$

$$B1 = \xi \cdot \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q = 0,89 \cdot 1,35 \cdot G + 1,50 \cdot Q = 1,2 \cdot G + 1,50 \cdot Q \quad (\text{Lign. 1.2})$$

## 2.6.6 Nedbøyningskrav

De er forskjellige krav for nedbøyning på de forskjellige delene av kaien vi har her tatt med de kravene som er relevante for oss og de beregningene som vi skal utføre. Kravene er hentet fra håndbok N400 som er utarbeidet av Statens vegvesen.

Nedbøyningskravene for platen er L/350 dette kravet er fra N400 kap. 3.6.1 [2]

Nedbøyningskravet for peler er L/200 dette er også hentet fra n400 kap. 11.4.2.1 [2]



## 3 MATERIALER OG METODE

### 3.1 Data

All data som vi har brukt er fra Statens vegvesen sine håndbøker som er tilrettelagt for prosjektering for SVV. Det blir også brukt en del standarder som det er henvist til i håndbøkene som blir brukte. Dette for å få en mer utdypet forklaring i ting som skal gjøres. Alt vi tar for oss av beregninger blir gjort etter gjeldende lovverk, Norske standarder og håndbøkene til Statens vegvesen.

#### Håndbøker som vi benytter:

- Håndbok V431 Ferjekai
- Håndbok N400 Bruprosjektering
- Håndbok R762 Prosesskode 2
- Håndbok R700 Tegningsgrunnlag

Dette er de håndbøkene som er mest brukt fra statens vegvesen, det følger også her med rundskriv til noen av bøkene som vi bruker. Usikkerheten med de bøkene her er at de ofte kan foreslå noe som ikke står i Norsk standard, men de blir da ofte beskrevet hva en skal gå etter i de sammenhengene.

#### Norsk standard som vi benytter:

- NS-EN 1990:2002+NA:2008 Eurokode-Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- NS-EN 1998-1:2004+NA:2008 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger
- NS-EN 1998-2:2008+A1:2009+NA:2009 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 2 bruer
- NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: allmenne regler og regler for bygninger
- NS-EN 1991-2:2003+NA:2010 Eurokode 1: Laster på konstruksjon – Del 2: Trafikklaster på bruer

I standardene er det ikke mye usikkerhet, det er gitt ut rettelsener for å ta vekk den usikkerheten det eventuelt måtte være.

I håndberegningene er de brukt lærebøker fra studiet ved NTNU i Ålesund, samt har vi brukt litt standardene og håndbøkene der de kunne hjelpe.

#### Lærebøker som vi har brukt:

- Betongkonstruksjoner [8]
- Dimensjonering av stålkonstruksjoner [11]

I de bøkene kan de være feil og mangler, dette vil da være en usikkerhet ved bruk av de bøkene. Vi har derfor sjekket opp i standarder som det blir vist til i lærebøkene.

## 3.2 Metode

Ved kontrollering av beregninger og arbeid som er gjort har vi brukt sidemannskontroll som en viktig del. Dette er noe som fungerer bra for oss da vi er bare to stykker og jobber tett med alle oppgaver. Ellers så har vi brukt veilederen ved skolen som en hjelper på ting som vi ikke får til eller vet hvordan vi skal gjøre. Vi har også brukt veileder ved SVV til spørsmål angående utformingen og dimensjoneringen av kaien.

For å sikre oss at vi ikke mister noe av dataene som vi har lagret og laget har vi sikkerhetskopiert ved jevne mellomrom. Vi bruker dropbox til all lagring av dokumenter som er relevante for rapporten. Denne dropbox kontoen er noe som veilederen ved SVV også har tilgang til slik at han skal sjekke arbeidet vårt opp mot det som vi skal gjøre og godkjenne dette.

### 3.2.1 Jordskjelvdimensjonering

#### Beregning i DCL

Lav duktilitet (DCL) er definert ved at konstruksjonsfaktoren  $q$ , er mindre eller lik 1,5. Dette gir vesentlige forenklinger av beregninger av jordskjelvkrefter.

NS-EN 1998-1:2004/Na:2008 NA.3.2.1 (4) Byggverk kan dimensjoneres etter bestemmelser gjeldende for lav seismisitet bare dersom

$$a_g \cdot S = \gamma_1 (0.8 \cdot a_{g40HZ}) S < 0.1 \cdot g \quad (\text{Lign 1.3})$$

og konstruksjonsfaktoren  $q$  ikke gis høyere verdi enn 1,5.

For byggverk i betong eller stål og for samvirke konstruksjoner av betong eller stål kan denne grensen økes til:

$$a_g \cdot S < 0.25g \quad (\text{Lign 1.4})$$

Hvis  $a_g \cdot S$  overskrider denne verdien er det ikke lenger lav seismisitet, og konstruksjonen må dimensjoneres i DCM.

### 3.2.2 Dimensjonering av plate

Her har vi gjort noen dimensjoneringsprogrammer for hånd og noen i dimensjoneringsprogram. Dette for å forenkle metodene litt så det ikke blir så mye beregning for hånd. De har også blitt gjort noen kontrollregninger for hånd slik at vi er sikre på resultatene som vi får.

#### 3.2.2.1 Statiskberegning

Det blir tatt et utsnitt av platen der hvor det er størst laster. [8]

Egenlast:

$$g = \rho \cdot h \cdot b \quad (\text{Lign. 1.5})$$

Hvor:  $g$ =egenlast,  $\rho$ =tyngdetetthet betong,  $h$ = høyde,  $b$ =bredde av felt

Nyttelast:

$$q = (\alpha_{qi} \cdot q_{ik}) \cdot b \quad (\text{Lign 1.6})$$

Hvor:  $q$ = nyttelast,  $(\alpha_{qi} \cdot q_{ik})$ = UDL Jevnt fordelte laster,  $b$ =bredde av felt

Trykksonekapasitet:

$$M_{Rd} = K \cdot f_{cd} \cdot b \cdot d^2 \quad (\text{Lign 1.7})$$

Hvor:  $M_{Rd}$ =Trykksonekapasitet,  $K$ = er faktor som en finner i tabell i betongboken,  $f_{cd}$ =Betongens dimensjonerende fasthet fra tabell i betongboken,  $b$ = bredde av felt,  $d$ = Effektiv høyde.

Ved dimensjonering av ytre dimensjonerende moment Har vi brukt Frame2DexpressRapport og beregninger av dette finner en som vedlegg 2

Effektiv høyde etter ligning 4.25 i betongkonstruksjoner[8]:

$$d = \sqrt{\frac{M_{Ed}}{K \cdot f_{cd} \cdot b}} \quad (\text{Lign 1.7.1})$$

### 3.2.2.2 Armering

#### Utrekning av lengdearmering i underkant [8]

Indremomentarm etter lign. 4.28 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$z = \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d \quad (\text{Lign 1.8})$$

Hvor:  $c$ =finner i tabell i betongboken. [8]

Nødvendig armering i underkant pr. m bredde etter lign. 4.26 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$A_{s,n\phi d,uk} = \frac{M_{Ed} \cdot 10^6}{f_{yd} \cdot z} \quad (\text{Lign 1.9})$$

Hvor:  $f_{yd}$ =dimensjonerende fasthet stål

Stenger pr. meter:

$$\eta = \frac{A_{s,n\phi d,uk}}{A_{\phi}} \quad (\text{Lign 2.0})$$

Hvor:  $A_{\phi}$ =areal pr jern

Avstand mellom stenger:

$$s = \frac{b}{\eta} \quad (\text{Lign 2.1})$$

#### Utrekning av lengdearmering i overkant:

Her er de samme formler som for uk beregning bare en her bruker en annen  $M_{Ed}$ , da vil en få et annet svar for OK.

#### Kontroll av minimumsarmering og senteravstand

Minimumsarmering:

Etter lign 2.3 i betongkonstruksjoner[8]:

$$f_{ctm} = 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} \quad (\text{Lign 2.2})$$

Hvor:  $f_{ck}$ =sylindertrykkfastheten

Ligning etter EC2 [7]:

$$A_{s,\min} = 0.26 \cdot b \cdot 10^3 \cdot d \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \quad (\text{Lign 2.3})$$

$$A_{s,\min} \geq 0.0013 \cdot b \cdot 10^3 \cdot d \quad (\text{Lign 2.4})$$

Maksimal senteravstand etter EC2

$$S_{\max,slabs} = \min(3h, 400\text{mm}) \quad (\text{Lign 2.5})$$

Fri avstand mellom armeringsstenger av hensyn til utstøping EC2

$$s \geq \max(2\phi; dg + 5; 20) \quad (\text{Lign 2.6})$$

Hvor: dg= maksimal tilslagsstørrelse [9]

### 3.2.2.3 Rissviddekontroll

Materialstivhetsforhold:

$$\eta = \frac{E_s}{E_{cm}} \quad (\text{Lign 2.7})$$

Hvor:  $\eta$ =materialstivhetsforhold,  $E_s$ =E-modul for stål,  $E_{cm}$ =E-modul for betong

Armeringsforhold:

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} \quad (\text{Lign 2.8})$$

Hvor:  $\rho$ =armeringsforhold,  $b$ =bredde,  $d$ =effektiv høyde

$$\eta\rho = \eta \cdot \rho \quad (\text{Lign 2.9})$$

Trykksoneandel av effektiv høyde fra ligning 5.5 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$\alpha = \sqrt{\eta\rho^2 + 2 \cdot \eta\rho} - \eta\rho \quad (\text{Lign 3.0})$$

Bøyestivhet,  $EI$  finnes ved bruk av ligning 5.6 i Betongkonstruksjoner. Alternativt kan lign. 5.7 og 5.8 fra Betongkonstruksjoner benyttes.

Betongtrykksonen lign. 5.6 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$I_{c2} = \frac{b \cdot (\alpha \cdot d)^3}{3} \quad (\text{Lign 3.1})$$

Armeringen:

$$I_{s2} = A_s \cdot ((1 - \alpha) \cdot d)^2 \quad (\text{Lign 3.2})$$

Bøyestivhet  $EI$  lign. 5.8 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$EI = E_{cm} \cdot I_{c2} + E_s \cdot I_{s2} \quad (\text{Lign 3.3})$$

Nå har en funnet bøyestivheten for tverrsnittet og kan gå videre til Rissviddekontroll basert på armeringsspenningen.

Armeringsspenning fra lign. 5.55 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$\sigma_s = E_s \cdot \frac{M \cdot 10^6 (1 - \alpha) d}{EI} \quad (\text{Lign 3.4})$$

Hvor: M=moment ved bruksgrenselast

Risskontroll ved beregning av rissvidde

Tøyningdifferens etter lign 5.59 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \eta \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (\text{Lign 3.5})$$

Hvor:  $\varepsilon_{sm}$ ,  $\varepsilon_{cm}$  = Midlere tøyning i betong og stål,  $k_1$  = krumning,  $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ ,  $\rho_{p,eff} = A_s / A_{c,eff}$ ,  
Finner mer i Betongkonstruksjoner.

Endelig rissavstand etter lign. 5.60 i Betongkonstruksjoner [8]:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 k_2 k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff} \quad (\text{Lign 3.6})$$

Hvor:  $k_{1,2,3,4}$ =faktorer,  $\phi$ = armeringsdiameter,  $c$ = lengdearmeringens overdekning.

Beregnet rissvidde etter lign 5.58 i betongkonstruksjoner[8]:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (\text{Lign 3.7})$$

Kravet:

$$w_k < w_{max} \quad (\text{Lign 3.8})$$

### 3.2.2.4 Skjærarmering:

Ligninger er hentet fra Betongkonstruksjoner kap. 4.3 [8]:

Her er beregning av diverse faktorer:

$$C_{Rd} = \frac{k_2}{\gamma_c} \quad (\text{Lign 3.9})$$

Hvor:  $C_{Rd}$ = faktor,  $k_2$ = faktor,  $\gamma_c$ = materialfaktor betong

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \quad (\text{Lign 4.0})$$

Hvor: k=faktor

$$\rho_L = \frac{A_s \cdot L}{b_w \cdot d} \quad (\text{Lign 4.1})$$

Hvor:  $\rho_L$ = faktor,  $L$ =lende,  $b_w$ =minste tverrsnittbredde i strekksonen,

Skjærstrekkekapasitet uten skjærarmering etter ligning 4.43 i Betongkonstruksjoner[8]:

$$V_{Rd} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_L \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot b_w d \quad (\text{Lign 4.2})$$

Kontroll:

$$V_{Ed} > V_{Rd} \quad (\text{Lign 4.3})$$

**Beregning av skjærarmering:**

Nødvendig skjærarmeringstverrsnitt pr. lengdeenhet [8]:

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{f_{ywd} \cdot z \cdot \cot \theta} \quad (\text{Lign 4.4})$$

Hvor:  $A_{sw}$ =tverrsnitt for en skjærarmeringsenhet,  $s$ =senteravstand,  $V_{Ed}$ =dimensjonerende skjærarmering,  $f_{ywd}$ =Bøylearmering,  $\cot \theta$ = (skjærarmeringstverrsnitt).

Minimum skjærarmeringstverrsnitt ligning 4.53[8]:

$$\frac{A_{sw, \min}}{s} = \rho_{w, \min} = 0.1 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot b \quad (\text{Lign 4.5})$$

Skjærtrykkkontroll etter ligning 4.71 i boka[8]:

$$V_{Rd, \max} = v_1 f_{cd} \cdot b_w z \cdot \frac{1}{\cot \theta + \tan \theta} > V_{Ed} \quad (\text{Lign 4.6})$$

### 3.2.3 Dimensjonering i Fem-Design

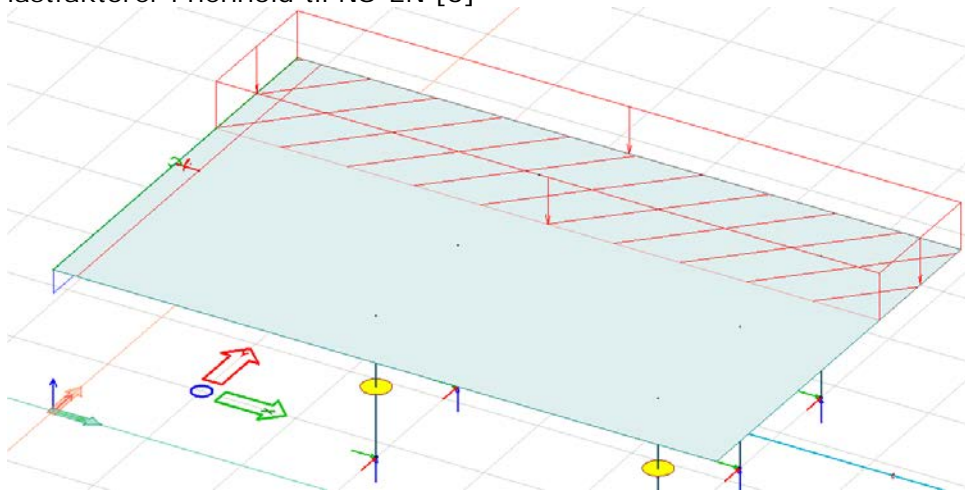
Platen og pelene vil for det meste bli dimensjonert i Fem-Design for å gjøre dimensjoneringene enklere og mindre rotete med alt papirarbeidet de medfører. Vi vil da beskrive litt hvordan vi går frem i Fem-Design slik at en kan få litt mer forståelse for hvordan man går frem i Fem-Design.

FEM-Design fra Strusoft er et CAD verktøy som kan benyttes til å dimensjonere alt fra enkle til kompliserte konstruksjoner. Programmet analyserer bygningskomponentene med stor nøyaktighet og kan lage rapporter etter brukerens ønsker. I FEM-Design kan man utføre statiske, dynamiske, stabilitet, jordskjelvanalyser. Programmet behersker dimensjonering av betong, stål og tre og fungerer som et 3D program noe som gjør at man kan koble tegningen mot for eksempel Revit Structure. Akkurat denne koblingen slet vi litt med å få til å fungere, så vi tegnet de hver for seg i hvert sitt program.

Grunnen til at vi valgte FEM-Design framfor mange av de andre programmene som er tilgjengelige som for eksempel Robot Structural eller SAP2000 er at det benyttes av Statens Vegvesen. På denne måten ble det enklere for oss å kunne få hjelp fra veileder i SVV. FEM-Design har også et veldig brukervennlig brukergrensesnitt som er til stor hjelp siden det var første gang vi benyttet programmet. Vi fikk ingen kursing i programmet og måtte derfor støtte oss til tilgjengelig materiale på internett, som for eksempel kursvideoer fra Strusoft eller andre uavhengige videoer. En annen grunn til at vi valgte FEM-Design er at de tilbyr fullverdige studentlisenser.

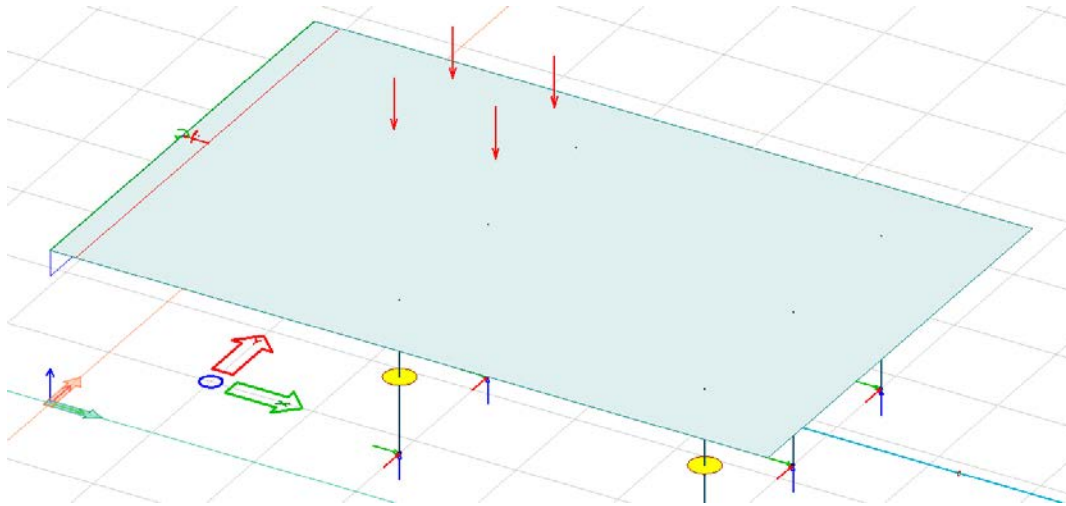
Brubåsen, betongpelene, stålpelene, skråpelene og de horisontale stagene ble dimensjonert i FEM-Design. På denne måten kan man enkelt endre dimensjoner og materialer. Skulle man gjort tilsvarende beregninger for hånd ville det tatt mye tid og man får ikke like nøyaktige resultater som man får med beregning i et slikt program.

Brukeren definerer selv lastene som opptrer og bestemmer lastkombinasjoner og lastfaktorer i henhold til NS-EN [3]



Figur 4 Jevnt fordelte laster

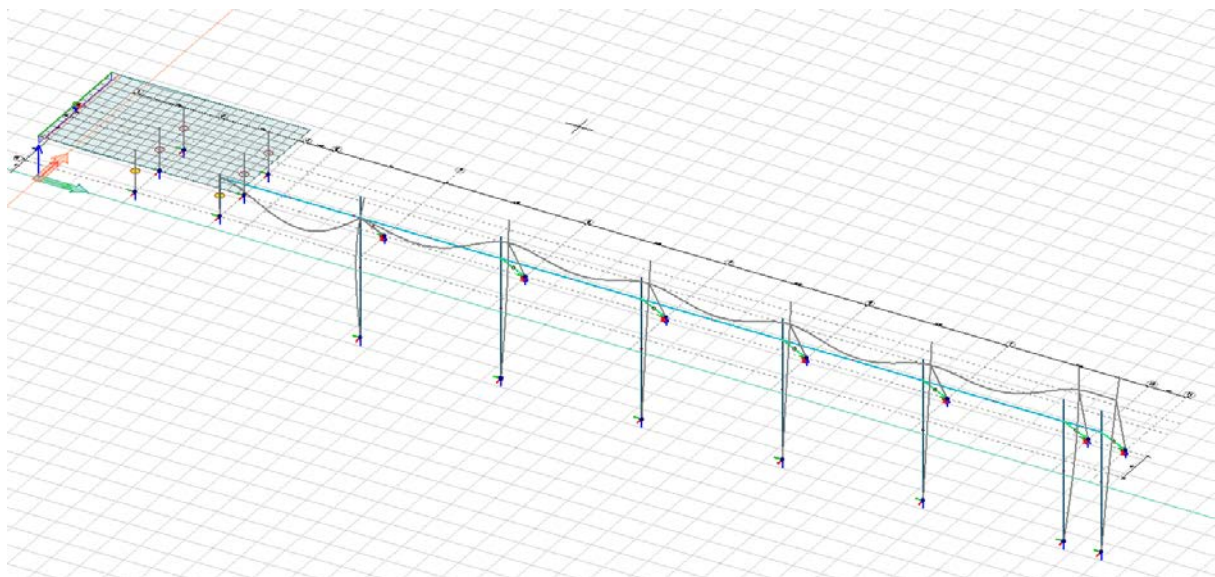
Her ser man hvordan jevnt fordelte laster opptrer i tegningen.



Figur 5 Punktlaster


Og tilsvarende hvordan punktlaster opptrer i tegningen.

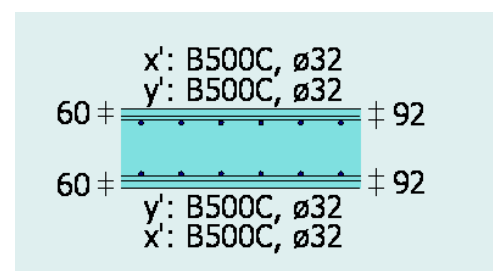
Man kan selv velge hvilke resultater FEM-Design skal vise og utfra det lage en rapport. Nedenfor ser en forskyvninger, som et av utallige resultater FEM-Design kan vise.



Figur 6 Forskyvninger

FEM-Design kan også benyttes til å regne ut nødvendig armering for plater og søyler. Siden vi hadde regnet ut platen for hånd benyttet vi den informasjonen vi kom fram til i beregningen å la inn i FEM-Design som en kontroll.

Ved å velge surface reinforcement  kan man beregne armeringen i platen. Man legger da inn ønsket armering i x og y retning og overdekning. I vårt tilfelle hvor vi hadde regnet ut avstanden på armeringen kunne vi legge inn den for så å utføre en kontroll.



Figur 7 Armering



Man får da opp en dialogboks som forteller armeringens utnyttelse i prosent.  
 Totale utnyttelse (MAX%)  
 Utnyttelse i bunn x retning (RBX%) og utnyttelse i y retning (RBY%).  
 Utnyttelse i topp x retning (RTX%) og utnyttelse i y retning (RTY%)  
 SC – skjærkapasitet

	Group	Total weight [t]	Max. [%]	Min. [%]					
✓	P.1.1	22.841	64	64					
	Shell	Max. [%]	RBX [%]	RBY [%]	RTX [%]	RTY [%]	SC [-]	CWB [%]	CWT [%]
✓	P.1.1	64	50	50	64	64	Not OK	0	0


Figur 8 Armeringens utnyttelse

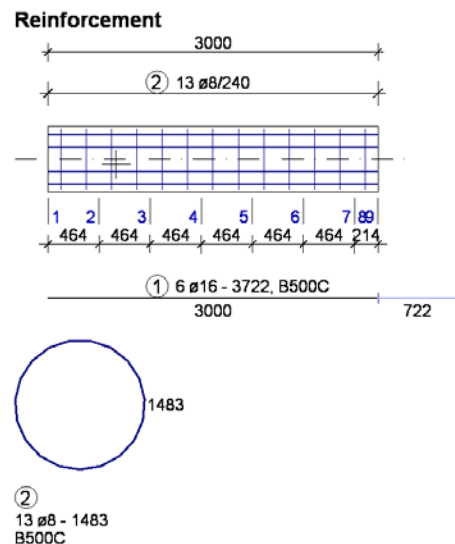
Vi hadde problemer med å legge inn skjærarmeringen i FEM-Design og fikk derfor opp at den var Not OK i kontrollen. Vi valgte derfor å beregne denne for hånd. (Sjå Vedlegg 3)

Betongpelene under brubåsen ble beregnet fullstendig i FEM-Design siden vi ikke hadde beregnet disse for hånd. Her velger man bar reinforcement  og trykker på auto design. Da beregner FEM-Design ut armeringen automatisk og man får en dialogboks tilsvarende ved dimensjoneringen av platen som viser utnyttelsen til hver enkelt søyle. FEM-Design generer automatisk navn til hver enkelt pel slik som man kan se under, for eksempel C.3.1. slik er det mulig å skille mellom hver enkelte komponent.

	Group	Total weight [t]	Max. [%]	Min. [%]			
✓	C.3.1	0.029	17	17			
✓	C.2.1	0.029	12	12			
✓	C.1.1	0.026	6	6			
✓	C.4.1	0.044	2	2			
✓	C.6.1	0.043	2	2			
✓	C.5.1	0.044	2	2			
	Bar	Max. util.	SEC [%]	ST [%]	C [%]	T [%]	CW [%]
✓	C.3.1	17	17	11	2	0	-

Figur 9 Inndeling av ulike deler

Ved å trykke på  kan man få tilgang til informasjonen som er tilgjengelig om betongsøylen. Alt fra utnyttelsen av armeringen, formler til utregning av betongens utnyttelse og armeringen som FEM-Design har valgt for oss i dette tilfellet. Her kan man velge hva man vil ha med i en eventuell rapport og velge bort det som ikke er vesentlig. På bilde figur 10 kan man se armeringstegningen som blir generert i FEM-Design utfra den automatiske beregningen som ble utført tidligere. Fullstendig rapport kan man se i vedlegg 4.

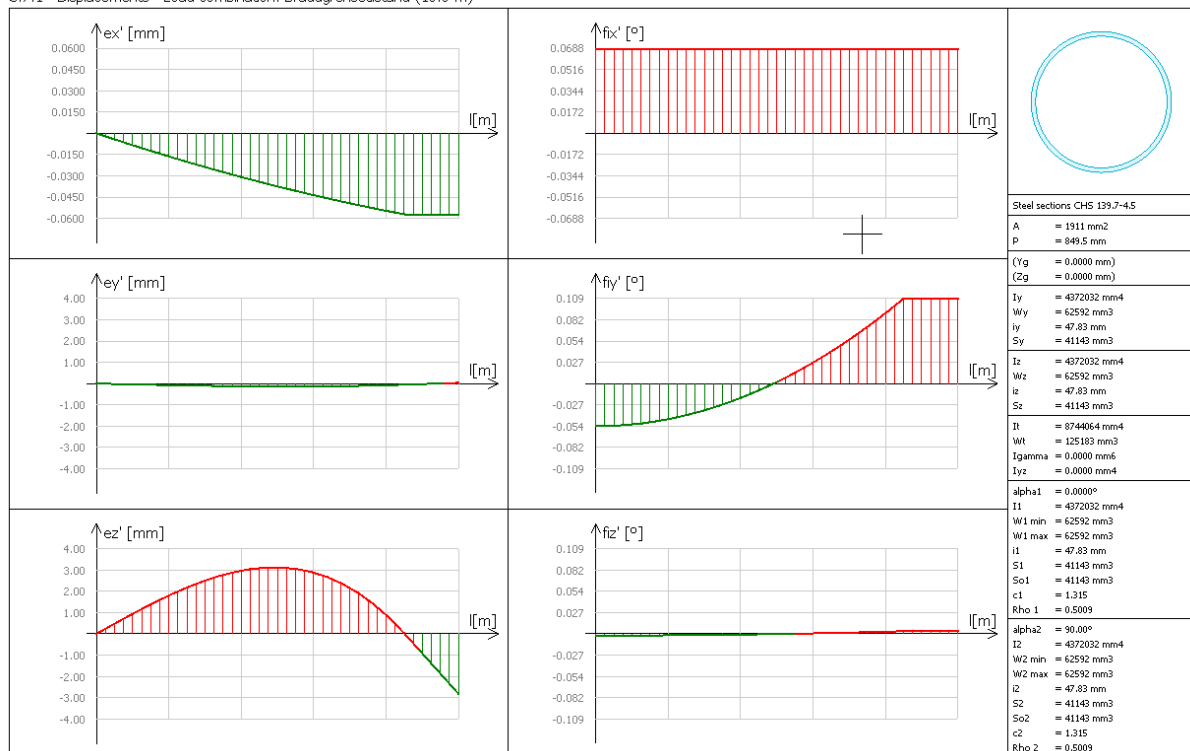


Figur 10 Informasjon om f.eks søylen

Ved beregning av stål delene er fremgangsmetoden stort sett den samme som ved beregningen av betongplate og søyler. Man tegner først opp med en tilfeldig dimensjon og kjører en auto beregning, da vil FEM-Design komme med et forslag til valgte dimensjoner for hver enkelt pele. Vi velger da den største dimensjonen slik at det er mulig å rotere plasseringen av de forskjellige delene dersom tilleggskaien skal settes opp ved en senere anledning.

Som tidligere er det også mulig å få opp fullstendig informasjon om konstruksjonsdelene her. Nedenfor er det kreftene som stålpele C.7.1 er påvirket av og beregnet ut fra.

C.7.1 - Displacements - Load combination: Bruddgrensetilstand (10,0 m)

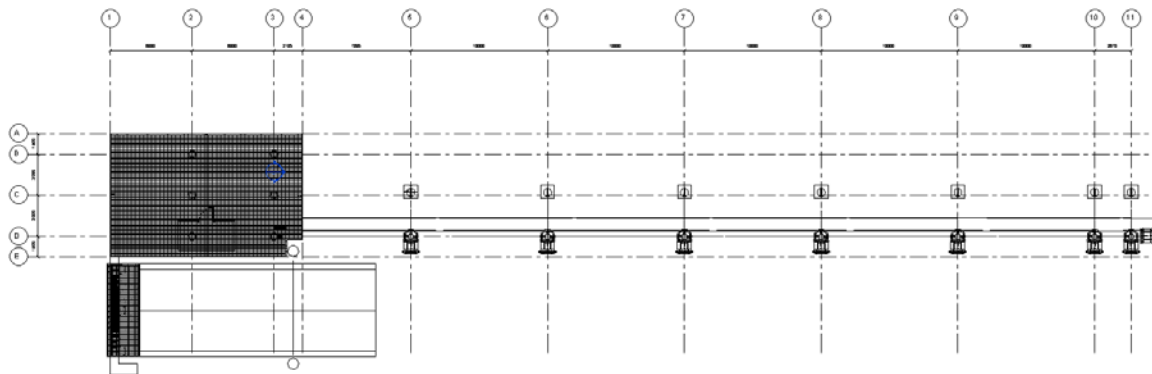


Figur 11 oversikt over krefter som en stålpele er påvirket av

Fullstendig rapport fra FEM-Design kan sees i vedlegg 4.

### 3.2.4 Autodesk Revit

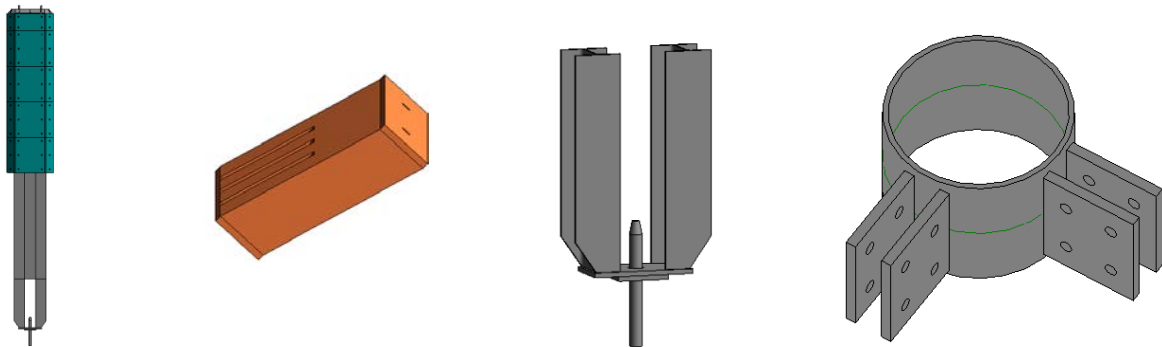
Autodesk Revit er et BIM-verktøy som benyttes av både arkitekter og ingeniører til å modulere bygninger eller konstruksjoner i 3D. Plan og snitt tegninger kan så hentes ut fra denne modellen for så å målsettes og brukes som arbeidstegninger.



Figur 12 Modell av ferjekaia i Revit

Grunnen til at vi brukte Autodesk Revit var at vi visualiserer konstruksjonen vår i større grad enn hva vi kunne gjort med kun FEM-Design, noe som var viktig når vi skulle søke råd hos veileder. Muligheten for å kunne implementere tegninger fra AutoCAD var også et stort pluss. Muligheten for å implementere tegningene fra FEM-Design er også tilstede men dette var noe vi ikke klarte å få til å fungere.

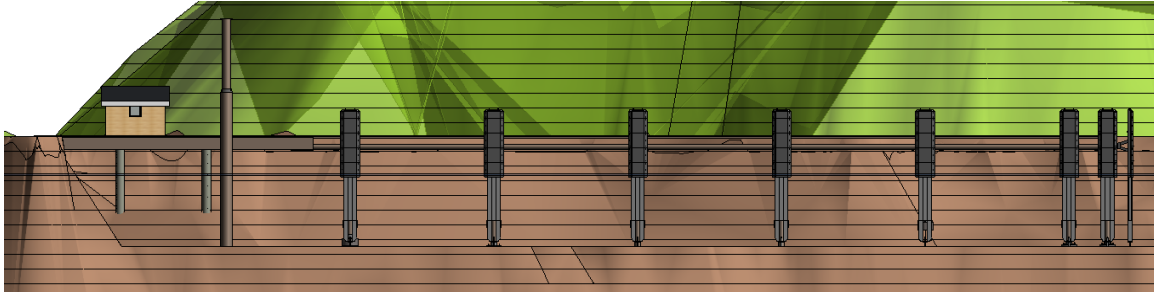
Selve brukergrensesnittet er veldig enkelt og greit å bruke og er ikke så veldig ulikt FEM-Design. Man kan gi de forskjellige komponentene i tegningene spesifikke egenskaper etter hvilke materialegenskaper vi ønsker at komponentene skal ha. Siden vår konstruksjon er noe spesiell ble det til at vi måtte tegne noen av komponentene selv, såkalt families. Vi benyttet da mål fra tegninger enten fra V431 [1] eller fra produkter spesifisert i V431 [1].



Figur 13 Detaljer tegnet i Revit

Fenderpanel, fending og innfestning til fenderpanelene er noe av komponentene vi måtte lage for å klare å visualisere kaien vår. Dette var arbeid som tok noe tid men som var god læring, og er essensiell kunnskap for å kunne bruke Revit fullt ut som program.

Vi benyttet også kartgrunnlaget vi fikk utlevert fra SVV til å lage en modell av hvordan kaien vil bli liggende i terrenget. Dette var en DWG fil som inneholdt kote-høyder, men vi måtte endre litt i AutoCAD før Revit ville skape et topografisk kart utfra den informasjonen som lå i DWG filen. For øvrig fungerte samarbeidet mellom Autodesk produktene veldig fint.



Figur 14 modell av ferjekaien i terreng

Revit har også muligheten til å lage armeringstegninger, og siden vi hadde dimensjonert de forskjellige delene i FEM-Design var det bare for oss å legge inn ønsket diameter, overdekning og avstand i Revit for å få armerings tegninger [BILDE HÆR☺].

### 3.3 Materialer

Program og utstyr som vi har brukt til dimensjonering og modellering. Dette er programmer som har blitt brukt underveis i hele perioden:

- Fem-Design                      Fem-Design er et avansert element-metodeverktøy for modellering, analyse og design av konstruksjoner i betong, stål og tre.
- Frame2Dekspress              Frame er et program for statiske og dynamiske analyser av 2-dimensjonale remmede strukturer.
- AutoCAD                        AutoCAD brukes når en skal lage nøyaktige 2D-og 3D-tegninger.
- Autodesk Revit                Revit er konstruksjons informasjons modellerings program for arkitekter og ingeniører.
- MathType                        MathType er et interaktivt verktøy for å lage ligninger og redigere formler.
- Microsoft Word                Word er et tekstbehandlings verktøy.
- Microsoft Project              Project er et tidsplanleggings verktøy.
- MathCAD                        MathCAD brukes til å utføre beregninger, enklere å dele arbeidet sitt med andre, samt dokumentere arbeidet.
- Dropbox                         For enkel deling og oppbevaring av dokumenter og tegninger benyttet vi Dropbox. Ved å invitere veileder i SVV til denne mappen hadde han til enhver tid mulighet til å sjekke arbeidet som hadde blitt utført.

## 4 RESULTATER

I dette kapitelet vil vi vise resultatet vi har kommet frem til og vi vil forklare litt hva vi har kommet frem til. Vi henviser til vedlegg 5 FEM-Design rapport hvor vi viser utregninger og valgte dimensjoner. Vi vil forklare hvordan vi har løst oppgaven med å få kaien gjenbrukbar og hvordan vi ser for oss at de kunne vært. Her er de løsninger som vi ikke har beregnet på og derfor er de ikke noe dokumentasjon på de løsningene. Vi legger derfor frem noen ideer som vi vil dele med arbeidsgiver og lesere.

Vi har valgt å gå for en løsning på den midlertidige ferjekaia som vil gjøre tilleggskaia demonterbar og hvor brubåsen og landkaret vil bli plasstøpt. All dimensjonering og utforming av kaien er gjort i henhold til gjeldende lover, regler og bestemmelser som Statens vegvesen har satt.

### 4.1 Tilleggskaia

Denne delen er dimensjonert som en stålkonstruksjon, hvor vi har beregnet pelen med laster fra ferjen og med en last fra gangbanen. Pelene er dimensjonert med en viss lengde da kaien skal være gjenbrukbar og kunne brukes andre plasser. Så vi legger inn et forbehold om at peler må beregnes etter det forholdet som er på det aktuelle stedet kaien skal stå.

Tilleggskaia er stålrør som vil bli festet sammen med bolter som gjør at den blir demonterbar. Dette vil bli vist på tegninger i vedlegg 6, på vedleggene vil det vises detaljtegninger av innfestningene til stålrørene som vi har kommet frem til.

Gangbanen som vi vil bruke er tenkt i lett materiale slik at egenvekten på denne blir lav, men den skal tilfredsstillende kravene som er for gangbane av denne typen. Denne broen vil bli i seksjoner slik at en enkelt kan demontere denne og gjenbruke den slik som ønsket. Gangbanen var vanskelig å få beregnet inn i selve konstruksjonen og er derfor satt på tegningen i etterkant slik at de ikke skulle bli problemer med beregningene av kai konstruksjonen.

Alle peler eller stålrør vil være uten betong, slik at alle peler skal kunne gjenbrukes utenom de under brubåsen. Vi har et forslag om å fylle de vertikale pelene med sand for og få litt mer stabilitet i pelene og hindre oppdrift på grunn av luft, alle peler vil være tette og frie for vann. De kan ved vanskelige forhold være mulig å bruke stålpele som blir fylte med betong og armeres. Det vil da bli mer stabilitet i pelene.

Tilleggskaia skal være dimensjonert for en fortøyningslast, men dette så vi som vanskelig da vi ikke har noen god plassering til pullere på vår tilleggskaia. Så vi har valgt å gå ut fra at vi kan sette pullere i land, med eventuelle tau til kaien som gjør det enkelt å fortøye ferjen om det skulle være nødvendig.

Fendere til tilleggskaia er valgt ut fra de som er standard for små samband etter vegvesenets håndbok V431. Dette er ikke noe som vi har regnet på, men vi har valgt å bruke bunnfundamenterte fendere får og unngå rotasjon på tilleggskaia. Fendere vil bli festet til en vertikal pel slik at krefter fra ferjen vil gå videre til en slik pel og videre til en skrå pel for opptak av horisontale krefter.

Til dimensjonering av tilleggskaia har vi brukt FEM-Design. Ved å bruke denne metoden blir de enklere å endre material dimensjoner enn ved håndberegning. Tilleggskaia er godt overdimensjonert etter de resultater som vi har kommet frem til, det er fordi de er satt noen minstekrav i V431. Data og resultater fra dimensjoneringen finner en i Vedlegg 5. Vi har valgt å ikke legge inn så mye tall i rapporten og viser derfor til vedleggene der beregningene er gjort. Tegninger er å finne i vedlegg 6.

## 4.2 Brubås

Brubåsen dimensjoneres som en plasstøpt plate på søyler. Platen er dimensjonert etter gjeldende lover og regler og i henhold til SVV's normer. Platen har noen håndberegninger som er gjort for å få rette verdier som vi vil ha, og for å kunne kontrollere svarene opp mot beregninger gjort i FEM-Design. Vedlegg 3,4 og 5.

Platen er dimensjonert med en trafikklast som kan tilsvare en oppstilling av kran på platen. Dette har gjort at det er mye laster å ta med i beregningene på hele platen. Vi har valgt å gå for to rader med søyler under platen, der hver rad har tre søyler. Dette er gjort for å få mer stabilitet i platen slik at vi kan beholde en tykkelse på 0,5 m. Platen hviler også på et fundament som står på fast grunn. Det vil der bli en støpeskjøt mellom fundamentet og platen.

Vi tok også kontakt med Spenncon for å høre om det var mulig å benytte hulldekker i brubåsen med den hensikt at det skulle være mulig å demontere dekkene etter bruk slik at også denne delen av konstruksjonen kunne blitt gjenbrukbar. Svaret fra Spenncon var at det var mulig å lage denne som en stiv skive uten påstøp, men at man da var avhengig av å kunne støpe randarmering i hvert opplegg, altså at det ligge kontinuerlig armering langs oppleggene på begge side, men med forankring inn i fugene mellom dekkene.

Videre ble det spurt om de var mulig å demontere dekkene, noe de bekreftet men at de da måttet sages for å løsne dekkene. Så ut fra de opplysningene vi fikk og de kostnadene som de vil bli med saging og flytting konkluderte vi med det at vi ikke ville bruke hulldekker til vår brubås og heller gikk for plasstøpt dekke.

Platen vil bli armert etter lover og regler som gjelder og etter normene til SVV. Vi har da beregnet armering som må til på en slik plate ut fra de krefter som kommer på den. Hvordan armeringen skal ligge vil komme frem på armeringstegningen vedlegg 6. For utregning av krefter og armering viser vi til vedlegg 5.

Pelene som er plasserte under platen vil være stålrørspeler som er i støpt på samme måte som de ville om en skulle bygget en vanlig kai. De pelene her er derfor regnet som vanlige betongsøyler med armering. De vil si at stålrøret kun er en forskaling som i teorien vil ruste bort og vi kan derfor ikke regne noe bidrag fra denne. Vi vil da med tegninger vise plassering av de søylene og armeringen som skal i de søylene som skal på plass. For data og resultater på dimensjoneringen se vedlegg 4 og vedlegg 5

Brubåsen er ofte en del av heisetårnsystemet til kjørebreen, men dette har vi etter avtale med veileder valgt og se bort ifra siden det er en omfattende del å regne på. Derfor får vi ikke så mye forskjellige krefter på brubåsen som vi har beregnet.

De vil bli gjort anleggstegninger til platen for betongen og for armeringen av platen. Tegninger finner man i vedlegg 6.

Fra veileder ble det ønsket at det skulle være plass til et aggregathus på brubåsen. På grunn av manglende opplysninger om laster som vil virke fra denne konstruksjonen, er ikke lastene fra aggregathuset og dens innhold tatt med i beregningene. Men vi har laget plass til aggregathuset som man kan se på tegningene.

## 4.3 Landkar

Landkaret er også dimensjonert i FEM-Design.

Landkaret er av plasstøpt betong, det vil da si at hele denne konstruksjonen blir bygget og støpt på plassen. Dette er de enkleste med tanke på alle kreftene som denne konstruksjonen skal ta fra ferjen. Vi har her også tatt noen forutsetninger om grunnforholdene. Vi har her valgt at de er bart fjell der hvor landkaret skal plasseres. Dette gjør det enklere å føre kreftene ned i grunnen og dimensjoneringene våre blir bedre.

Landkaret vil bli forankret fast til fjellet på et plant område slik at de står stødig. Utformingen av landkaret blir slik som det vanligvis gjøres etter eksempler som vi har sett i håndbøker og på tidligere tegninger.

Gjenbrukbarhet på denne konstruksjonen så vi som uaktuell da denne konstruksjonen skal oppta store krefter fra ferjen.

Vi har i denne konstruksjonen beregnet armering og forankring som må til for at den skal kunne ta opp alle krefter som den vil bli påvirket av. Det er da også utarbeidet anleggstegetninger til denne konstruksjonen som vil vise utformingen av landkaret og plassering av armering. Vi har prøvd å få konstruksjonen så generell som mulig da tegningen skal kunne brukes på forskjellige steder.

For tegninger se vedlegg 6, for beregninger se vedlegg 5.1.

## 5 DRØFTING

Ved arbeidet med denne oppgaven har vår metode funket bra, vi har jobbet tett med alle oppgaver da vi bare er to stk. på gruppen og vi har hatt kontroll på alt arbeid vi har gjort til enhver tid. Vi startet med å planlegge arbeidet godt slik at vi hadde mål som vi skulle nå etter hvert. Vi fikk et lite tidsproblem på beregningene da vi brukte litt lengre tid en det vi hadde sett for oss. Det ble derfor skrevet en avviksrapport til dette for å dokumentere feil i tidsplanleggingen, vi flyttet på framdriftsplanen slik at den stemte med den reelle situasjonen.

Når vi kommer til metodene vi valgte å bruke for dimensjonering av konstruksjonene har vi valgt for det meste å bruke digitale verktøy da dette forenkler arbeidet med beregningene våre. Vi har også gjort noe få beregninger for hånd da vi ville vise at dette også er mulig for slike konstruksjoner. De digitale beregningene kunne til tider være utfordrende på ulike måter. Vi hadde ikke mye erfaring med de digitale verktøyene som vi valgte å bruke, så vi måtte lære oss å bruke de etter videoer som vi har funnet på hjemmesiden og andre steder på nettet. Usikkerheten ved de digitale beregningene kan være noen da vi ikke har så god erfaring med de verktøyene som vi har brukt, som kan føre til følge feil her og der.

Det er også i oppgaven tatt noen forutsetninger som vi har vært nødt til å ta for dimensjoneringenes skyld. Vi har måttet ta noen valg for hvordan vi skal utforme kaien for å gjøre den demonterbar, noe som kan føre til feil i beregningene. Siden vi har begrenset med erfaring på slike konstruksjoner er det ikke sikkert vi har gjort de beste valgene, men etter forutsetningene vi har mener vi at valgene vi har tatt er fornuftige valg.

Vi har valgt en løsning som vi mener er god for arbeidsgiver og som tilfredsstillende kravene de har satt for oppgaven, men vi har heller fokusert litt mer på dimensjoneringen av den løsningen vi har valgt enn å se på mange ulike løsninger på de forskjellige konstruksjonene. Det vi har kommet frem til ved dimensjoneringene er de generelle detaljene som er viktig for valg av materialer og størrelser. Det vi ikke har regnet så mye på er f.eks. innfestingene til de forskjellige rørene, fordi de beregningene er omfattende og noe som vi ikke har vært borte i tidligere, men vi har kommet med forslag til hvordan vi mener det kunne blitt gjort.

## 6 KONKLUSJON

Oppgaven har vist seg å være en utfordrende oppgave som kan ha mange forskjellige løsninger. Vi har kommet frem til en løsning som passer til kravene fra oppdragsgiver og som vi er veldig fornøyde med. Resultatet endte med en løsning som er delvis gjenbrukbar og som har de samme bruksegenskapene som ved en vanlig ferjekai i denne størrelsen.

Arbeidet med selve oppgaven har vist seg å funke godt for oss to som jobber i gruppen. Vi har planlagt oppgaven godt fra start og vært flinke med arbeidsfordelingen slik som vi syntes at denne skulle være. Vi hadde noen problemer med tidsberegningene på beregningsdelen som vi jobbet med, men vi hadde god tid på andre ting så vi kunne flytte litt rund på denne delen. Vi har jobbet tett i gruppen og kontrollert arbeidet som vi har gjort til enhver tid slik at store tabber skulle bli utelukket. Så alt i alt er vi veldig fornøyde med det arbeidet som vi har gjort innad i gruppa.

Det har med dette vist seg at i et prosjekt som dette er det viktig med god planlegging, kommunikasjon, arbeidsfordeling og samarbeid for at oppgaven skal bli best mulig.

Resultatet som vi har kommet frem til er fremstilt på forskjellige plan vi har her derfor valgt å bare vise til vedleggene for dimensjonering og til tegninger for visualisering slik at man skjønner hva det er snakk om på hvert enkelt resultat.

Selve resultatet som vi har kommet frem til er et godt resultat for en gjenbrukbar ferjekai. Kaien er gjenbrukbar og den tilfredsstiller de forskjellige kravene til en vanlig ferjekai. Kaien er også slik at vi kan bruke den på forskjellige steder, men det kreves da kontroll beregninger og beregninger av stedlige forhold.



## 7 REFERANSER

- [1] Statens vegvesen Håndbok V431 Ferjekai-prosjektering, 2016
- [2] Statens vegvesen Håndbok N400, Bruprosjektering, 2015
- [3] NS-EN 1990:2002+NA:2008 Eurokode-Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner
- [4] NS-EN 1998-1:2004+NA:2008 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger
- [5] NS-EN 1998-2:2005+A1:2009+NA:2009 Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning – Del 2 bruer
- [6] Na-rundskriv 07/2015
- [7] NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2008 Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner - Del 1-1: allmenne regler og regler for bygninger
- [8] Betongkonstruksjoner, Beregning og dimensjonering etter Eurokode 2. Utgave 2 Svein Ivar Sørensen (ISBN 978-82-321-0297-6)
- [9] Statens vegvesen Håndbok R762 Prosesskode 2 standard beskrivelse for bruer og kaier
- [10] NS-EN 1991-2:2003+NA:2010 Eurokode 1: Laster på konstruksjon – Del 2: Trafikklaster på bruer
- [11] Dimensjonering av stålkonstruksjoner. 2.utg. Per Kr. Larsen. (ISBN 978-82-519-2285-2)

## VEDLEGG

Vedlegg 1	Forprosjektrapport
Vedlegg 2	Statens Vegvesen Håndbok V431
Vedlegg 3	Håndberegning
Vedlegg 4	Frame rapport statistisk analyse plate
Vedlegg 5	FEM-Design Rapport
	5.1 FEM-Design Landkar
Vedlegg 6	Tegninger
Vedlegg 7	Avviksmeldinger
Vedlegg 8	Logg/ Framdriftsrapport
Vedlegg 9	Fremdriftsplan

# Vedlegg 1

**Forprosjektrapport**

# FORPROSJEKT - RAPPORT

## FOR BACHELOROPPGAVE

TITTEL:

**Dimensjonering av ny midlertidig ferjekai, småsamband etter håndbok V431.**

KANDIDATNUMMER(E):

**140201 - Sigbjørn Hagen**  
**120168 - Geir Ove Heimsnes Torgersen**

DATO:	EMNEKODE:	EMNE:	DOKUMENT TILGANG:
<b>29.01.2016</b>	<b>IE303612</b>	<b>Bacheloroppgave</b>	- Åpen
STUDIUM:	ANT SIDER/VEDLEGG:	BIBL. NR:	
<b>BYGG</b>	16/1	- Ikke i bruk -	

OPPDRAGSGIVER(E)/VEILEDER(E):

**STATENS VEGVESEN / ROBIN BIRKELUND HOLVIK**  
**NTNU I ÅLESUND / KRISTIAN NORMANN**

OPPGAVE/SAMMENDRAG: STATENS VEGVESEN HAR ØNSKE OM Å PROSJEKTERE EN NY MIDLERTIDIG FERJEKAI I STÅL ETTER DEN NYE VEILEDNINGEN V431. OPPGAVEN ER NYSKAPENDE OG UTFORDRENDE OG DERMED VELDIG AKTUELL SOM BACHELOROPPGAVE.

DEN NYE MIDLERTIDIGE FERJEKAIEN SKAL HA EN TILLEGGSKAI UTFØRT I STÅL OG DEN SKAL VÆRE MEST MULIG GJENBRUKBAR. DEN SKAL KUNNE ERSTATTE STATENS VEGVESENS EKSISTERENDE LØSNINGER HVOR DISSE IKKE ER TILSTREKkelige MED TANKE PÅ KAPASITET OG HVOR HAVNEFORHOLD KAN VÆRE UTFORDRENDE.

DENNE FORPROSJEKTRAPPORTEN SETTER RAMMENE FOR VIDERE ARBEID I PROSJEKTPERIODEN. DEN BESKRIVER TILGJENGELIGE RESSURSER, TIDSRAMMER OG ARBEIDSOPPGAVER.

*Denne oppgaven er en eksamensbesvarelse utført av student(er) ved NTNU i Ålesund.*

**Postadresse**  
Høgskolen i Ålesund  
N-6025 Ålesund  
Norway

**Besøksadresse**  
Larsgårdsvegen 2  
**Internett**  
[www.hials.no](http://www.hials.no)

**Telefon**  
70 16 12 00  
**Epostadresse**  
[postmottak@hials.no](mailto:postmottak@hials.no)

**Telefax**  
70 16 13 00

**Bankkonto**  
7694 05 00636  
**Foretaksregisteret**  
NO 971 572 140

## INNHold

<b>INNHold</b> .....	<b>2</b>
<b>1 INNLEDNING</b> .....	<b>3</b>
<b>2 BEGREPER</b> .....	<b>4</b>
<b>3 PROSJEKTORGANISASJON</b> .....	<b>5</b>
3.1 PROSJEKTGRUPPE .....	5
3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering .....	5
3.2 STYRINGSGRUPPE (VEILEDER OG KONTAKTPERSON OPPDRAGSGIVER) .....	5
<b>4 AVTALER</b> .....	<b>6</b>
4.1 AVTALE MED OPPDRAGSGIVER .....	6
4.2 ARBEIDSSTED OG RESSURSER .....	6
4.3 GRUPPENORMER – SAMARBEIDSREGLER – HOLDNINGER .....	7
<b>5 PROSJEKTBEKRIVELSE</b> .....	<b>7</b>
5.1 PROBLEMSTILLING - MÅLSETTING – HENSIKT .....	7
5.2 KRAV TIL LØSNING ELLER PROSJEKTRESULTAT – SPESIFIKASJON .....	8
5.3 INFORMASJONSINNSAMLING – UTFØRT OG PLANLAGT .....	9
5.4 VURDERING – ANALYSE AV RISIKO .....	9
5.5 HOVEDAKTIVITETER I VIDERE ARBEID .....	10
5.6 FRAMDRIFTSPLAN – STYRING AV PROSJEKTET .....	11
5.6.1 Hovedplan .....	11
5.6.2 Styringshjelpemidler .....	12
5.6.3 Intern kontroll – evaluering .....	12
5.7 BESLUTNINGER – BESLUTNINGSPROSESS .....	12
<b>6 DOKUMENTASJON</b> .....	<b>13</b>
6.1 RAPPORTER OG TEKNISKE DOKUMENTER .....	13
<b>7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER</b> .....	<b>14</b>
7.1 MØTER .....	14
7.1.1 Møter med styringsgruppen .....	14
7.1.2 Prosjektmøter .....	14
7.2 PERIODISKE RAPPORTER .....	15
7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl) .....	15
<b>8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING</b> .....	<b>15</b>
<b>9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING</b> .....	<b>16</b>
<b>10 REFERANSER</b> .....	<b>16</b>
<b>VEDLEGG</b> .....	<b>16</b>

# 1 INNLEDNING

Oppdragsgiver: Statens vegvesen region midt, kai og bruseksjonen

Valg av oppgave: Oppgaven ble valgt etter at vi kontaktet Statens vegvesen med forespørsel om en aktuell bacheloroppgave. Vi ble tilbudt en oppgave hvor det var planlagt å prosjektere en midlertidig ferjekai der deler av konstruksjonen er utført i stål med den hensikten at deler av ferjekaien skal være mulig å demontere etter bruk og flyttes. Prosjektet var nyskapende og utfordrende og derfor veldig aktuell som bacheloroppgave.

Grunnleggende problemstilling: Statens vegvesen har per dags dato kun mobile ferjekaier, som er en beredskapskai som blir brukt ved ras, havari eller omdirigering av trafikk ved kortere ombygginger av ferjekaier/bruer/tuneller. Det har tidligere blitt bygd en helt ny kai ved ombygging av ferjekaier. Dette er dyrt!

Dagens mobile ferjekaier har begrensninger med hensyn til akseptabel ferjestørrelse og terminaltid, og det stilles krav til steds og havneforhold. Dagens mobile ferjekaier har en dimensjonerende levetid på 10 år. Statens vegvesen V431 [1]

Vår oppgave: Dimensjonering av ferjekai, med fokus på at konstruksjonsdeler skal kunne demonteres og gjenbrukes ved andre lokasjoner. Den skal ha en dimensjonerende levetid på 50 år. Vi skal også se på landkar, kai fundamentet og pæler som vil bli en fast del og kan ikke flyttes, mulige alternativer til forankringsmetoder vil bli vurdert.

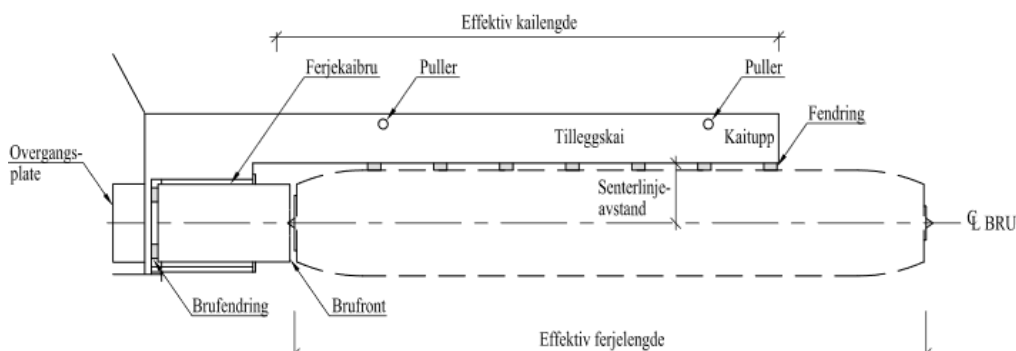
Siden ferjekaien skal være gjenbrukbar og skal benyttes ved flere lokasjoner vil det være vanskelig og komme fram til en konkret løsning. Vi har derfor valgt å se bort fra spesielle grunnforhold.

Formålet med oppgaven er at vi gjennom prosjektperioden skal lære å:

- Planlegge eget arbeid og disponere tid
- Benytte digitale beregningsverktøy
- Få bedre forståelse hva det vil si å gjennomføre et prosjekt
- Se på alternativer og sette de opp mot hverandre
- Tilegne oss nødvendig kunnskap om temaet
- Se problemstillinger

## 2 BEGREPER

Begrep	Forklaring
SVV	Statens vegvesen
Brubås	Den delen av kaikonstruksjonen som omslutter ferjekaibrua
Effektiv ferjelengde	Lengde fra recess til ende løftebaug i andre enden
Effektiv kailengde	Lengde fra brufront til det ytterste støttepunkt på tilleggskaien
Fenderverk	Energiabsorberende konstruksjon mellom tilleggskai og ferje
Ferje	Fartøy for frakt av kjøretøy og passasjerer
Landkar	Overgangskonstruksjon mellom ferjekaibru og land
Tilleggskai	Den delen av kaien som ferja legges inntil
EC	Eurokoder er en felles europeisk serie standarder for prosjektering av byggverk og dokumentasjon av produkters bæreevne/styrke til konstruksjonsformål.
V431	Statens vegvesens veiledning 431 ferjekai som er en foreløpig versjon som vi har fått tilgang og skal benytte under prosjektperioden. Veiledning er basert på SVV håndbok N400 prosjekteringsregler for bruer, Eurocoder for bærende konstruksjoner NS-EN 1990 – 1991 og håndbok R762 prosesskode - 2



Figur 1.1  
Illustrasjonsfigur  
av ferjekai uten  
landområde fra  
Statens vegvesen  
håndbok N400

## 3 PROSJEKTORGANISASJON

### 3.1 Prosjektgruppe

Studentnummer(e)
140201
120168

Tabell: Studentnummer(e) for alle i gruppen som leverer oppgaven for bedømmelse i faget ID 302906

#### 3.1.1 Oppgaver for prosjektgruppen – organisering

- Holde seg innenfor prosjektets rammer
- Holde angitte tidsfrister i henhold til fremdriftsplanen
- Fordeling av arbeidsoppgaver
- Intern kvalitetssikring, benytte sidemannskontroll.

Siden prosjektgruppen består av kun to medlemmer har vi valgt å ikke ha en egen prosjektleder og sekretær. Vi anser oss som likeverdige medlemmer av prosjektgruppen og fordeler ansvaret oss i mellom. «sekretærrollen» vil bli fordelt etter arbeidsmengde hver enkelt har til enhver tid og vil totalt bli likt fordelt over prosjektperiodens varighet.

Veileder(e) vil være toneangivende i avgjørende beslutninger.

#### 3.2 Styringsgruppe (veileder og kontaktperson oppdragsgiver)

For Statens vegvesen:

Robin Birkelund Holvik

Telefon: +47 40 54 16 44

E-post: [robin.holvik@vegvesen.no](mailto:robin.holvik@vegvesen.no)



**Statens vegvesen**

For NTNU i Ålesund:

Kristian Normann

Telefon: +47 70 16 15 76

E-post: [krno@hials.no](mailto:krno@hials.no)



Studenter:

Geir Ove Heimsnes Torgersen

Telefon: +47 98 41 59 05

E-post: Geir.Ove.Heimsnes.Torgersen@stud.hials.no

Sigbjørn Hagen

Telefon: +47 47 60 86 63

E-post: Sigbjorn.Hagen@stud.hials.no

## **4 AVTALER**

### ***4.1 Avtale med oppdragsgiver***

Arbeid som er utført vil bli gjort tilgjengelig for oppdragsgiver via dropbox.

Arbeidet vil bli kontrollert og tilbakemelding gitt via mail eller telefon.

Møte etter behov

### ***4.2 Arbeidssted og ressurser***

Arbeidsplass: NTNU i Ålesund

Ressurser: Statens vegvesen, NTNU i Ålesund, pensum, fagstoff fra nett med kildehenvisning

Veileder SVV: Robin Birkelund Holvik (Bru- og ferjeseksjonen)

Veileder NTNU i Ålesund: Kristian Normann

Avtalt rapportering:

Framdriftsrapport skal levers til veileder ved NTNU i Ålesund hver 14. dag, veileder i Statens vegvesen vil også få tilgang til denne gjennom Dropbox.

Alt materiale vil bli gjort tilgjengelig på Dropbox som veileder i Statens vegvesen har tilgang til.



### **4.3 Gruppenormer – samarbeidsregler – holdninger**

Normer i gruppen:

- Følge fremdriftsplanen og ferdigstille arbeidsoppgaver til angitt tid
- Føre enkel logg daglig som letter arbeidet med framdriftsrapporten som skal leveres hver 14. dag
- Siden vi har et annet fag i starten av prosjektperioden vil dager med undervisning i dette faget i hovedsak bli benyttet til dette faget.
- Arbeidstid og oppmøtetidspunkt blir avtalt daglig.
- Sidemannskontroll (kontrollere hverandres arbeid)
- Møte til avtalt tid, gi beskjed dersom man er forhindret

Det er viktig og levere arbeid til avtalt tid for å kunne opprettholde fremdriften som er satt i fremdriftsplanen. Dersom arbeidet ikke er utført til riktig tid er det viktig at dette gjøres kjent i gruppen, for å kunne hente inn tapt tid. -Avviksmelding føres og arkiveres. På denne måten kan man se grunnen til at arbeidet ikke ble utført og man kan se på måter å unngå dette i framtiden.

Dersom man er forhindret i å møte til rett tid skal det gis beskjed så raskt som mulig.

## **5 PROSJEKTBEKRIVELSE**

### **5.1 Problemstilling - målsetting – hensikt**

Problemstilling: Dagens mobile ferjekaier er beredskapskaier og har begrensninger med hensyn til akseptabel ferjestørrelse og terminaltid. SVV vil helst ikke bruke disse med mindre de må, dette er fordi SVV har et begrenset antall av disse tilgjengelig. Statens vegvesen har derfor sett på mulighetene for en midlertidig ferjekai som har samme egenskapene som en permanent ferjekai.

Samfunns mål: Den nye tilleggskaie i stål skal bidra til at kapasiteten på veistrekningen opprettholdes under arbeid /utbedringer på strekningen selv om arbeidet pågår over lengre tid

Effekt mål:

- Samme egenskapene som en permanent ferjekai.
- Ved standard mål/tegninger kan prosjekteringstid på nye/flere kaier reduseres

Resultatmål:

- Dimensjonering av ferjekai iht. SVV-håndbøker og gjeldende EC
- Digitale tegninger av ferjekaien (oversikts- /snitt- og detaljtegninger) som er nødvendig for å bygge kaien
- Finne en god demonterings/monteringsmetode av tilleggskaien

## **5.2 Krav til løsning eller prosjektresultat – spesifisering**

Spesifikasjoner:

- Tilleggskaien skal være utført i stål
- Landkar og kai fundament skal være utført i betong
- Deler av konstruksjonen skal være gjenbrukbar
- Tilleggskaien skal ha dimensjonerende levetid på 50 år

Funksjonelle krav:

- Ferjekai for små samband med effektiv ferjelengde t.o.m 70 m
- Opprettholde normal trafikk på strekningen
- Mest mulig gjenbrukbar

Økonomiske rammer:

- Økonomiske rammer er ikke satt for prosjekteringen

Krav til kvalitet:

- Utføres i henhold til SVV's aktuelle håndbøker
- Utførelsesklasse: NS-EN 13670/ NS-EN 1090-2
- Pålitelighet og kontrollklasse: NS-EN 1990 - 1999
- Betong: NS-EN 1992-2:2005+NA:2010 (EC 2)
- Armering – B500 NC iht. NS3576-3
- Stål: NS-EN 1993-1-2:2005+NA:2009 (EC 3)
- Stålrørspeler: Etter prosesskode 2 Håndbok R762

Leveranser fra prosjektet – hva skal anses som fullføring av prosjektet overfor oppdragsgiver i forhold til dokumenter, utviklet prototype/løsningsbeskrivelser og liknende.

- Tegninger
- Beregninger
- Rapport som begrunnelse på valg av løsninger

### **5.3 Informasjonsinnsamling – utført og planlagt**

- Benytter håndbøker fra Statens vegvesen i hovedsak N400 *bruprojektering*, V431 *ferjekai*, R765 *prosseskode 2 standard beskrivelse for bruer og kaier*.
- Utgitte tegninger: kotekart, illustrerende snitt tegninger
- Informasjonsmøte med SVV
  
- Eurokoder
- Kunnskap om it-programmer som skal benyttes i prosjektet
- Informasjon om eksisterende ferjekaier utført i stål

### **5.4 Vurdering – analyse av risiko**

Gjennomføring av prosjektet er reelt med tanke på Statens vegvesens behov. Det vil bli undersøkt om det er mulighet for å benytte stål i tilleggskaien som erstatning til dagens midlertidig kaier. Det vil bli et spørsmål om kostnader etter at projekteringen er gjennomført, men er ikke avgjørende for at projekteringen blir gjennomført.

Faktorer for suksess:

- Godt samarbeid i gruppen
- Overholde tidsplan
- Kontroll av utførte oppgaver
- Kvalitetssikring
- God kommunikasjon med veiledere

Prosjektets trusler:

- Uenighet i gruppen
- Manglende bruk av tilgjengelige ressurser
- For stor arbeidsmengde
- Mangel på kompetanse

### **5.5 Hovedaktiviteter i videre arbeid**

Beskrivelser av planlagte hovedaktiviteter og viktigste delaktiviteter for gjennomføring av prosjektet.

<b>Nr.</b>	<b>Hovedaktivitet</b>	<b>Ansvar</b>	<b>Tid/omfang</b>
A1	Forprosjekt	SH/GOT	20 dager
A11	Informasjonsinnhenting	SH/GOT	10 dager
A12	Målsetting	SH/GOT	2 dager
A13	Fremdriftsplan	SH/GOT	1 dag
A14	Rapportskriving	SH/GOT	19 dager
A2	Hovedoppgave	SH/GOT	84 dager
A21	Informasjonsinnhenting	SH/GOT	16 dager
A22	Valg av løsning	SH/GOT	8 dager
A3	Dimensjonering	SH/GOT	41 dager
A31	håndberegning	SH/GOT	17 dager
A32	Kontrollberegning data	SH/GOT	7 dager
A32	Tegning	SH/GOT	11 dager
A33	Skrive rapport	SH/GOT	11 dager
A4	Ferdigstilling av rapport	SH/GOT	30 dager
A41	Korrektur	SH/GOT	4 dager
A42	Kopiering	SH/GOT	3 dager
A43	PowerPoint	SH/GOT	12 dager
A44	Levering	SH/GOT	1 dag

## **5.6 Framdriftsplan – styring av prosjektet**

### **5.6.1 Hovedplan**

Hovedtrekk i gjennomføringen:

- Forprosjekt – Hovedoppgave – Dimensjonering – Ferdigstilling av rapport

Hovedaktivitet: Forprosjekt

Start - Slutt: 04.01.16 - 28.01.16

Varighet: 19 dager

Milepæl: Forprosjektrapport levert

Beslutningsprosess: Møte med veileder i SSV, Avgrense oppgave

Hovedaktivitet: Hovedoppgave

Start – Slutt: 01.02.16 – 26.05.16

Varighet: 84 dager

Milepæler: valg av løsning, beregninger ferdig, tegninger komplett. Rapport ferdig, levering av bachelor.

Beslutningsprosess: Møte med veileder i SSV og NTNU i Ålesund. Godkjenne valg av løsninger.

Hovedaktivitet: Dimensjonering

Start – Slutt: 19.02.16 – 15.04.16

Varighet: 41 dager

Milepæl: Kontrollregning data, tegninger komplett

Beslutningsprosess: tegninger/beregninger i henhold til ønsket kvalitet

Hovedaktivitet: Ferdigstilling av rapport

Start – Slutt: 15.04.16 – 26.05.16

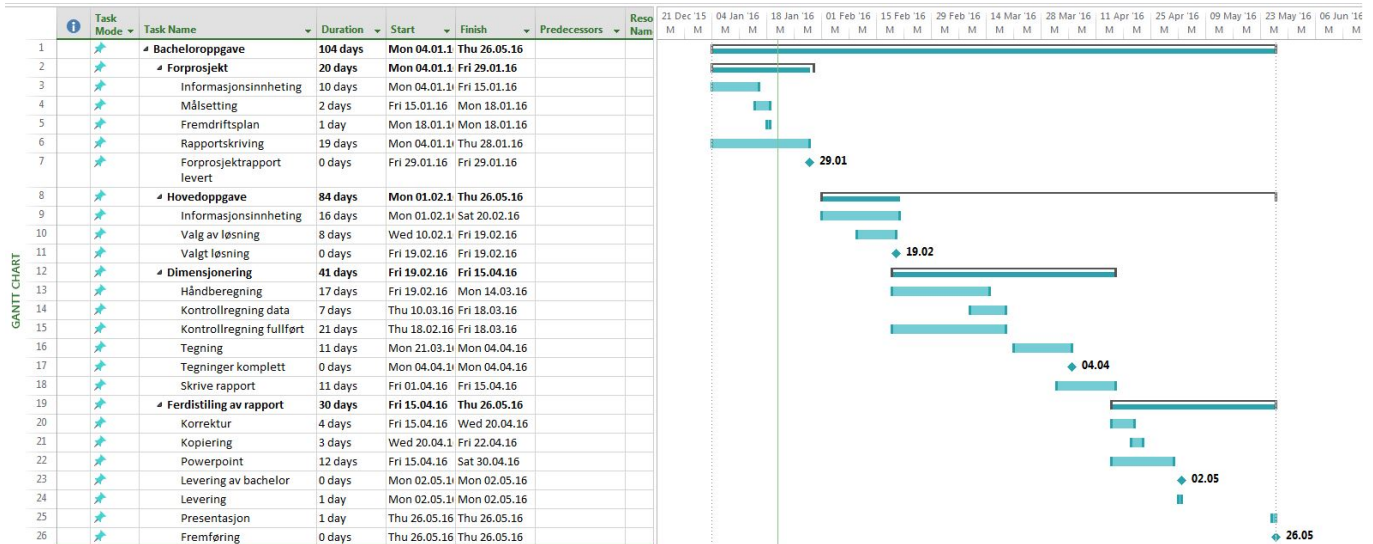
Varighet: 30 dager

Milepæl: Levering av bachelor

Beslutningsprosess: Er produktet godt nok?

## 5.6.2 Styringshjelpemidler

Vi vil benytte fremdriftsplanen vi har laget i Microsoft Project til å styre framdriften i prosjektet.



## 5.6.3 Intern kontroll – evaluering

- Fremdrift vil bli kontrollert fortløpende ut ifra hva som er oppsatt i framdriftsplan
- Sidemannskontroll blir benyttet som internkontroll
- Siden veileder i Statens vegvesen har tilgang til vår Dropbox mappe vil han kunne se hva som blir lagt ut og kommentere eventuelle feil/mangler

Kriterier for at mål/delmål er nådd:

- Tilstrekkelig arbeid utført
- At arbeidet som er utført har en rød tråd

## 5.7 Beslutninger – beslutningsprosess

- Avgrensning/presisering av oppgaven er gjort av vår veileder i Statens vegvesen og godkjent av veileder ved NTNU i Ålesund. Andre sentrale beslutninger tas etter godkjenning fra veiledere.

## 6 DOKUMENTASJON

### 6.1 *Rapporter og tekniske dokumenter*

Rapportering:

- Logg, ukentlig
- Framdriftsrapport, hver 14. dag, levers til Kristian Normann

Hva slags dokumentasjon skal utarbeides – utforming, innhold:

- Forprosjektrapport
- Logg
- Framdriftsrapport
- Prosjektrapport
- Tegninger, arbeidstegninger/detaljtegninger
- Beregninger

Rutiner:

- Dokumenter og tegninger lagres på dropbox
- Sikkerhetskopiering på minnepinne hver fredag

Distribusjon / kopiering:

- Dropbox

Oppbevaring:

- Dropbox
- Sikkerhets kopiering på minnepinne
- Utleverte tegninger oppbevares i egen perm, skannes og legges på Dropbox

Vedlikehold:

- Kontinuerlig korrekturlesing
- Levering av papirutgave til Kristian Normann

## 7 PLANLAGTE MØTER OG RAPPORTER

### 7.1 Møter

Siden veileder er stasjonert i ved Statens vegvesens kontorer i Molde vil korrespondanse i hovedsak foregå over E-post / telefon, med mindre personlig oppmøte er å foretrekke.

#### 7.1.1 Møter med styringsgruppen

Planlagte møtedatoer/tidspunkt – innhold, rapportering etc.

Dato	Møtedeltaker(e)	Møtets formål
Mandag 11.01.16	Robin Birkelund Holvik (SSV) Sigbjørn Hagen Geir Ove Torgersen	Informasjonsmøte

#### 7.1.2 Prosjektmøter

Dato	Møtedeltaker(e)	Møtets temaer
Mandag 11.01.16	Robin Birkelund Holvik (SSV) Geir Ove Torgersen Sigbjørn Hagen	Få kjennskap til oppgaven Definere omfang
Torsdag 13.01.16	Kristian Normann (NTNU) Sigbjørn Hagen Geir Ove Torgersen	Diskutere arbeidsomfang Tanker rundt oppgave



## **7.2 Periodiske rapporter**

### **7.2.1 Framdriftsrapporter (inkl. milepæl)**

- Framdriftsrapporter – hver 14. dag
- Ukentlige logger

#### Planlagte rapportdatoer

- Framdriftsrapport 22.01.16
- Forprosjektrapport 29.01.16
- Framdriftsrapport 05.02.16
- Framdriftsrapport 19.02.16
- Framdriftsrapport 04.03.16
- Framdriftsrapport 18.03.16
- Framdriftsrapport 01.04.16
- Framdriftsrapport 15.04.16
- Framdriftsrapport 29.04.16
- Framdriftsrapport 13.05.16
- Hovedrapport 15.05.16??

## **8 PLANLAGT AVVIKSBEHANDLING**

Hva skal gjøres dersom prosjektet (framdrift/innhold) ikke går som planlagt:

- Skrive avviksmelding
- Viktige avvik fra 5.5 skal skrives inn i bacheloroppgaven
- Finne grunn til avvik
- Se på mulige løsninger til avvik

Planlagt prosedyre for endringer:

- Skrive endringsmelding
- Føres inn i endringsliste

## 9 UTSTYRSBEHOV/FORUTSETNINGER FOR GJENNOMFØRING

Utstyr / programvare som er nødvendig for å gjennomføre prosjektet

- Microsoft Word
- Microsoft Project
- Microsoft Excel

Vi har skaffet oss følgende programmer gjennom studentlisenser

- Fem – design
- AutoCad
- Revit structure
- MathCAD
- Math Type

## 10 REFERANSER

1. Statens vegvesen veiledning 431, (foreløpig versjon)  
Tilgjengelig fra: [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no) når den er klar for publisering.

## VEDLEGG

Vedlegg 1: Fremdriftsplan GANT-diagram

# Vedlegg 2

Statens vegvesen håndbok V431

# Ferjekai

## Prosjektering

FORELØP

## Håndbøker i Statens vegvesen

Dette er en håndbok i Statens vegvesens håndbokserie. Vegdirektoratet har ansvaret for utarbeidelse og ajourføring av håndbøkene.

Denne håndboka finnes kun digitalt (PDF) på Statens vegvesens nettsider, [www.vegvesen.no](http://www.vegvesen.no).

Statens vegvesens håndbøker utgis på to nivåer:

**Nivå 1:** • **Oransje** eller • **grønn** fargekode på omslaget – omfatter *normal* (oransje farge) og *retningslinje* (grønn farge) godkjent av overordnet myndighet eller av Vegdirektoratet etter fullmakt.

**Nivå 2:** • **Blå** fargekode på omslaget – omfatter *veiledning* godkjent av den avdeling som har fått fullmakt til dette i Vegdirektoratet.

## Ferjekai - prosjektering

V431 i Statens vegvesens håndbokserie

Forsidefoto: Morten Søvde

ISBN: 978-82-7207-682-4

# 1 Generelt

## 1.1 Forord

Denne veiledningen tar for seg foretrukne løsninger samt råd og tips for gode valg ved prosjektering av ferjekaier. Løsninger som er beskrevet i denne håndboken baserer seg på gjeldende regelverk, håndbøker, retningslinjer og normaler og vil dermed ha revisjonsbehov ved innføring av nytt regelverk og standarder. Der denne håndboken viser til "forskrift for trafikklaster" skal NA-rundskriv 07/2015 benyttes inntil forskriften foreligger.

Følgende normaler og retningslinjer danner grunnlag for denne veilederen og gjelder foran ved eventuelle uoverensstemmelser:

- Håndbok N400 Prosjekteringsregler for bruer
- Eurocoder for bærende konstruksjoner NS-EN 1990 - 1999
- Håndbok R762 Prosesskode – 2

Veiledninger for ferjekaier består av tre håndbøker:

**V431 Ferjekai - Prosjektering**

V432 Ferjekai - Elektrohydrauliske styresystemer

V433 Ferjekaibru - Tegninger

Ferjeleienes landområde er omtalt i håndbok V430 Ferjeleier - planlegging.

## 1.2 Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Generelt</b>	<b>3</b>
1.1	Forord	3
1.2	Innholdsfortegnelse	4
1.3	Betegnelser	7
1.4	Prinsippskisse av ferjekai	8
1.5	Innledning	8
1.6	Plassering av ferjeleie	9
<b>2</b>	<b>Hoveddimensjoner</b>	<b>11</b>
2.1	Standardiserte hoveddimensjoner	11
2.2	Dybde i ferjekaibås	12
2.3	Kotehøyde landkar og fendring	12
2.4	Sikringsbjelke og heisetårnører	13
2.5	Dimensjoner ferjekaibru	15
<b>3</b>	<b>Kaikonstruksjoner</b>	<b>17</b>
3.1	Tilleggskai	17
3.2	Ferjekaibru	19
3.3	Heisetårnramme	33
3.4	Landkar	22
3.5	Overgangsplate	22
3.6	Friksjonsplate	22
<b>4</b>	<b>Fenderverk</b>	<b>25</b>
4.1	Innledning	25
4.2	Historie	26
4.3	Energiopptak og krefter	26
4.4	Overflatebehandling	27
4.5	Gummikvalitet	27
4.6	Fenderelement for ferjekaibru	27
4.7	Returfendere mellom ytre brubjelker og lager	28
4.8	Fenderverk for tilleggskai	28
4.8.1	Torsjonsfender	29
4.8.2	Bunntfundamenterte fenderpanel	30
4.8.3	Peler med lavfriksjonsplater	30
4.8.4	Opphengte fenderpanel	32
4.8.5	Fendring med dumperdekk	32
4.8.6	Sekundærfendring mellom hovedfendere på tilleggskai	33
4.8.6.1	Ekstrudert fender	33
4.8.6.2	Dumperdekk	34

<b>5</b>	<b>Fundamentering</b>	<b>35</b>
5.1	Generelt	35
5.2	Direkte fundamentering på berg	35
5.3	Direkte fundamentering på løsmasser	36
5.4	Rammede stålrørspeler til berg	36
5.5	Borede stålrørspeler til berg	38
5.6	Stålrør til kumring på berg	39
5.7	Stålkjernepeler til berg	40
5.8	Stålrørspeler i løsmasse	41
5.9	Bergankere og bergbolter	42
5.10	Flytende kai	43
<b>6</b>	<b>Kaiutstyr</b>	<b>45</b>
6.1	Overflatebehandling	45
6.1.1	Innstøpingsgoods	45
6.2	Aggregatthuset med utstyr	46
6.3	Elektrohydraulisk styresystem	47
6.4	Trekkerør	47
6.5	Belysning	47
6.6	Sperrebom	47
6.7	Nødstrømstrommel	48
6.8	Puller	48
6.9	Vannuttak	49
6.10	Sikkerhetsutstyr	49
6.11	Heisetårn for ferjekaibru m/rørføringer	50
6.12	Vedlikeholdsoppheng	50
6.13	Fastpunkt	50
6.14	Jordelektrode	50
<b>7</b>	<b>Erosjonssikring</b>	<b>51</b>
7.1	Innledning	51
7.2	Teori	51
7.3	Forundersøkelser og kartlegging	51
7.3.1	Bunnskartlegging	51
7.3.2	Bergkontrollboring	51
7.3.3	Miljøprøvetaking	52
7.3.4	Prøvetaking	52
7.3.5	Dykkerundersøkelse	52
7.4	Plastring	52
7.4.1	Tradisjonell plastring med dekkstein og filterlag	52
7.4.2	Plastring med betongmadrass	53

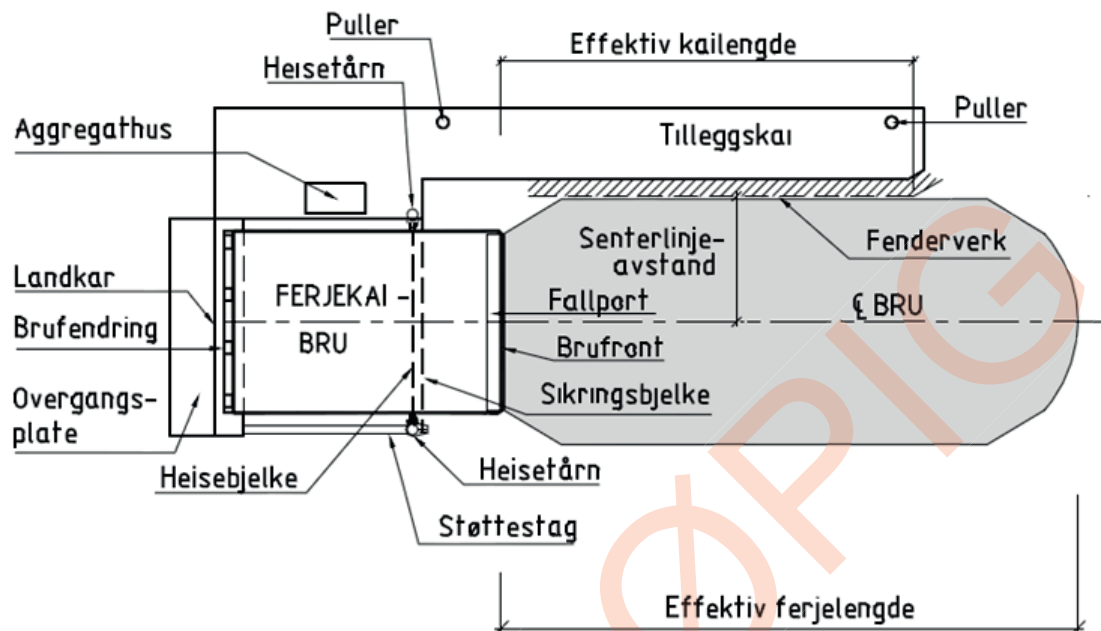


<b>8 Ombygging</b>	<b>55</b>
8.1 Generelt	55
8.2 Inspeksjon og tilstandsvurdering	55
8.3 Ombygging	55
8.3.1 Ombygging av ferjekaibåsen	55
8.3.2 Forlenging av tilleggskai	56
8.3.3 Breddeutvidelse av ferjekaibrua	56
8.3.4 Elektro-hydraulisk anlegg	57
8.3.5 Erosjonsikring	57
8.3.6 Fundamentering	57
8.4 Rehabilitering	57
8.5 Reparasjoner	57
8.6 Gjenbruk	58
8.7 Bruk av mobil ferjekai	58
<b>9 Mobil ferjekai</b>	<b>59</b>
9.1 Generelt	59
9.2 Oppbygging	59
9.3 Plassering	59
9.4 Tekniske mål	60
Vedlegg A	61
Vedlegg B	62
Vedlegg C	68

## 1.3 Betegnelser

Begrep	Forklaring
Aggregatthuss	Hus for hydraulisk og elektrisk utstyr for ferjeleiet
Brubås	Den del av kaikonstruksjonen som omslutter ferjekaibrua
Brufending	Energiabsorberende konstruksjon mellom landkar og ferjekaibru
Brufrent	Den del av ferjekaibrua som har anlegg på ferja
Deplasement	Mål for massen av det væskevolumet som ei ferje fortrenger. Maksimalt deplasement er summen av egenvekt av ferja og maksimalt tillatt nyttelast, angitt i tonn
Effektiv ferjelengde	Lengde fra recess til ende løftebaug i andre enden
Effektiv kailengde	Lengde fra brufrent til det ytterste støttepunkt på tilleggskaien
Fallport	Stållem festet til ferja. Fungerer som overgangsplate mellom ferje og ferjekaibru ved lasting og lossing
Fenderverk	Energiabsorberende konstruksjon mellom tilleggskai og ferje
Ferje	Fartøy for frakt av kjøretøy og passasjerer
Ferjekaibru	Kjørbar forbindelse mellom ferje og kai
Friksjonsplate	Konstruksjon i grunnen som gir ferjekaia kapasitet til å ta opp horisontale krefter der man ikke har mulighet til å fundamentere direkte mot berg.
Heisebjelke	Horisontal bjelke som bærer ferjekaibrua ved heving og senking av denne
Heisetårn	Oppheng for ferjekaibruas heve- og senkeanordning
Landkar	Overgangskonstruksjon mellom ferjekaibru og land
Landområde	Oppstillingsplass, tilkomstveg, parkeringsanlegg, servicebygg, grøntanlegg, sjøfront, belysning, signalanlegg og billetteringsfasiliteter
Låsehake	Sikringshake montert på fallporten til ferja
Overgangsplate	Betongplate som er leddet til et stivt landkar for å redusere ulempene ved mulig setning i vegfylling inntil landkaret
Puller	Festeanordning for fortøyning
Recess	Ferjas understøttelse for brufrent
Senterlinjeavstand	Avstand fra ferjekaibruas senterlinje til ytterkant fenderverk, målt ved kote + 1 m
Sikringsbjelke	Horisontal bjelke som sikrer ferjekaibrua mot maksimalt utslag nedover og som stiver av heisetårn i tverr-retningen
Støttestag	Horisontalt stag som stiver av heisetårn mot landkar
Tilleggskai	Den delen av kaien som ferja legges inntil
Utstyr	Pullere, kantlist, rekkverk, lysmaster, redningsutstyr og opplysningskilt

## 1.4 Prinsippskisse av ferjekai



Figur 1-1 Definisjoner

## 1.5 Innledning

Et ferjeleie består av ferjekai, landområder og havneområde. En ferjekai består av elementene tilleggs kai, ferjekai bru, brubås og utstyr. Ferjekaien må ikke studeres som et enkeltstående objekt, men som et element som skal spille sammen med både land og sjø. Her møtes fagmiljøene for ferjekai, landområder og det maritime fagmiljøet. Ved planlegging av et nytt ferjeleie er det derfor viktig at alle fagmiljøer omforenes om en samlet løsning. Trafikkflyt, trafiksikkerhet, logistikk, grunnforhold, dybdeforhold, strømforhold, vindforhold og bølgeforhold er parametere som er viktige å ta hensyn til. Det er også viktig å ha en høringsrunde mot brukere av ferjeleiet. Aktuelle brukere er trafikanter, ferjereideri og ansvarlige for drift og vedlikehold på landarealet og ferjekai.

Ved planlegging av et nytt ferjeleie er det viktig å tenke gjennom trender og utvikling i samfunnet med hensyn til dimensjonerende ÅDT og dermed størrelse på ferje og oppstillingsfeltene. Av dette følger også valg av ferjekai brubredde. Spesielt i store samband, der frekvensen på ferjeavgangene er presset, er det viktig å velge bred nok ferjekai bru med tilhørende god kapasitet på land slik at tømning av ferja kan foregå effektivt. Videre er det gunstig for sikker trafikkavvikling å ha både hovedkai og reservekai slik at hendelser som medfører stenging og reparasjon av ei kai, får minst mulig virkning.

Ombygging av ferjekai er relativt kostbart. Derfor bør man tenke fram i tid, slik at man bygger bredt nok, langt nok og dypt nok. Eksempelvis kan landkaret med heisetårnrammen lages en størrelse større enn behovet per i dag. Dermed har man mulighet for å justere til bredere ferje ved en senere anledning uten dramatiske kostnader. Husk at byggverket skal ha en brukstid på 50 år.

Undervannsarbeider som fundamentering, utdyping og erosjonssikring er generelt krevende, og spesielt vanskelige og dyre dersom de må gjøres etter at kaien er satt i drift. Undervannsarbeider bør derfor utføres med grundighet i anleggsfasen.

Godt grunnlag er en forutsetning, og det nevnes grunnundersøkelser, kotekartlegging av sjøbunn og undervannsinnspeksjoner som viktige grunnlag for prosjektering. I tillegg er det viktig å ha tilstrekkelig innmåling av eksisterende tilstøtende konstruksjoner. Det kan ofte forekomme fremmedlegemer på sjøbunn ved ombygging av eksisterende kaier. Det er derfor en fordel å foreta en dykkerinspeksjon av hele ferjekaibåsen og rundt fundamentet for å unngå overraskelser i byggeperioden. Det er som regel nødvendig med miljøprøvetaking av sjøbunnen dersom det skal mudres i en ferjekaibås.

## 1.6 Plassering av ferjeleie

For å finne optimal plassering av et ferjeleie, kreves det en helhetlig forståelse av flere fagfelt. Det må optimaliseres for både maritime, byggetekniske, trafikale og logistikkmessige forhold. I tillegg kommer økonomiske hensyn.

For maritime forhold er det viktig å tenke på hvordan ferjene manøvrerer. Det er forskjellige kjørestiler og tenkemåter når det gjelder måter å anløpe kaia på. Det er viktig å høre på brukere av anlegget, men ferjeførere er forskjellige og man kan oppleve å få forskjellige svar ved forespørsel. Høringer bør derfor gå til teknisk ansvarlig i rederiet som samler sammen uttalelser fra skippere og omforener disse i et syn. Samtidig bør det tilstrebes å standardisere ferjekaiene. Det kan være fristende å «skreddersy» et ferjeleie til en type båt i kontraktperioden, men man kan da fort bli overasket over forhold som det ikke er tenkt på. Andre viktige faktorer er vind, strøm og bølgeførhold. For å få en objektiv vurdering av ferjekaia og havnebassenget kan man forespørre institusjoner som kan gi en vurdering av brukbarhet av havnen med hensyn til strøm, vind og bølger. Ferjekaia bør ha en retning mest mulig parallelt med dominerende vindretning. Det bør også unngås å plassere ferjekaia på utstikkende nes. Det er gunstig om ferjekaia kan legges slik at man ikke hindrer nødmanøvrering. Med dette menes at ferja har mulighet til å avbryte et tillegg og kunne bøye av uten å bli «fanget» inne i et trangt løp i en nødsituasjon. Det er samtidig viktig å vurdere retningen på ferjekaia slik at tilleggskai ikke ligger for mye ut av kurs i forhold til sambandets retning. Dette forhindrer unødig kursendring og reduserer potensielle skadeforløp. En annen gevinst er at ferja bruker mindre tid på overfarten. Det vil gi seg utslag økonomisk. Her må man ta en helhetlig vurdering over hvilke faktorer som er mest viktig. Det kan være aktuelt å sikre grunner og moloer i nærheten av ferjeleiet med fenderverk for å øke sikkerheten og dermed også regulariteten i sambandet.

Byggeteknisk er det noen utfordringer man kan unngå ved å flytte litt rundt på ferjeleiet. Man bør generelt unngå dårlig grunn hvis mulig. Det sparer en for mye problemer. Undervannsarbeider på store dyp bør også unngås, da tilkomst blir vanskelig og manuelt arbeid lite effektivt.

Det bør tas hensyn til trafikale forhold for å oppnå strømlinjeformet trafikkavvikling over ferjekaibrua. Trafikken bør gå mest mulig i rett linje og parallelt med tilleggskai for å unngå farlige situasjoner og for å oppnå en effektiv tomning av ferja. Dette vil bidra til kort terminaltid. Dette har flere effekter, men de viktigste er lavere drivstoff-forbruk og mulighet til hyppigere avganger.

Ved nybygging eller ombygging av et ferjeleie er det gunstig om et ferjeleie gir mulighet for at en ny ferjekai kan bygges ved siden av en eksisterende kai, slik at restriksjoner på ferje- og vegtrafikk blir minst mulig i byggetida. Det vil også være gunstig med hensyn på byggekostnadene. Den gamle ferjekaien kan da i ettertid bli liggende som reservekai, liggekai, eller bli fjernet.

Det vises for øvrig til håndbok V430 Ferjeleier - planlegging.

FORELØPIG

## 2 Hoveddimensjoner

Ferjekaiens hoveddimensjoner bør så langt det er mulig standardiseres i trinn. Skreddersøm til ferjekontrakt bør unngås og vil ikke svare seg over tid. Å velge hoveddimensjoner en størrelse større enn dagens behov har vist seg å være fornuftig. Med standardiserte hoveddimensjoner kan man tenke seg at ferjene etter hvert også vil måtte føye seg til en standard ferjekai med visse begrensninger. Det kan dermed være mulig å klassifisere hver enkelt ferjekai med tanke på maksimal tillatt ferjelengde, -bredde, -dybde og deplasement. Standardiserte ferjekaier vil også virke positivt på ferjedriftkonkurransen, da ferjekaiene forblir forutsigbare med hensyn til ytre mål og utforming.

### 2.1 Standardiserte hoveddimensjoner

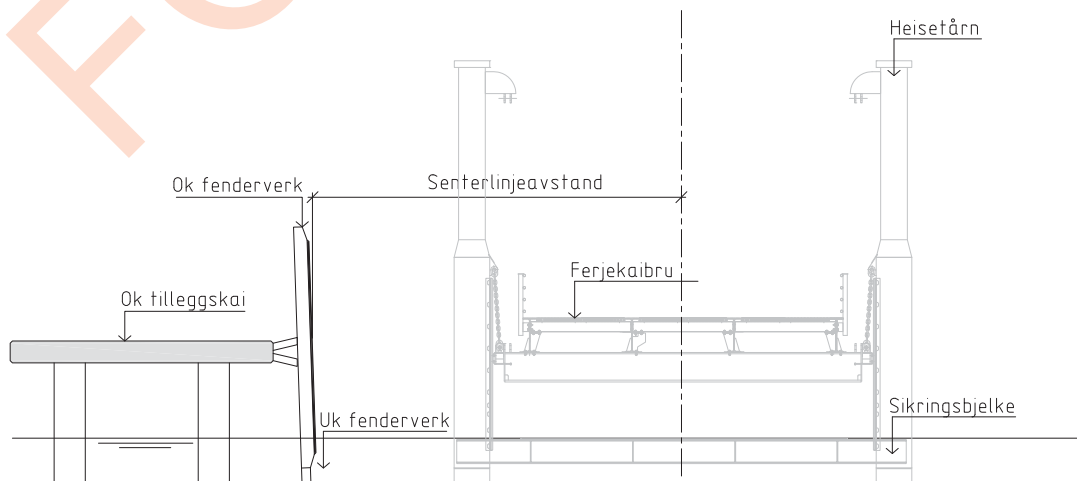
Ferjekaiene kan forenklet deles inn i tre kategorier. Små, mellomstore og store samband. Samband som går utover store samband må tegnes og dimensjoneres spesielt, men også disse kaiene vil kunne klassifiseres på lik linje med de standardiserte. I tabell 2.1 under er det vist anbefalte standardiserte hoveddimensjoner for ferjekaiene.

**Tabell 2-1** Anbefalte standardiserte hoveddimensjoner

Sambandsstørrelse/Konstruksjonsdel	Små	Mellomstore	Store
Anbefalt effektiv ferjelengde	T.o.m. 70 m	T.o.m. 100 m	T.o.m. 150 m
Anbefalt ferjebredde	11 – 14 m	14 – 17 m	17 – 19 m
Maks ferjedygang	3,5 m	4,5 m	5 m
Maks deplasement	T.o.m. 1000 tonn	1000 – 2000 tonn	2000 – 4000 tonn
Effektiv kailengde	50 m	70 m	110 m
Bredde ferjekaibru	6 m	6 – 9 m	12 m
Bredde brubås*	6 – 9 m*	9 – 12 m*	12 m*
Minimum dybde (ref. NN1954)	Se kap. 2.2	Se kap. 2.2	Se kap. 2.2
Senterlinjeavstand	Ca. 6,0 m	Ca. 7,0 m	Ca. 8,5 m

\*Tilpasset ferjekaibrubredde

Senterlinjeavstand bør avpasses slik at man tar hensyn til både hovedferje og reserveferje. I håndbok N400 er det blant annet et krav at recessen dekker minimum 2/3 av ferjekaibrua sin bredde. Ofte må man gjøre tiltak for å dekke åpningen mellom ferje og ferjekaibru for å sikre trafikken mot sjøen.



**Figur 2-1** Prinsipp av ei ferjekai i snitt

## 2.2 Dybde i ferjekaibås

Dybder angis alltid med nullreferanse som for landnull (NN1954). Dybde i ferjekaibås tilpasses den dimensjonerende ferje som tenkes trafikkert i sambandet i ferjekaiens dimensjonerende brukstid. Ut fra tabell 2.1 er det angitt anbefalt maksimal dypgang på ferjene på de forskjellige typene ferjesamband. Maksimal dypgang på ferja er definert som den maksimale avstanden fra vannlinje til underkant kjøplplate på midtspantet, altså ferjas dypeste punkt, tatt hensyn til den mest ugunstigste lastkondisjonen. Minimum dybde innenfor ferjekaibåsen vil variere noe avhengig av beliggenheten av kaien. Det vil også variere med topografien, strømforhold og lokale fjordformasjoner. Generelt kan man bruke Statens kartverk sjø sin oversikt over vannstands nivå for de fleste havner <http://www.sehavniva.no>. Det tas utgangspunkt i nærmeste kjente målestasjon. Minimum dybdekote refererer seg til nullnivå for land som for tiden er NN1954 og beregnes slik:

$$\text{Minimum dybdekote} = \text{LAT} - D_f - D_t - D_s - D_k$$

Der

LAT	Laveste astronomiske tidevann (nullreferanse for sjøkart, angitt kote i forhold til NN1954)
$D_f$	Maksimal dypgang for ferje
$D_t$	Trim (0,3m)
$D_s$	Svell (0,25m)
$D_k$	Klaring (0,75m)
NN1954/NN2000	Nullreferanse for land

Tall i parentes er standardmål. Byttes med aktuelle krav der disse er kjent.

## 2.3 Kotehøyde landkar og fending

På samme måte som dybdekote kan kotehøyde for ok landkar, ok tilleggs kai og kotehøyde for uk og ok fending beregnes ved å ta utgangspunkt i stedlige tidevannsvariasjoner:

kotehøyde ok landkar =	$(\text{LAT} + \text{HAT})/2 + \text{recesshøyde}$
kotehøyde ok tilleggs kai =	$(\text{LAT} + \text{HAT})/2 + \text{recesshøyde}$
kotehøyde ok fending =	$\text{HAT} + \text{maks recesshøyde} + \Delta$
kotehøyde uk fending =	$\text{LAT} + \text{min recesshøyde} - \Delta$

Der

LAT = Laveste astronomiske tidevann,

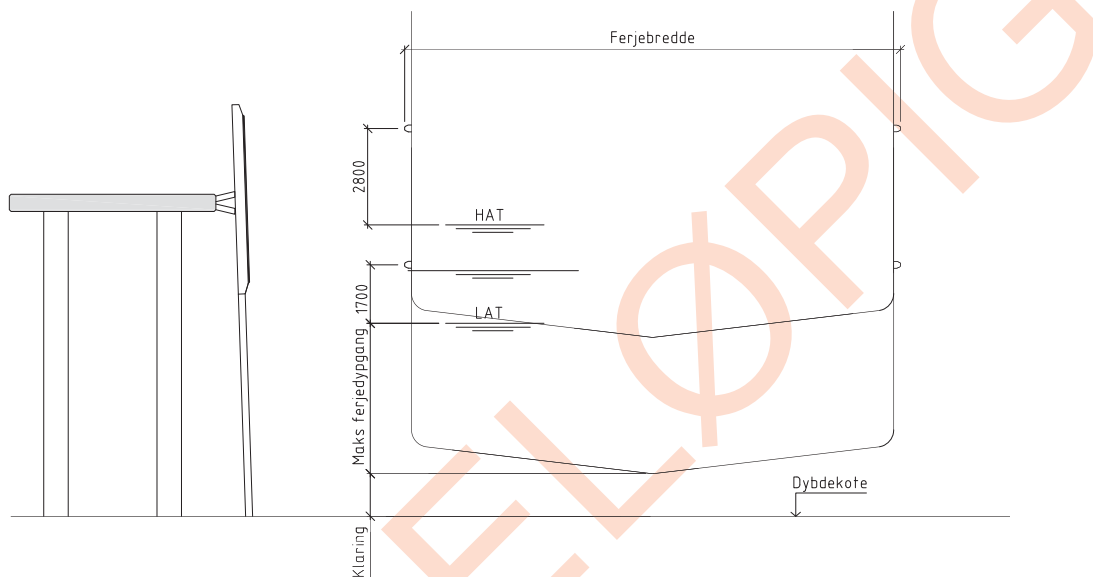
HAT = Høyeste astronomiske tidevann

$\Delta$  = Klaring - bør være mellom 0,2 til 0,5 m.

Gamle ferjer kan i tillegg ha «svai» på dekket. Det betyr at dekket og fenderlisten går i en bue med lavest geometri på midten av ferja. Man kan oppleve at disse ferjene krever litt lavere fending enn tabulert under. Maksimum og minimum tillatt dekkshøyde, målt ved enden av ferja, i forhold til vannspeil er definert i håndbok N400, kap 13.9.2 og er per i dag standardiserte til å være mellom 1,7 m og 2,8 m. Ved utregning av kotehøyde for landkar må man foreta en analyse av aktuelle ferjetyper. Er det et stort samband, vil man ha ferjer med relativt høy recess som normalt vil trafikkere sambandet. Har man et lite samband bør man kanskje ta hensyn til de små ferjene med lav recess. Mellomstore samband kan få både store og små ferjer. Foretas det ingen beregning kan følgende veiledende kotehøyder benyttes:

Tabell 2-2 Kotehøyder for landkar, tilleggskai og fenderpanel

Region	Kotehøyde landkar	Kotehøyde tilleggskai	Kotehøyde ok fending	Kotehøyde uk fending
Nord	+2,50	+2,50	+5,00	-1,00
Midt	+2,40	+2,40	+5,00	-0,50
Vest	+2,30	+2,30	+4,00	0,00
Sør	+2,20	+2,20	+3,50	+0,50
Øst	+2,20	+2,20	+3,50	+0,50



Figur 2-2 Prinsipp for kotehøyder på ferjekai

Det vil være stedlige variasjoner, der kotehøydenes bør vurderes spesielt. Eksempler på slike havner er Trondheimsfjorden, Ofotfjorden, indre Vestfjorden og Øst-Finnmark.

## 2.4 Sikringsbjelke og heisetårnører

For å kunne avvikle trafikken på en trygg og god måte må flere komponenter plasseres riktig i forhold til hverandre. Deriblant plasseringen av sikringsbjelken og heisetårnørene. Sikringsbjelken plasseres slik at ferjekaibrua sin front får et maks utslag nedover på LAT + 1,0 m. Heisetårnørenes posisjon bestemmes ved å ta utgangspunkt i nedre stilling for brua. Sylindrene skal ha 30 mm ekstra slag i nedre posisjon for ikke å ødelegges ved for eksempel slangebrudd. Fra denne posisjonen adderes sylindrens maksimale bolteavstand oppover. Her skal heisetårnøret være. Brua sin øvre stilling må deretter kontrolleres. Dette gjøres ved å henge opp brua med sylindrens minimale utslag.

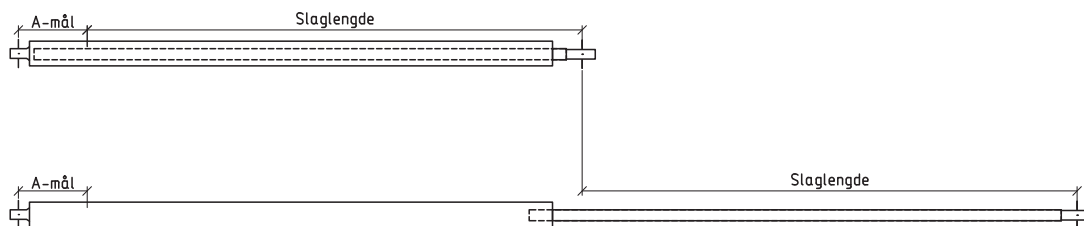
Sylindrens maksimale bolteavstand =  $2 \times \text{slaglengden} + \text{«a-mål»}$

Sylindrens minimale bolteavstand =  $1 \times \text{slaglengden} + \text{«a-mål»}$

Slaglengden = avstand fra øre til øre minus «a-mål» i sammentrukket tilstand (oppgis av leverandør)

Sylindrens «a-mål» = avstanden fra øre til øre minus slaglengden i sammentrukket tilstand (oppgis av leverandør)



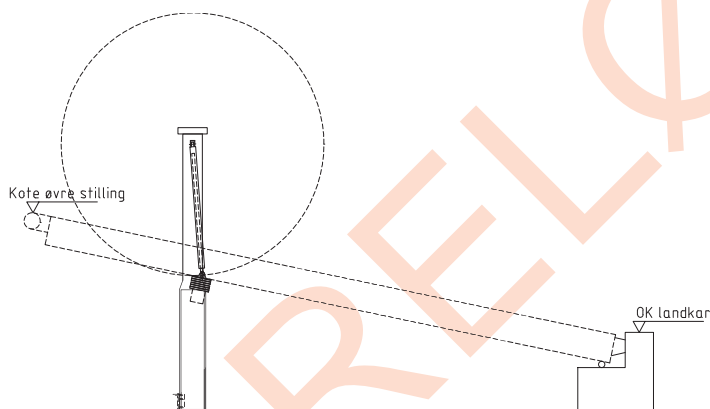


**Figur 2-3** Mål på sylinder ved maksimalt og minimalt utslag

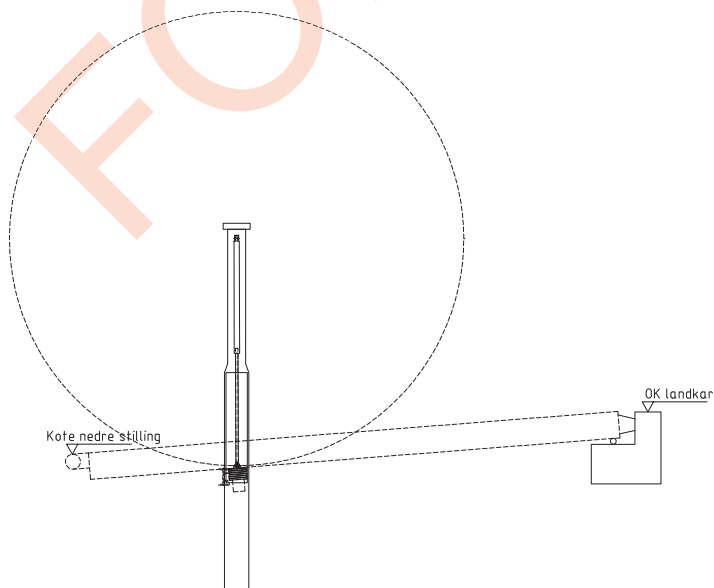
Slaglengden standardiseres så langt som mulig for å unngå komplisert lagerhold. Standard slaglengder for de forskjellige regionene har normalt ligget på:

Region nord	4000 mm
Region midt	3600 mm
Region vest	3300 mm

Ferjekaibrua sin front ved øvre stilling bør minimum klare HAT + 3,5 m for å ta høyde for høy ferje, stor flo og klaring. Det er ofte sammenfallende sterk vind med bølger og stor flo.



**Figur 2-4** Ferjekaibru i øvre stilling



**Figur 2-5** Ferjekaibru i nedre stilling

På samme måte må sidestyringspanel på heisetårna plasseres slik at de favner øvre og nedre stilling på ferjekaibrua.

## 2.5 Dimensjoner ferjekaibru

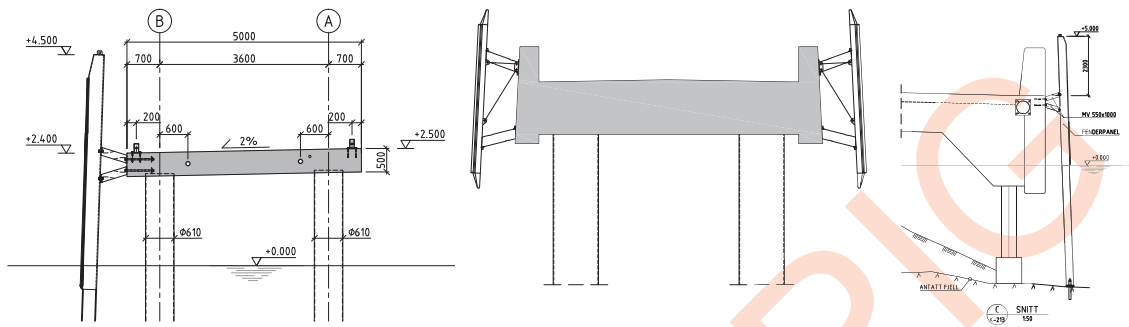
Ferjekaibruene er standardiserte i 6, 9 og 12 m bredde. Standard lengde er 15 m og 18 m for alle ferjekaibrubredder. I tillegg er det laget standardiserte tegninger av 22 m lengde med bredden 9 m. For å velge riktig lengde på ferjekaibrua må man ta hensyn til tidevannsvariasjonene, fyllingsprofil, høyde på landkaret og beliggenheten av bildekk på ferjene som skal trafikkere. I håndbok N400, kap. 13.9.5.2 stilles det krav til at ferjekaibrua maksimalt skal ha en helning på +/- 7 grader ved avvikling av trafikken.

FORELØPIG

FORELØPIG

## 3 Kaikonstruksjoner

### 3.1 Tilleggskai

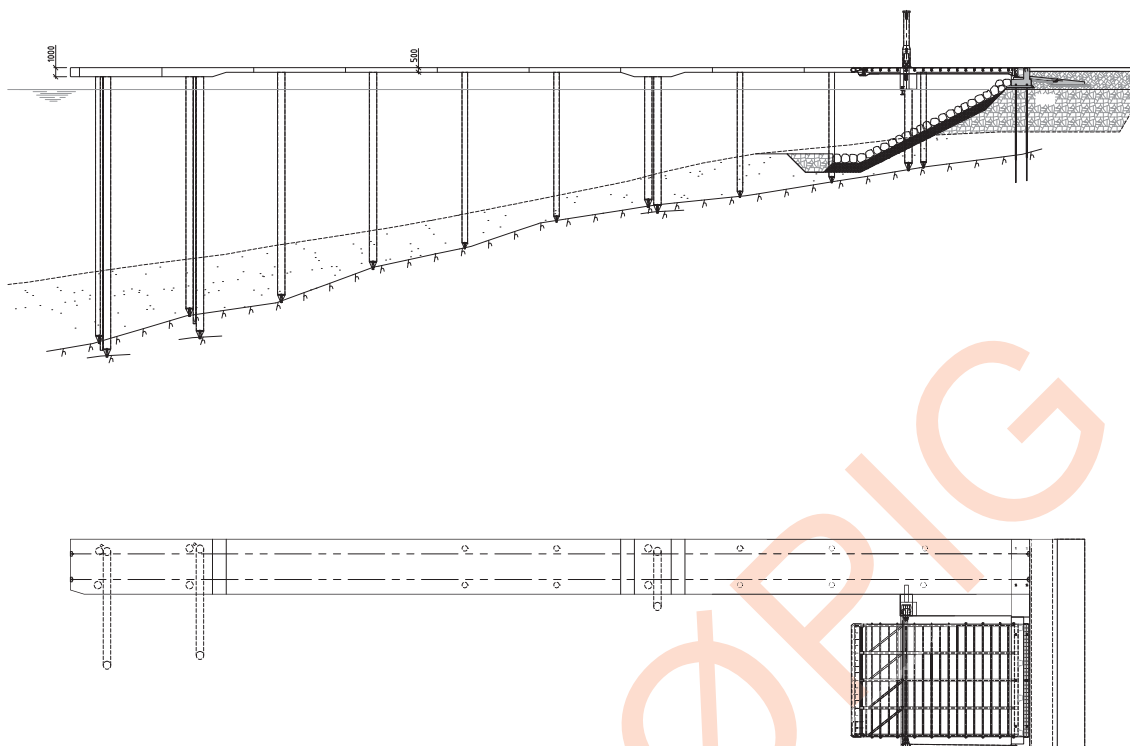


Figur 4-1 Eksempel på forskjellig utforming av tilleggskai

Tilleggskai sin hovedoppgave er å fungere som sidestøtte for ferja når den legger til og når den ligger fortøyd i ferjekai. Videre gir tilleggskai tilkomst til fending og annet kaiutstyr for inspeksjon, vedlikehold og fortøyning.

Det har tidligere blitt bygget en rekke ulike typer tilleggskai, der utformingen i hovedsak har blitt styrt av tilpasning til lokal topografi, ønsket fending eller ønsket tilkomst. Der tilleggskai har blitt plassert nær og tilnærmet parallelt med land (strandkai) har det vært mulig å benytte støttestag direkte mot tørt land eller med dekke ført inn til land. I tilfeller der kjørbart tilkomst på kaien ikke har blitt prioritert, har tilleggskai blitt bygget som en ren stålkonstruksjon som bare tar horisontale laster. Der tilleggskai har vært en utstikkerkai (kaipir) med sjø på begge sider, har det som regel blitt benyttet et betongdekke på pelar og skråpelar til opptak av horisontale laster. Det har variert om det har blitt benyttet et rektangulært kaidekke (platekai) med bunnfundamenterte fenderpaneler, eller et betongdekke med vertikal brystningsvegg (brystningskai) for fending med dumperdekk eller opphengte fenderpaneler.

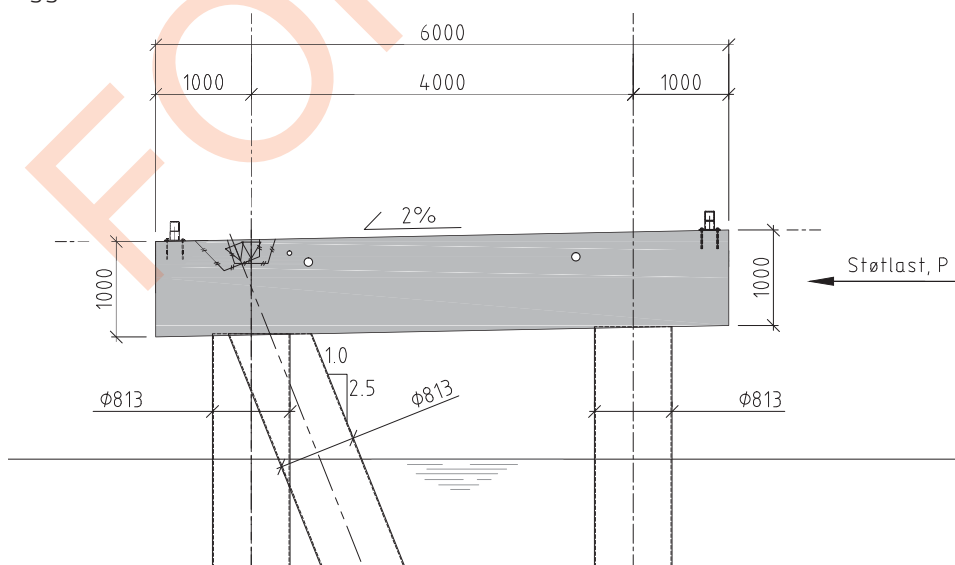
Byggetekniske og økonomiske hensyn har ført til et økende ønske om å benytte løsninger som medfører minst mulig undervannsarbeider. Videre har en ny generasjon større ferjer medført større påkjørselskrefter, og et større behov for å oppta støtten på en kontrollert og dokumentert måte. Begge disse forholdene favoriserer et valg av platekai på pelar med fenderpaneler koblet til fenderelementer med dokumenterte egenskaper. Den videre beskrivelsen av tilleggskai er knyttet til platekai med slik fending.



Figur 4-2 Typisk ferjekai i plan og oppriss

Effektiv lengde på tilleggskai skal være minst 75 % av lengden på den lengste ferja som trafikkerer i sambandet. Minste bredde på tilleggskai er satt til 6,0 m for å gi den en tilstrekkelig stivhet og styrke, samt å gi nødvendig plass for mindre mobilkraner ved vedlikeholdsarbeid.

Minste tykkelse på dekket er satt til 0,50 m. I områder der skråpeler benyttes, økes tykkelsen til minst 1,00 m for å kunne oppnå en tilfredsstillende kraftoverføring til nærliggende vertikalpel. Denne økningen i tykkelse tas på undersiden av dekket slik at oversiden blir plan. For å sikre avrenning både av over- og underside av dekket utføres begge sider med ensidig fall på 2 %, fortrinnsvis bort fra den sida ferja legger til.



Figur 4-3 Typisk snitt i den fortykkede delen av kaiplata

Alle utvendige hjørner på betong avfases normalt med 50 mm trekantlist for å redusere eventuelle støpesår eller senere avskalling av betong. Stålrørspelene avsluttes 30–50 mm over uk dekke.

I dekkets lengderetning legges det med fordel inn spennarmering. Dette er først og fremst et bestandighetstiltak for å redusere opprissing for permanent last, men den bidrar også til å gjøre kaien mer robust mot støtlaster.

Horisontalkrefter på tvers av kaien opptas av skråpeler. Peler til berg som blir utsatt for strekk utstyres med oppspente bergankere. Skråpeler som skal ta opp støtlaster bør fortrinnsvis ta opp disse på strekk, da dette medfører duktil oppførsel og mulighet for et mye større energioptak enn om skråpelene blir trykkpåkjent. Peler/søyler med bergankere bør ikke ha mindre diameter enn 0,70 m for å få plass til støperør i tillegg til foringsrør for berganker og armeringskurv. Peler/søyler uten berganker bør ikke ha mindre diameter enn 0,60 m.

## 3.2 Ferjekaibru



**Figur 4-4** Standard ferjekaibru 12x18 m størrelse i ferjekaibås

Ferjekaibrua er den kjørbare forbindelsen mellom ferje og land. Når ferja ligger til kai, spenner ferjekaibrua fritt mellom landkar og ferja sin oppleggshylle (recess). Når ferja ikke ligger til kai, er ferjekaibrua opplagt på landkaret og hengt opp i hydrauliske sylindre på heisetårna. Sylindrene kan justere høyden på brufrenten, og de kobles ut når brua er lagt opp på ferja.

Mellom ferjekaibru og landkar monteres det fendere for å ta opp støt fra ferja. Brua er sikret mot uttrekk av lagre på landkaret, og fastholdt sidevegs på landkaret og mot heisetårna. På ferjas fallport er det montert en låsehake som holder ferja fast til ferjekaibrua når fallporten er senket ned på brufrenten.

Det er lagt opp til en standardisert utforming av ferjekaibruene med lengdene 15, 18 og 22 meter, og breddene 6, 9 og 12 meter. Det vises til håndbok V433. Eldre ferjekaibruer kan ha avvikende mål.

### 3.3 Heisetårnramme

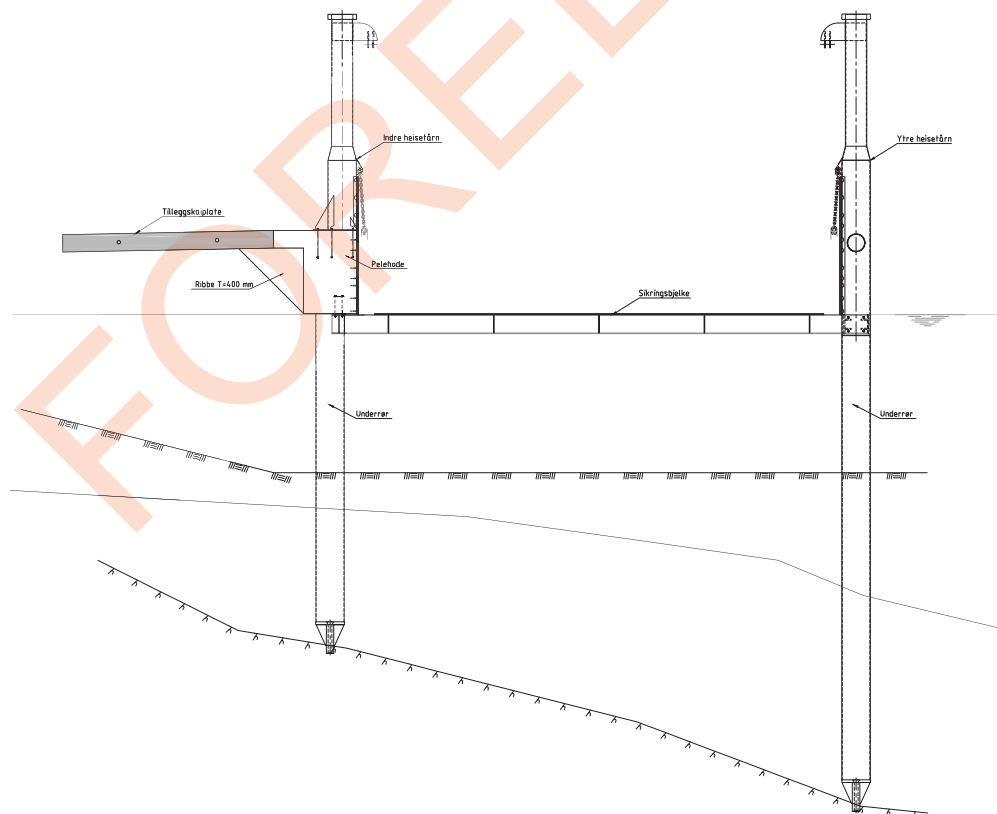
Heisetårnramma består av et heisetårn på hver side av ferjekaibrua, samt en sikringsbjelke som forbinder heisetårna nær kote 0. Det indre heisetårnet er forbundet med tilleggskaiadirekte eller med en stålbjelke. Sikringsbjelken skal overføre sidekrefter fra ytre heisetårn inn til indre heisetårn og tilleggskaiadirekte, samt at den skal sikre at ferjekaibrua ikke blir senket så dypt at de hydrauliske sylindrene blir skadet. Det ytre heisetårnet skal primært bære vertikal last fra hydraulisk sylinder (egenlast ferjekaibru), samt at det skal kunne ta eventuelle sidekrefter på ferjekaibrua fra skipsstøt. I kaiens lengderetning er det ytre heisetårnet fastholdt mot landkaret med et stålrør.

Fundamentering av heisetårna byr på en spesiell utfordring siden det er toleranse på bare  $\pm 10$  mm på åpningen mellom ferjekaibru og heisetårn. Der det uten særlig graving kan benyttes fundamenter forskalt med kumringer på berg, kan stålrør monteres som forskaling innenfor en slik toleranse.

Der det må rammes/bores stålrørspeler som fundamenter, gjelder det at disse etter håndbok R762 Prosesskode 2 skal ha en maksimal toleranse på  $\pm 100$  mm. For pelere som skjøtes nær kote 0 med heisetårn, er det nødvendig å stille krav om en strengere toleranse, samt sikre seg et best mulig resultat ved at en landmåler nøye følger med og kan korrigere ansett og ramming av disse pelene. I noen tilfeller der en har kommet utenfor toleransekravet, har en tidligere tilpasset ferjekaibrua. Med nye standardiserte ferjekaibruer blir dette mindre aktuelt enn tidligere, slik at andre løsninger som gir den nødvendige fleksibilitet må søkes.

I det etterfølgende er det foreslått to løsninger som legger nødvendig fleksibilitet i kai (alt. A) eller i pelene (alt. B). Hva som er det gunstigste alternativet, avhenger av om kai kan flyttes på.

- A. Betongkonsoll under indre heisetårn



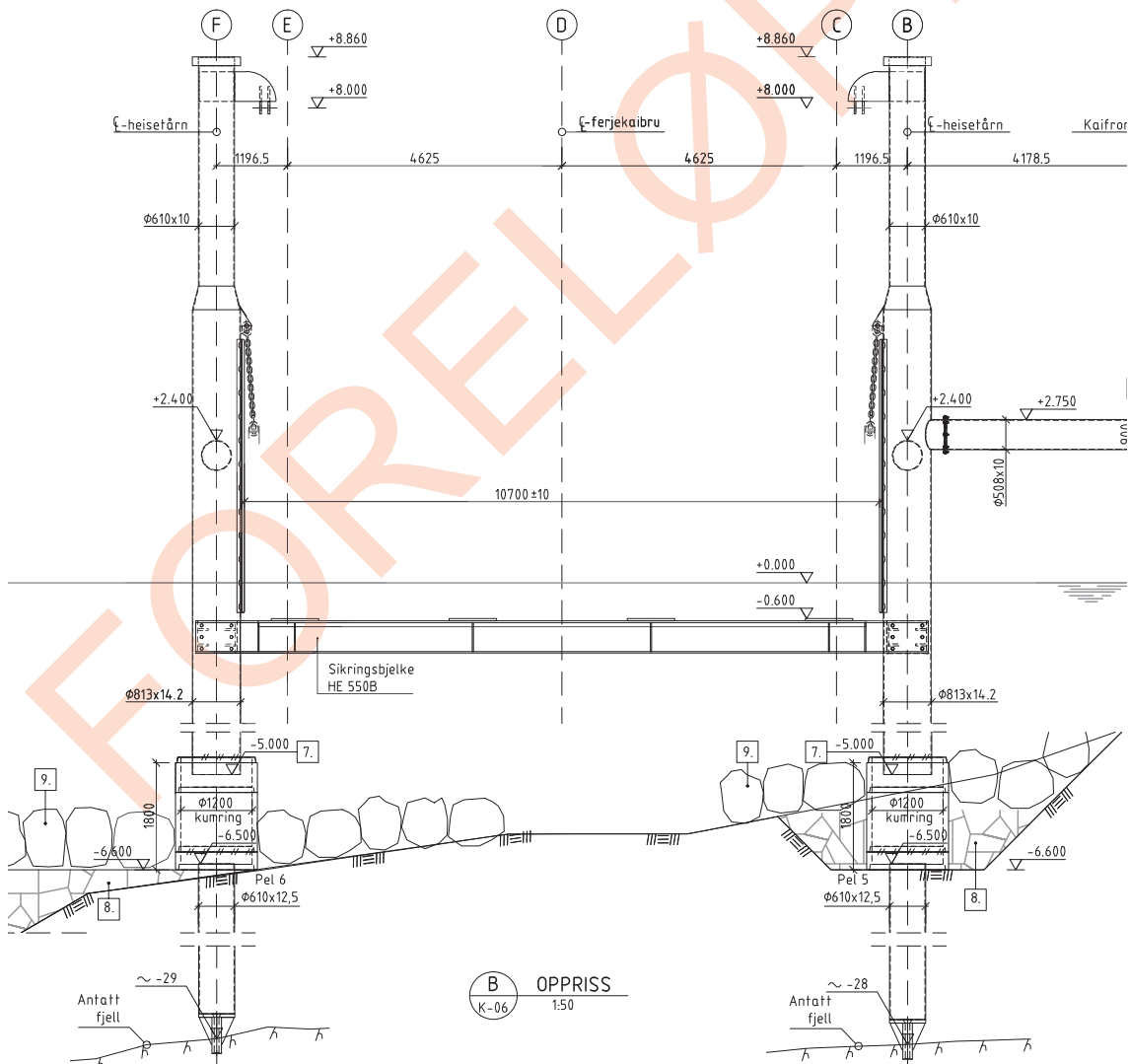
Figur 4-5 Snitt heisetårnramme utført som alternativ A

Med denne løsningen peles ytre heisetårn først, og blir bestemmende for nøyaktig plassering av resten av kaia. Pel under indre heisetårn avsluttes i toppen i en betongkonsoll under dekket på tilleggskaia. Konsollen gis en tilstrekkelig størrelse til å oppta tillatte peletoleranser, og må dimensjoneres for å oppta krefter fra pel og tårn, samt at pelen vil stå eksentrisk plassert i forhold til tårnet. Utfordringen med en slik løsning er at konsollen kommer ned mot middelvannstand.

Pel under ytre heisetårn må utføres med samme rørdimensjon som heisetårnet, for de vil bli skjøtt sammen med en montasjesveis nær middelvannstand. Dette kan være en utfordring både for praktisk utførelse og oppnådd kvalitet.

Rammet stålrørspel har ingen overflatebehandling og antas å korrodere bort i løpet av brukstida, dermed er det bare den innvendige armerte betongen som medtas i beregnet kapasitet. Øvre del av heisetårnet kan utføres varmforsinket, og tillates der å bli medtatt som en permanent lastbærende konstruksjon.

- B. Skjøtt med kumringfundamenter ved sjøbunn



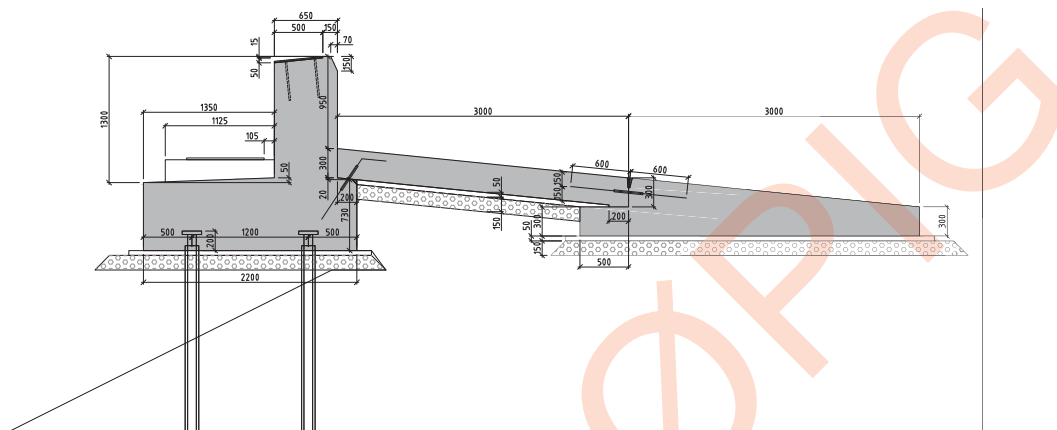
Figur 4-6 Snitt heisetårnramme utført som alternativ B



Med denne løsningen peles det under begge heisetårna, og pelene kappes litt over sjøbunn. Deretter settes det kumringer som skjøt mot nøyaktig plasserte stålrør.

Stålrør i heisetårnramma over kumringene kan varmforsinkes og dermed medtas som permanent lastbærende elementer sammen med utstøpt, armert betongsøyle.

## 3.4 Landkar



**Figur 4-7** Snitt landkar med overgangsplate og friksjonsplate

Landkar er betegnelsen på overgangskonstruksjonen mellom ferjekaibru og land, samt overgangen mellom tilleggskai og land. Det forutsettes at landkaret er fundamentert på peler til berg/fast grunn eller står direkte på berg, slik at det kan anses som setningsfritt.

For landkar på berg overføres horisontale og vertikale krefter fra ferjekaibru og tilleggskai direkte til berg, eventuelt med bidrag fra bergbolter og bergankere.

For landkar på peler i løsmasser overføres horisontale krefter på landkaret fra ferjekaibru eller tilleggskai videre til friksjonsplata via overgangsplata. Vertikale krefter opptas av peler til berg eller fast grunn. Der en er sikker på at løsmassene er rammbare, kan stålrørspeler benyttes. Dersom en er usikker på dette, bør stålkjernerpeler eller borede peler benyttes.

## 3.5 Overgangsplate

Overgangsplata skal primært fungere som en setningsutjevne plate som skal forhindre at det oppstår et sprang i overgangen mellom vegfylling og landkar hvis fyllinga setter seg. Videre skal overgangsplata fungere som et mellomledd mellom landkar og friksjonsplate for det tilfellet at landkaret står på peler, og overføre dimensjonerende strekk- og trykkrefter fra landkaret. Overgangsplata utføres i henhold til håndbok N400 med et fall 1 : 10 fra landkaret.

## 3.6 Friksjonsplate

For landkar på peler i løsmasser benyttes friksjonsplate. Friksjonsplata er den konstruksjonsdelen som beregningsmessig sørger for opptak av alle horisontale krefter i kaiens lengderetning, samt horisontale krefter på landkaret i sideretning. Det er støt- og fortøyningskrefter som gir dimensjonerende lastvirkning på friksjonsplata.

Både for friksjonsplate, overgangsplate og landkar bør avrettingslaget av pukk og betongavrettingen tas med som vist. For det første sikrer det at overdekningen kan bli utført som spesifisert. For det andre vil betongavrettingen representere en ekstra beskyttelse mot kloridinntrengning på disse flatene som ligger i korrosivt miljø og som ikke kan inspiseres i ettertid. For å oppnå større friksjon bør overkant betongavretting og overkant friksjonsplate gis en ru overflate med tversgående kosting.

FORRELEØPIG

FORELØPIG

## 4 Fenderverk

### 4.1 Innledning

Fenderverk er nødvendig for å ta opp støtenergi fra ferjer under tillegg og beskytte ferje og kai mot for store reaksjonskrefter. Det er et mål å utforme fenderverket slik at reaksjonskraften mellom ferje og kai blir minst mulig. Dette gjelder både for ferjekaibru og tilleggskai. Ferjene representerer stor masse i bevegelse, og denne massen må bremses ned på en mest mulig kontrollert måte. Ferjekaiene får en svært tøff behandling med hyppige anløp, og plasseringen er ofte i værharde strøk. Faktorer som vind, strøm, retningsforandring nær kai, båtform og kjørestil gjør at utformingen av ferjekaiene og fendingen bør være robust for at ferjekaiene skal kunne fungere over lengre tid uten særlig vedlikehold.

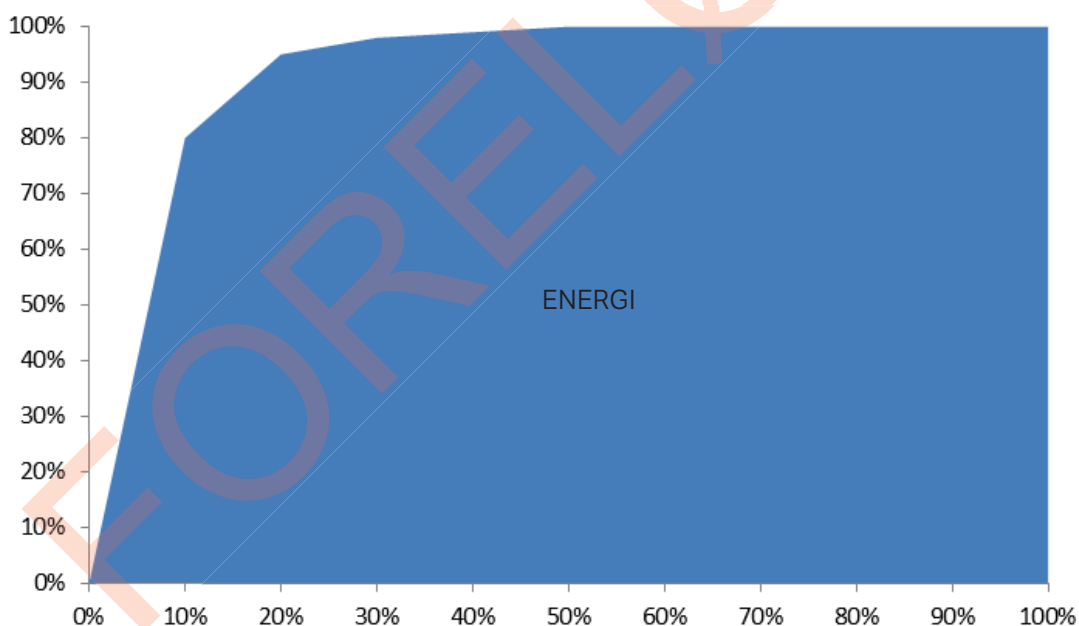


## 4.2 Historie

Historisk har fenderverket utviklet seg fra enkle systemer som trepeler og lastebildekk, som gir en viss fjæring, til svært effektive fenderpanel med elementfendere, som er gode energiabsorbenter. De første ferjekaiene var laget i treverk og var i seg selv gode støttsorbenter for små ferjer. Disse var som regel utstyrt med lastebildekk som tilleggsfending. Videre ble det utviklet mer solide ferjekaier i betong som krevde et mer effektivt fenderverk. Det var vanlig å lage en «platevegg» i stål med trepeler som støttet seg mot lastebildekk mot betongkaien. Dette fungerte ypperlig for små ferjer, men krevde en del vedlikehold. Dumperdekk med diametere opp til 3 meter ble benyttet en del som fenderverk mot de større båtene. Videre ble det utviklet forskjellige former for gummifendere til erstatning for lastebildekkene og dumperdekkene. Vanlige former var sylindere, stående eller liggende avhengig av hvor stive disse skulle være. Videre kom elementfenderen som revolusjonerte fendingen og har etter hvert blitt det dominerende fenderelementet. Elementfenderen er i stand til å ta opp store energimengder samtidig med at reaksjonskraften holdes lav. Andre fenderelement som konfenderen har også blitt utviklet i det senere. Den er utformet som en konisk sylinder og har også vist seg å være effektiv.

## 4.3 Energiopptak og krefter

Bevegelsesenergien fra ferja skal tas opp av fendingen uten at reaksjonskreftene mot konstruksjonen på land overskrider dimensjonerende krefter på ferje og konstruksjoner. Maksimal bevegelsesenergi fra ferjene er gitt i håndbok N400, avhengig av hvor stort deplasement ferja har. I et kraft- forskyvningsdiagram for et fenderelement representerer arealet under grafen energiopptaket.



Figur 5-1 Kraft – forskyvning (forenklet eksempel)

Øking av energiopptak for en fenderenhet kan teoretisk gjøres på to forskjellige måter. Enten trekker man kraft-forskyvnings diagrammet oppover (øker reaksjonskraften) eller mot høyre (øker deformasjonslengden). For å ta opp store mengder energi samtidig med at reaksjonskreftene skal være lave, blir generelt den eneste muligheten å øke deformasjonsveien.

Det antallet fenderenheter som mobiliseres avhenger av båtform, treffvinkel og avstand mellom fendere. Hvor mange fenderenheter som mobiliseres, vil være av stor betydning for hvor store reaksjonskrefter man må beregne ferjekaia for.

## 4.4 Overflatebehandling

Alt stål på fendere skal generelt være varmforsinket. Unntaket kan være elementer som er permanent neddykket i sjøen og har lite tilgang på oksygen. Eksempel på dette er fenderben med bunnfeste og bunnstøtte på fenderpanel fundamentert på bunnen.

## 4.5 Gummikvalitet

For å tilse at man får riktig oppførsel på fendere også etter en viss tid, bør alle fendere som har til hensikt å oppta energi og redusere reaksjonskraft ha gummispesifikasjon slik som beskrevet i Håndbok R762 prosesskoden

## 4.6 Fenderelement for ferjekaibru

For å ta opp energien fra ferje mot ferjekaibru og land monteres det fenderelement mellom landkar og ferjekaibru. Med siste versjon av standardisert ferjekaibru (2012) er det en forutsetning at det plasseres et fenderelement bak hver hovedbjelke. Dette harmonerer også med de støtenergierne som de ulike ferjekaibruene skal dimensjoneres for.

Det har vært benyttet forskjellige typer fenderelementer tidligere. Det vanligste de senere år har vært å benytte konfenderer av type SCN 500 E1.0 fra Trelleborg eller likeverdig, med innfesting på bakkant ferjekaibru.



**Figur 5-2** Typisk konfender

Konfenderen tilhører siste generasjon fendere med stor effektivitet (høyt forholdstall mellom energiopptak og reaksjonskraft). Med bare SCN 500-fendere medfører dette at største reaksjonskraft oppnås tidlig ved liten deformasjon, og kan oppleves som et relativt hardt tillegg, spesielt for mindre ferjer som må dele ferjekaia med ei større ferje.

En måte å oppnå et mykere tillegg på er å blokke ut 1–2 av konfenderne. Det har tidligere vært relativt vanlig å blokke ut de 2 ytterste konfenderne 100 mm. En følge av dette er at de midterste konfenderne

ikke får utnyttet sin kapasitet for energioptak fullt ut. Denne kombinasjonen vil heller ikke tilfredsstillere kravene i håndbok N400 for ferjekaibrubreddene 9 og 12 m.

En annen måte for å oppnå et mykere tillegg og større energioptak, er å benytte en kombinasjon av SCN 500- og SCN 600- fendere. Dette krever også litt større frirom i høyde og dybde, og vil medføre endret detaljutforming av ferjekaibru og landkar. Det gir minst endring av ståldetaljer på lager og ferjekaibru dersom SCN 600-fendere bare benyttes som indre fendere. Beregninger viser at en slik kombinasjon gir best egenskaper totalt (mykt tillegg, energioptak med reserve, akseptabel reaksjonskraft). Følgende kombinasjoner vurderes som mest aktuelle og er listet opp i Tabell 5.1 under:

**Tabell 5-1** Valg av fenderelement for ferjekaibruer (eksempel med Trelleborg konfendere)

Ferjekaibru-størrelse	Fenderelement	Kvalitet	Beliggenhet
6 m brubredde	SCN 500	E 1.0	Bjelke 1 og 3
	SCN 600	E 1.0	Bjelke 2
9 m brubredde	SCN 500	E 1.0	Bjelke 1 og 4
	SCN 600	E 1.0	Bjelke 2 og 3
12 m brubredde	SCN 500	E 1.0	Bjelke 1, 3 og 5
	SCN 600	E 1.0	Bjelke 2 og 4

Alle konfendere må blokkes ut med et utforingselement («hatt») med minste tykkelse som angitt av leverandør for at den skal kunne ta opp tabulert energi. Eksempelvis må Trelleborgs SCN 500 fendere blokkes ut 75 mm, og SCN 600 fendere 90 mm.

For et tilfelle med kombinasjon av SCN 500 og 600 fendere kan det være fordelaktig at SCN 500 fendere blokkes ut med 118 mm mellomstykke, mens SCN 600 blokkes ut med 90 mm mellomstykke. Den foreslåtte utblokkingen medfører at fenderenes samlede kapasitet for energioptak blir størst mulig.

Se vedlegg A for mer detaljert beregning av energioptaket i fenderne, for alternativene med bare like SCN 500 fendere, SCN 500 fendere med 2 utblokkede fendere, og kombinasjon av SCN 500 og 600 fendere.

Det finnes andre typer fendere under utvikling som muligens kan benyttes ved at plassbehovet både i dybde og bredde er mindre samtidig som kravene fra håndbok N400 er tilfredsstillt.

## 4.7 Returfendere mellom ytre brubjelker og lager

Dette er fendere som tar opp og demper rekylvirkning av ferjekaibrua etter en tillegging. De demper også ned eventuelle bremsekrefter fra tungtransport. Returfenderne er montert i hvert ytterlager. For den nye generasjon ferjekaibruer (SFB 2012) består en returfender av en gummisylinder med diameter 200 mm og lengde 160 mm, og den skal monteres slik at den står med noe press mot konfenderne i normaltstanden.

## 4.8 Fenderverk for tilleggskai

Fenderverket på tilleggskai skal, på samme måte som fendere bak ferjekaibrua, ta opp energien fra ferjene og samtidig holde reaksjonskreftene lave. Fendringen av tilleggskai skal være tilpasset alle ferjetyper som normalt anløper ferjekaia. Det er flere måter å fendre tilleggskai på, avhengig av ytre forhold, vedlikehold og kostnader. Flere typer fending er beskrevet under.

Tabell 5-2 Valg av fenderelement

Sambandsstørrelse /Konstruksjonsdel	Små	Mellomstore	Store
Anbefalt effektiv ferjelengde	T.o.m. 70 m	T.o.m. 100 m	T.o.m. 150 m
Maks deplasement	T.o.m. 1000 tonn	1000 – 2000 tonn	2000 – 4000 tonn
Energimengde	150 kNm	300 kNm	500 kNm
Støtkraft	500 kN	1000 kN	2000 kN
Fendring ytterst	2xMV550x1000 Comp A	2xMV800x1000 Comp A	2x2xMV800x1000 Comp A
Fendring ellers	1xMV550x1000 Comp A	1xMV800x1000 Comp A	2xMV800x1000 Comp A

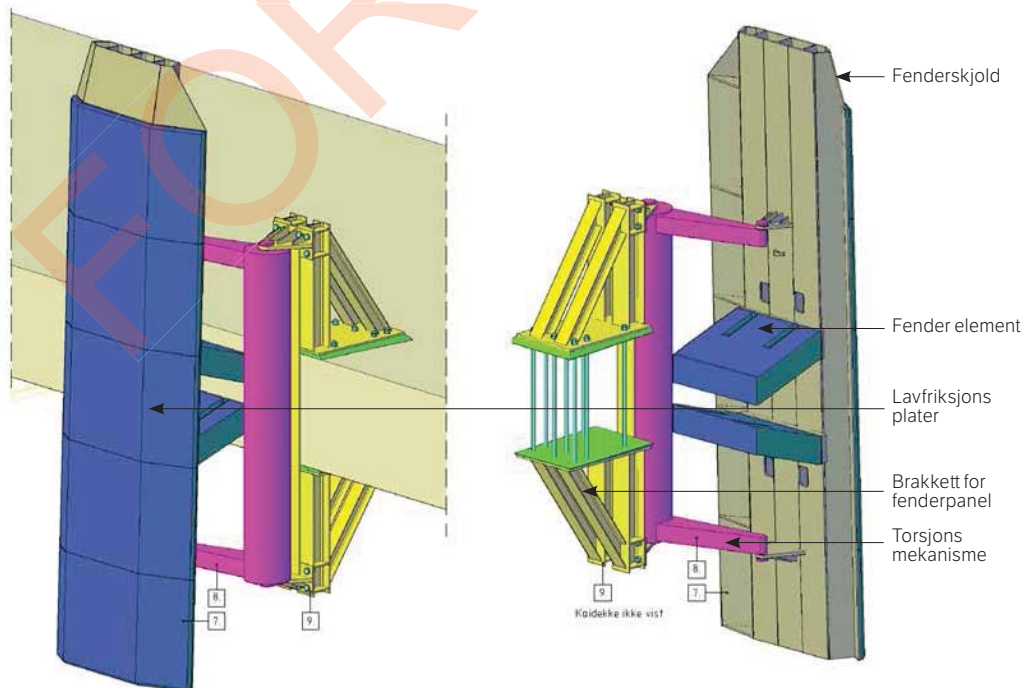
Tabellen gjelder ved bruk av enten torsjonsfender, bunnfundamentert fender eller fenderstokker. Foreslått fendring er et eksempel med bruk av MV-fendere fra Trelleborg

Ved bruk av punktvis fenderverk må man velge passende avstand mellom punktene. Dette må vurderes fra gang til gang og er avhengig av retning på ferjekaia i forhold til seilingsleden og formen på ferja. Ferjekaia har noen «hotspots» som blir mer utsatt enn andre deler av tilleggskai. Disse punktene vil man måtte fendre litt tettere. Dette gjelder vanligvis innerst og ytterst på tilleggskai. Det er viktig å ikke sette fenderene for tett, da det vil føre til flere virksomme fenderelement i et støt som igjen vil generere større reaksjonskraft mot tilleggskai.

#### 4.8.1 Torsjonsfender

Torsjonsfenderen karakteriseres ved at overført horisontalkraft på kai-dekke er den samme uavhengig av treffpunkt på fenderpanelet. Man får et moment i tillegg som overføres via et kraftpar inn i kaikonstruksjonen. Dette gir veldefinert energiopptak og reaksjonskrefter mot tilleggskai. Det er også en stor fordel at torsjonsfenderen forholder seg parallell i alle situasjoner. En annen fordel er at man unngår undervannsarbeider. Denne type fender egner seg best på større dyp, gjerne ytterst på tilleggskai. Her er også kai-dekke typisk ekstra tykt, slik at dette momentet kan tas av kai-dekke.

Torsjonsfenderen består av tre hoveddeler: fenderpanelet, torsjonsmekanikk og fenderelement. Fenderpanelet kan utføres tilsvarende som for bunnfundamenterte fenderpanel.



Figur 5-3 Torsjonsfender prinsipp

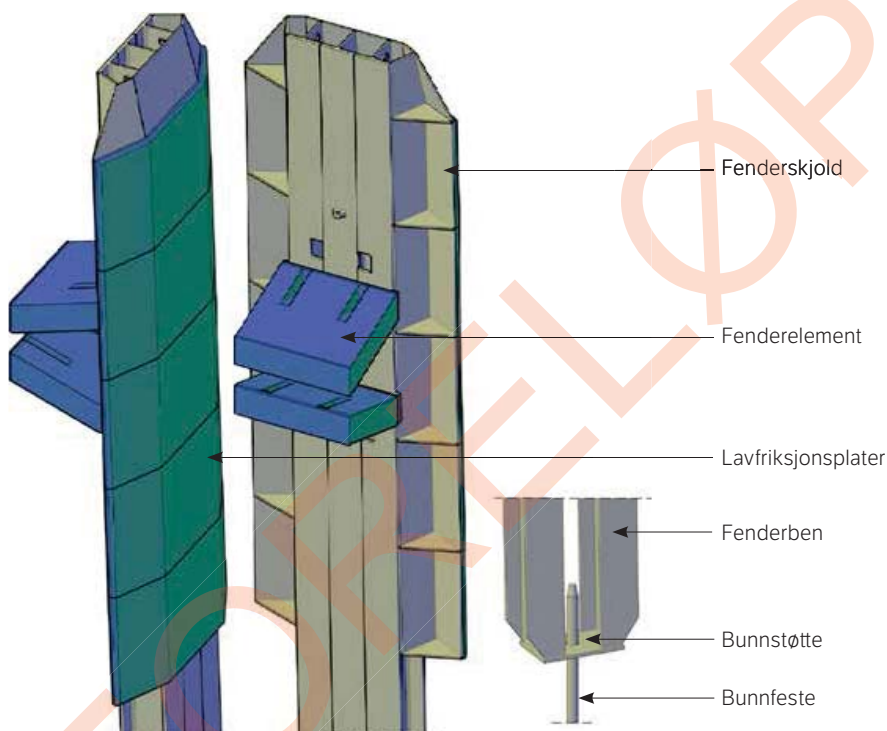


#### 4.8.2 Bunnfundamenterte fenderpanel

Bunnfundamenterte fenderpanel settes enkeltvis og festes mot tilleggskai med en eller to skivefendere. Konstruksjonen består av stålbejelker som i fenderingsområdet er kledd med lavfriksjonsplater av polyetylen. Bunnfestet er en stålbolt  $\varnothing$  80 mm som enten bores i berg eller støpes inn i et rammet rør.

Ytterst på tilleggskai er det ofte brukt to eller tre fenderpanel sammen. Det er god erfaring med å koble disse sammen med et stålstag på toppen. Det brukes rommelige hull som gir stor bevegelsesfrihet mellom fenderpanelene. Fenderpanelene bør være sikret med kjetting i begge retninger. Det blir enklere innfesting mot kaidekke med liggende MV fendere.

Bunnfundamenterte fenderpanel bør ikke benyttes på mindre dybder enn kote - 5 på grunn av kraft på bunnfestet eller på større dybder enn kote -15 på grunn av vektbegrensninger. Bunnfundamenterte fenderpanel roterer lite om horisontal akse pga. bunnfestet, og gir også kun støtkraft på tilleggskai, ikke moment.

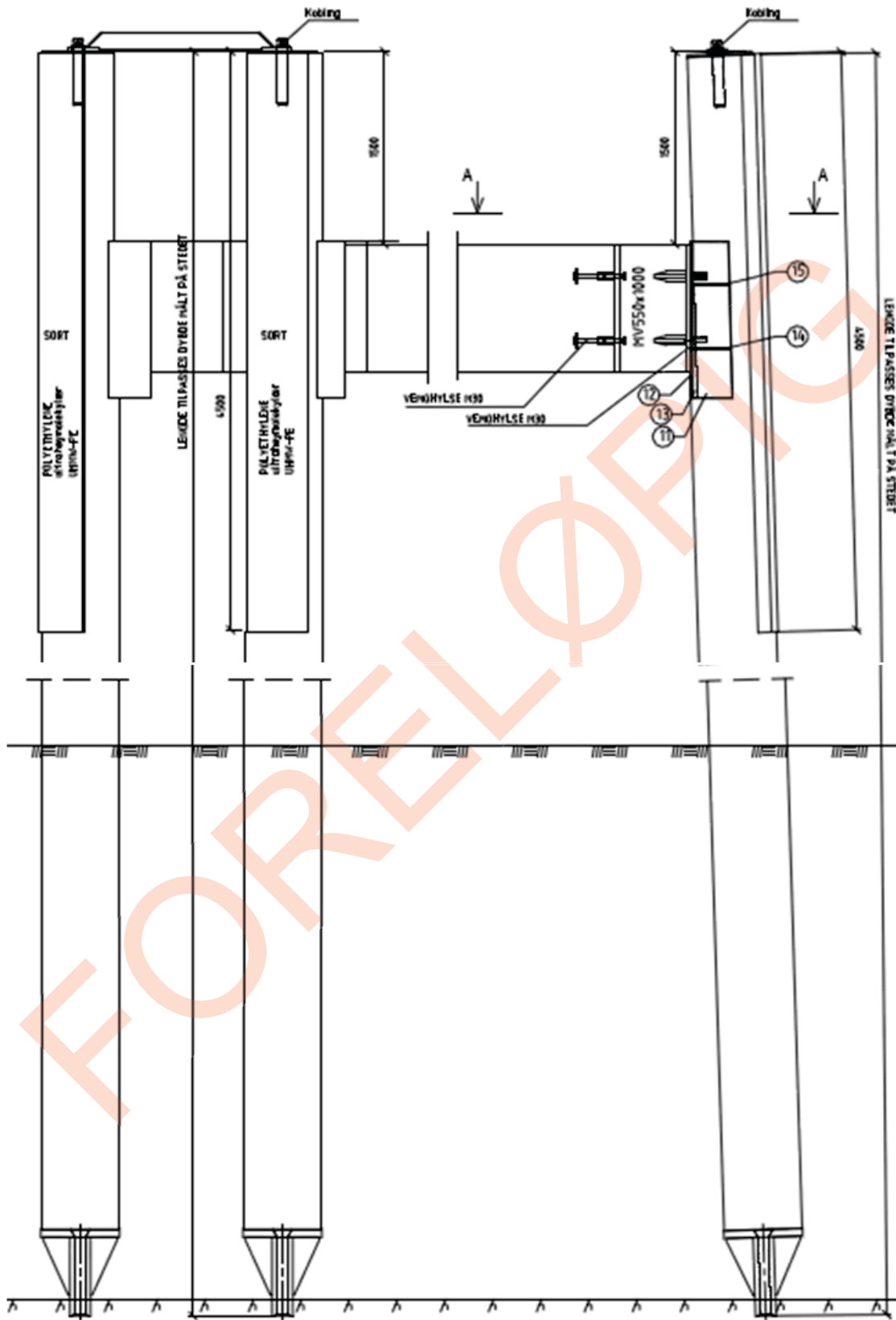


Figur 5-4 Bunnfundamenterte fenderpanel

#### 4.8.3 Peler med lavfriksjonsplater

Rammede betongfylte rør med fending mot tilleggskai er en løsning som tidligere har vært en del brukt i Region midt. Oftest er det  $\varnothing$ 508x10 mm stålrør som har vært benyttet. Stålrørene armeres og støpes ut. Mellom tilleggskai og stålrøret plasseres to eller flere MV- fendere. På utsiden (mot ferja) kles røret med lavfriksjonsplater av polyethylene i ca. 120 graders område. I tillegg må røret sikres mot å rotere ved at det monteres vinger på pelen og toppen sikres med kjetting. Ytterst på tilleggskai settes flere rør som sikres innbyrdes med et stålstag på toppen for å sikre samvirke.

Blandede erfaringer med denne fenderløsningen har ført til at den etter hvert har blitt mindre benyttet.

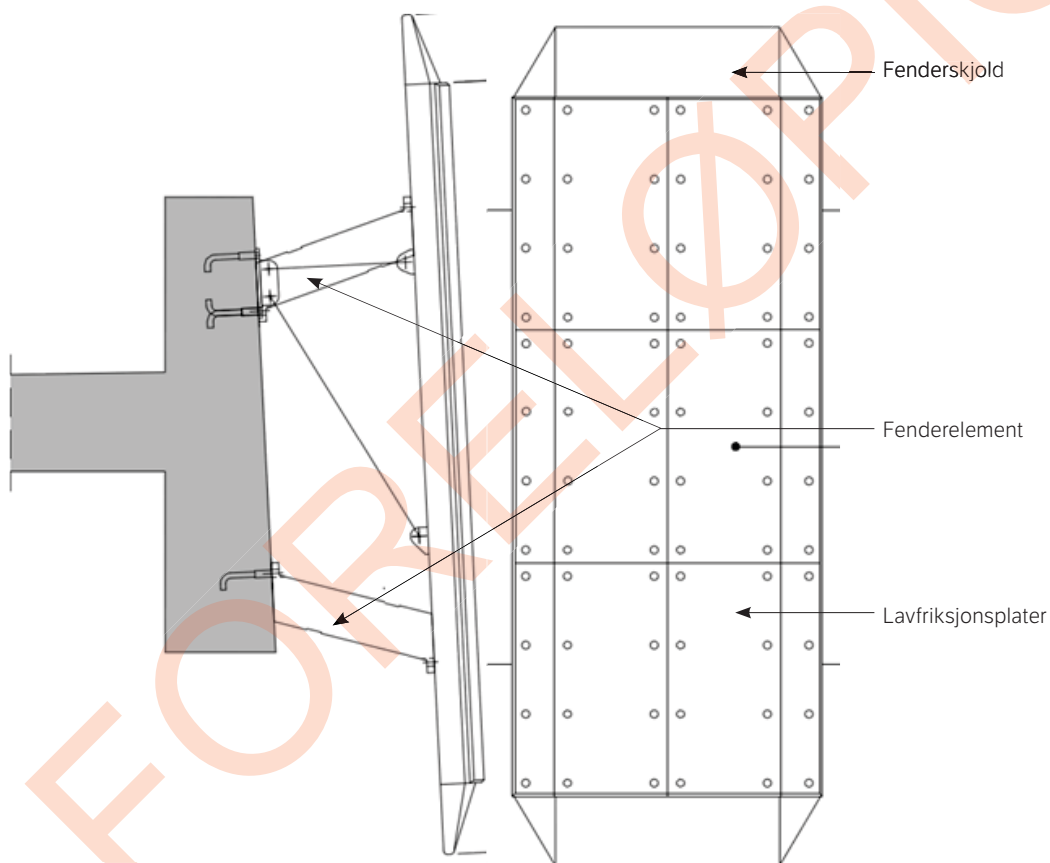


Figur 5-5 Peler med lavfriksjonsplater (fenderstokker)

#### 4.8.4 Opphengte fenderpanel

Opphengte fenderpanel er et alternativ til torsjonsfendere, men har ikke de samme egenskaper som disse. De opphengte fenderpanelene tar støtkraften og momentet som et kraftpar via fenderelementene inn i brystning eller konsoller på tilleggskaia. Det er en utfordring at energiopptak og overført horisontalkraft på kaidekket vil variere med treffpunkt i høyden på fenderelementet. Fenderelementene må dimensjoneres for ugunstigste lastplassering - noe som gjør at man må dimensjonere tilleggskaia for en påkjøringslast som er vesentlig større enn tabulert verdi. Dette kan være uten særlige konsekvenser for ei massiv kai eller ei platekai lagt opp eller støttet rett mot berg, men vil fort bli økonomisk ulønnsomt for ei platekai, der horisontalkrefter blir tatt opp av skråpeler.

Videre har opphengte fenderpanel den uheldige egenskapen at det kan rotere mye ved høyt eller lavt treffpunkt med ferjas fenderlist, og dermed risikerer man å skade ferja. Opphengte fenderpanel passer best til jevn flatelast, ikke til «knivlast» fra fenderlist.



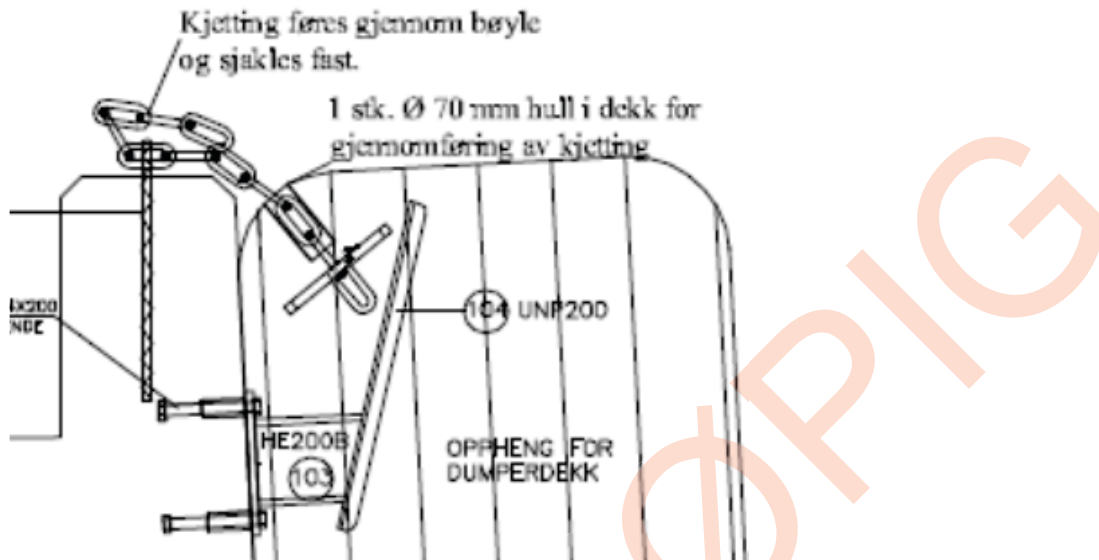
Figur 5-6 Opphengte fenderpanel

#### 4.8.5 Fendring med dumperdekk

Bruk av dumperdekk som fendring av tilleggskai medfører behov for at ei platekai har både brystning og skjørt. Bygging av skjørt medfører mye arbeid i tidevannssonen, og denne ulempen vokser med økende tidevannsforskjell. De dumperdekk som benyttes er som regel brukte og relativt rimelige. Hvert enkelt dekk har separat oppheng, og det er enkelt å henge det opp igjen om det skulle bli nedkjørt. Derimot er effektiviteten som fenderelement dårlig sammenlignet med siste generasjon fenderelementer. Videre har ikke dumperdekk dokumenterbare egenskaper, da både gummiblanding og oppbygging vil variere mye for ulike typer dekk, og slitassen vil være individuell.

Det anbefales at bruk av dumperdekk som fending av tilleggskai begrenses til små ferjekaier.

Dersom dumperdekk likevel benyttes som fending på store ferjekaier, må dimensjonerende støtkraft på tilleggskai økes. Dessuten bør man dokumentere dekkenes egenskaper ved prøving.



Figur 5-7 Eksempel på oppheng for dumperdekk

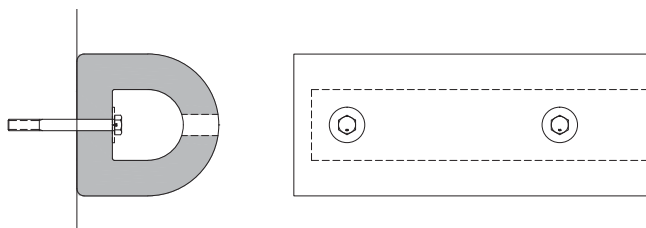
#### 4.8.6 Sekundærfending mellom hovedfendere på tilleggskai

Hovedfendingen med fenderelementer er gjerne plassert med ca. 5, 10 eller 15 m avstand, og for flere ferjekaier er det fra rederi/vedlikehold reist ønske om en sekundær fending med dekk eller lignende. Dette er begrunnet med risiko for å stange i betongdekket mellom hovedfendere, og dermed få lokal skade på ferje eller kaidekke. Videre er det hevdet at en slik sekundær fending bidrar til færre riv av hovedfending, ved at front på ferja ikke får trenge så dypt inn mellom hovedfenderne.

Fendingen må arrangeres slik at hovedfenderne får gjort unna det meste av sin deformasjon før ferja når bort i sekundærfendingen. Formålet med sekundærfendingen er ikke at den skal bidra i energiopptaket, men at den skal redusere lokal skade på ferje som den ellers ville fått med direkte kontakt med betongdekket.

##### 4.8.6.1 Ekstrudert fender

På platekaier uten brystning/skjørt er ekstruderte fenderer som f.eks. Trelleborg DD-fender det mest praktiske valg dersom en slik stripefender kan anses som tilstrekkelig. Standard platekai med tykkelse 500 mm og 50 mm hjørneavfasinger ligger godt til rette for DD-fender med inntil 400 mm høyde/tykkelse. På platekaier med en oppkant i betong som kaifrontlist, er det kurant å gå opp til DD-fender med 500 mm høyde/tykkelse.



Figur 5-8 Ekstrudert fender

#### 4.8.6.2 Dumperdekk

Dumperdekk som sekundærfendring på ei kai med brystning og skjørt er kurant. Fordelen med dumperdekk er at dumperdekkene er rimelige.

Dumperdekk som sekundærfendring på ei rein platekai har behov for supplerende opplegg for å kunne fungere. I noen tilfeller har det supplerende opplegget bestått av en stålbjelke som er montert på ytterste pelerekke i skvalpesonen. Ulempen med dumperdekk på en slik konstruksjon er tilpasninger av opplegg mot ujevn peleplassering, stor miljøbelastning på stålkonstruksjoner, samt uberegnelig energioptak og reaksjonskraft mot 2 stripeopplegg.

FORELØPIG

## 5 Fundamentering

### 5.1 Generelt

Ferjekai er en overgangskonstruksjon mellom land og sjø, og fundamentering vil derfor måtte utføres i denne utsatte overgangssonen. Utviklingen har gått mot fundamentløsninger med minst mulig undervannsarbeid. Dette er begrunnet med at undervannsarbeider er kostbare, utførelse og kontroll er krevende, og i mange tilfeller har kvaliteten ikke blitt tilfredsstillende. Dette har resultert i utstrakt bruk av peler når fundamentnivået har beveget seg under tidevannssonen. For mer detaljert beskrivelse av de ulike peletypene enn det som er gitt i de etterfølgende kapitlene, vises det til gjeldende Peleveiledning.

Ferjekai skal normalt fundamenteres for vertikallaster direkte på berg, eller på peler til berg eller fast grunn, for å oppnå en robust konstruksjon. Direkte fundamentering på løsmasser bør unngås på grunn av setnings- og erosjonsrisiko, og må i tilfelle begrunnes og dokumenteres spesielt. Opptak av horisontallaster utføres normalt med fundament direkte på berg, skråpeler eller friksjonsplate i fylling.

Ved fundamentering på stålrørspeler må en i dimensjoneringen forutsette at stålrøret ruster bort i løpet av konstruksjonens brukstid der pelen står fritt i vann eller i inhomogene løsmasser. Det vises til håndbok N400 og gjeldende Peleveiledning for nærmere detaljer.

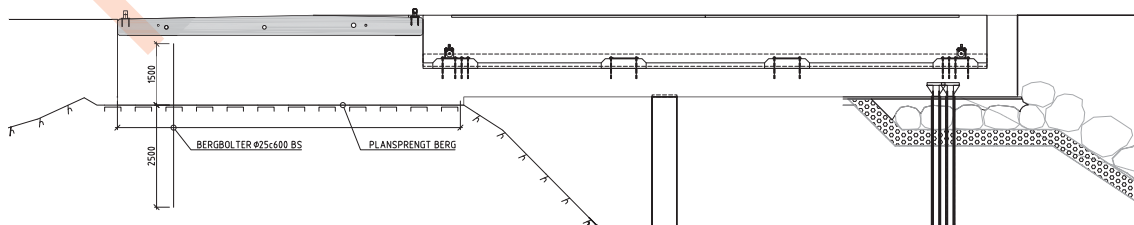
Peler tillates å overføre strekk som følge av støt- og fortøyningslaster. Strekkkapasiteten kan bestå av sidefriksjon, bolt i berg eller spennanker i berg. Det vises til håndbok N400 for beregningsforutsetninger. For ferjekai tillates at 100 % av strekkkapasiteten tas opp av bolter eller spennankere.

Ferjekai med fundamentering som angitt over er relativt uberørt av setning eller erosjon av tilstøtende fylling. Det er likevel nødvendig med erosjonssikring i form av egnet plastring for å beskytte eventuell tilstøtende fylling mot bølge og propellerrosjon. En slik erosjonssikring må utføres i forkant av eller i takt med en pelefundamentering. Det vises til kapittel 8 for nærmere omtale av erosjonssikring.

### 5.2 Direkte fundamentering på berg

Landkar og deler av tilleggs kai kan i noen tilfeller fundamenteres direkte på berg. Hvis bergets overflate har en helning som er større enn 1 : 10 må det plansprenges. Avtrapping av fundamentnivå bør begrenses eller unngås. Landkar på berg vil være velegnet til å ta opp horisontalkrefter fra ferje ved bruk av permanente bergbolter eller bergankere.

Nærmere forutsetninger for utforming og beregning er angitt i håndbok N400.



Figur 6-1 Oppriss landkar med forskjellig fundamentering vist

### 5.3 Direkte fundamentering på løsmasser

Dette er ikke en anbefalt løsning for vertikale laster. Direkte fundamentering av landkar på steinfylling har tidligere vært praktisert, men frarådes på grunn av for liten robusthet mot setning og erosjon.

Dersom det likevel skulle påtreffes spesielle tilfeller der fundamentering av vertikale laster på løsmasser skulle være ønskelig, vil dette stille særskilt krav til fyllingsmasser, komprimeringsarbeid og en god erosjonsbeskyttelse. Krav til utforming og beregning som angitt i håndbok V220 og håndbok N400 må følges.

Overgangsplate og eventuell friksjonsplate er konstruksjonsdeler som alltid vil ligge i løsmasser bak landkaret. Dimensjonering av overgangsplate er spesifisert i håndbok N400. Geoteknisk dimensjonering av friksjonsplate er spesifisert i håndbok V220.

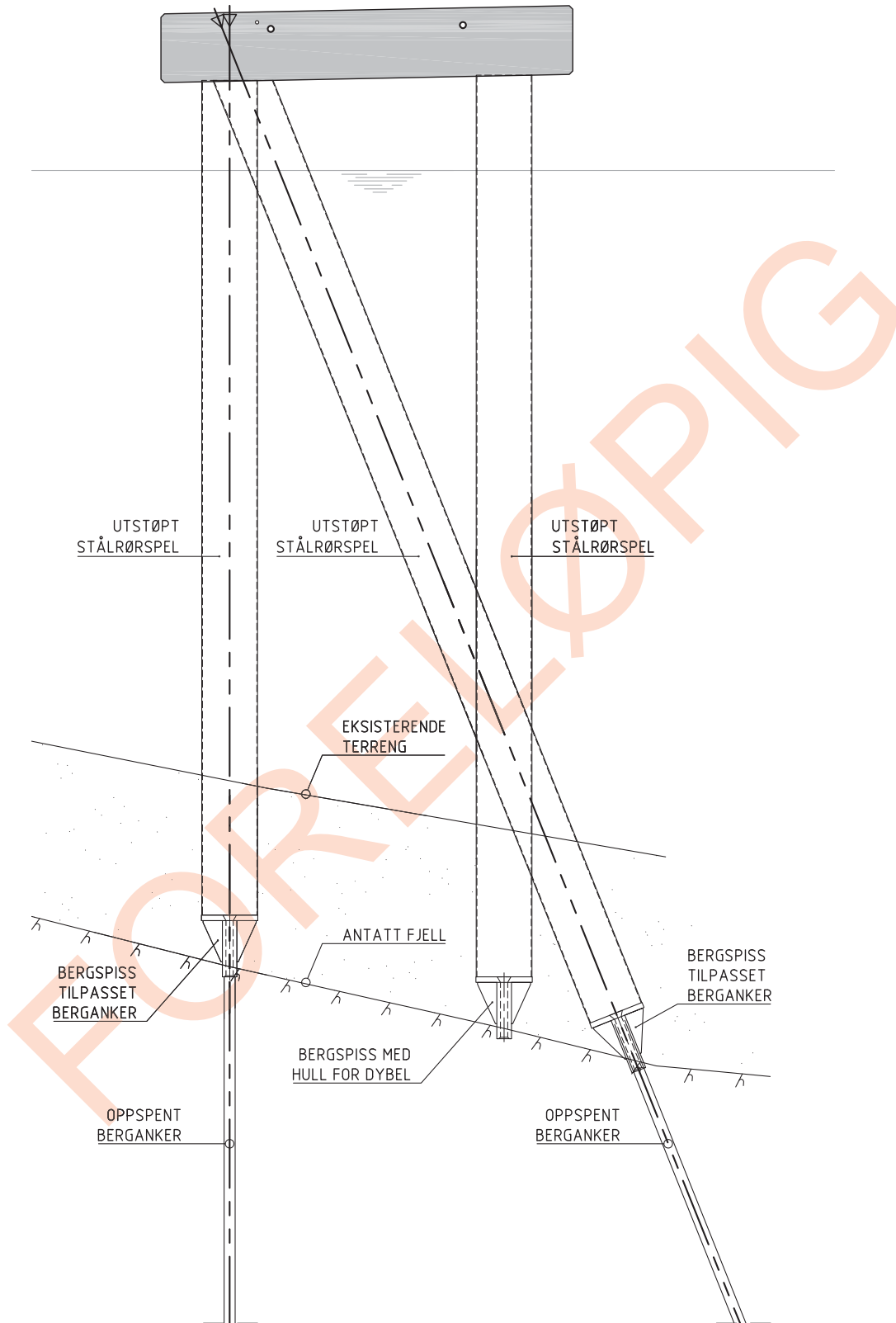
### 5.4 Rammede stålrørspeler til berg

Rammede stålrørspeler til berg består av et tomt stålrør med spesiellaget spiss som lukker nedre ende. Pelen rammes vannfylt, og lenses før armering og utstøping. Typisk rørdiameter for ferjekaier er 600–800 mm. Typisk rørtykkelse er 10–16 mm, avhengig av rørdiameter og estimert rammemotstand.

Ved bruk av stålrørspeler til berg må bergoverflaten i pelepunktene kartlegges på forhånd. Ved bart berg kan det være aktuelt med dykkerundersøkelse, lodding eller bunnkartlegging. Med sjøbunn av løsmasser er det behov for en grunnundersøkelse som kan si noe om dybden til topp sjøbunn, om rammemotstand i løsmassene, og dybden ned til bergoverflaten. Den mest aktuelle grunnundersøkelsen er bergkontrollboring gjennom løsmasser og minst 3 m inn i fast berg.

Det er bare unntaksvis at det benyttes stålrørspeler med større fri lengde i vann enn 30 m. Andre løsninger kan da være flytende kai eller en annen plassering.

Det er bare unntaksvis at det benyttes stålrørspeler til berg med større løsmassetykkelse over berg enn 50 m. Andre løsninger kan da være aktuelle, som svevende stålrørspeler i løsmasser eller en annen plassering av kaien.



Figur 6-2 Snitt tilleggskai ved skråpeler



Stålrørspeler til berg utstyres med bergspiss som kan meisles inn i berg for å oppnå tilstrekkelig bæreevne og sidefeste. Da det normale er at norsk berg er hardt og skrått med risiko for skrens av pelespiss, bør bergspissen være utstyrt med et sentrisk hull for montasje av en ståldybel som kan fungere som styring under innramming. Dybelen bør ha en diameter på minst 100 mm. Dersom den også skal benyttes til å overføre strekk, skal den være i rustfritt stål og rillet med sveiselarver for å oppnå fortanning i forankringssonen. Peler som det skal monteres bergankere i, kan ikke meisles inn på en ståldybel. For disse pelene bør det straks etter bergkontakt utføres en forboring tilsvarende en spisslengde før innmeisling utføres.

Ved dimensjonering av stålrørspeler som går gjennom vann før de kommer ned i løsmasser uten spesiell erosjonssikring skal det tas høyde for mulig framtidig erosjon. Aktuell erosjonsdybde vil avhenge av grunnforhold og strømforhold og bør vurderes i hvert enkelt tilfelle. Som veiledende verdier kan følgende erosjonsdybder angis:

- 5 x pelediameter for løs grunn
- 3 x pelediameter for middels løs grunn
- 1 x pelediameter for fast grunn

Ved dimensjonering av stålrørspeler som går gjennom vann før de kommer ned i løsmasser, skal det utføres en vurdering av løsmassenes sidestøtte ved beregning av knekk lengde. Som veiledende verdier kan følgende høyder fra sjøbunn til antatt fastinnspenningsdybde antas:

- 8 x pelediameter for løs grunn
- 6 x pelediameter for middels løs grunn
- 4 x pelediameter for fast grunn

Stålrørspeler som står på bart berg, må utstyres med dybel i rustfritt stål eller stålkjernepel og modelleres med ledd i overgangen til berg.

Stålrørspeler som har behov for å overføre strekk skal som hovedregel utstyres med oppspent berganker. Bergankeret skal være av permanent type, og det skal være prøvebelastet til spennstagets høyeste tillatte grense ved oppspenningen. Bruk av dybel eller stålkjernepel som strekkelement er også mulig, men disse kan ikke på noen enkel måte prøvebelastes.

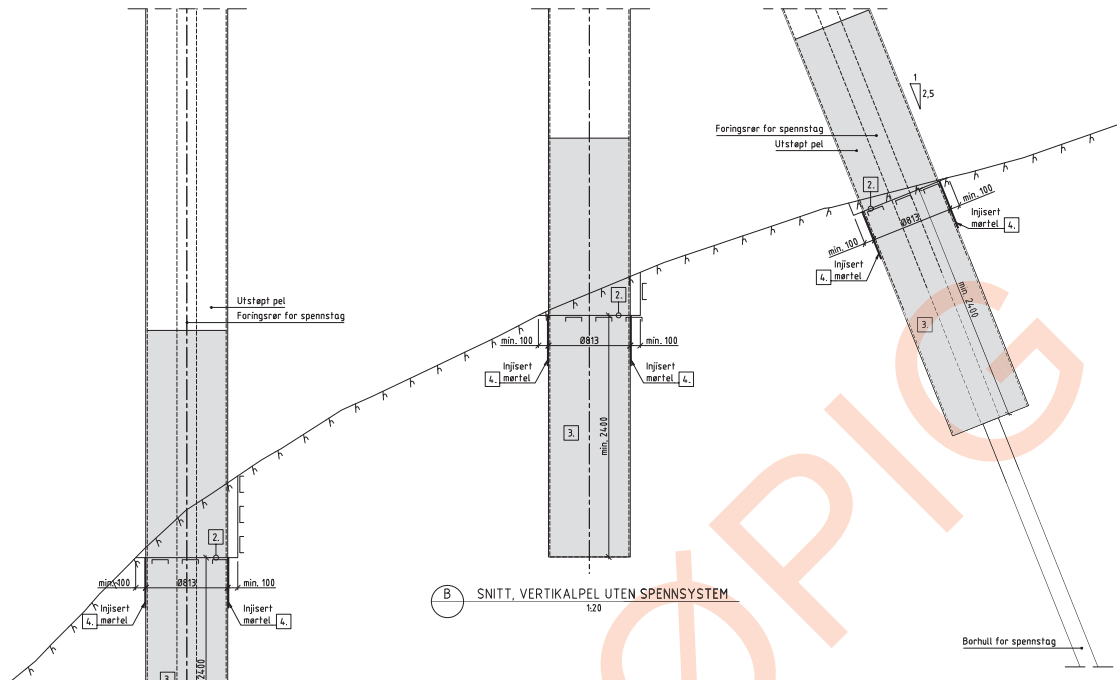
Ved dimensjonering av stålrørspeler til berg må det tas med virkning av mulig setning av løsmassene, spesielt der pelene står i eller i nærheten av fyllingsområder.

## 5.5 Borede stålrørspeler til berg

Ramming har tradisjonelt vært den vanligste installasjonsmetoden for stålrørspeler, men i de senere år har det også blitt mer vanlig med borede stålrørspeler. Mye av det som står om rammede stålrørspeler, gjelder også for borede stålrørspeler. De skiller seg mest ved spissutforming og installasjonsmetode. Boring av stålrørspeler medfører mindre støy og rystelser enn ramming, og for noen ferjeleier kan dette være fortrinn som kan forsvare en mulig høyere pris.

På steder med liten eller ingen løsmasseoverdekning kan en boret pel oppnå innspenning, mens en rammet pel må beregnes som leddet. Dette kan ha konsekvenser for nødvendig pelediameter, som kan bli mindre med boret pel.

Borede stålrørspeler er mindre utsatt for skrens på skrått berg enn rammede. På steder med liten eller ingen løsmasseoverdekning kan det være nødvendig å sprengre ei ansettgrep for å komme i gang med en stabil boring.



Figur 6-3 Borede peler

## 5.6 Stålrør satt i kumring på berg

Denne løsningen egner seg der det er bart berg i sjøen, og kan være et økonomisk alternativ til rammede eller borede stålrørspeler. Stålrøret fungerer som en søyleforskaling, og peling/boring unngås helt. Overgangen til berg utføres med en kumring i betong (eller annen type forskalingsmateriale) med større diameter enn søyleforskalingen. Kumringen settes på en plan eller plansprengt bergflate med innborede bergbolter innenfor kumringen.

Etablering av undersjøiske hyller for kumringer vil medføre en del undervannsarbeid for dykkere (graving, rensk, boring, sprenging og montering av bergbolter), særlig dersom berget skrår mye. Ved å benytte minst mulig kumringdiameter reduseres omfanget av undervannsarbeid, men det blir også vanskeligere å utføre. Innspenningskapasiteten av søyla vil også reduseres. Det blir en konstruktiv vurdering hvorvidt det beregningsmessig kan modelleres med ledd, eller om det er behov for full eller delvis innspenning av søylefot.

Følgende retningslinjer for innvendig kumringdiameter ( $\varnothing_k$ ) i forhold til stålrørdiameter ( $\varnothing_r$ ) og innspenningsgrad kan gis (det forutsettes at det benyttes minimum 4 $\varnothing$ 25 som bergbolter):

Enten:

$$\varnothing_k < 1.3 \times \varnothing_r$$

- Antas som ledd i permanent konstruksjon.
- Antas med innspenningskapasitet bestemt av antall bergbolter i byggetida, men ikke høyere enn kapasitet i søylefot.

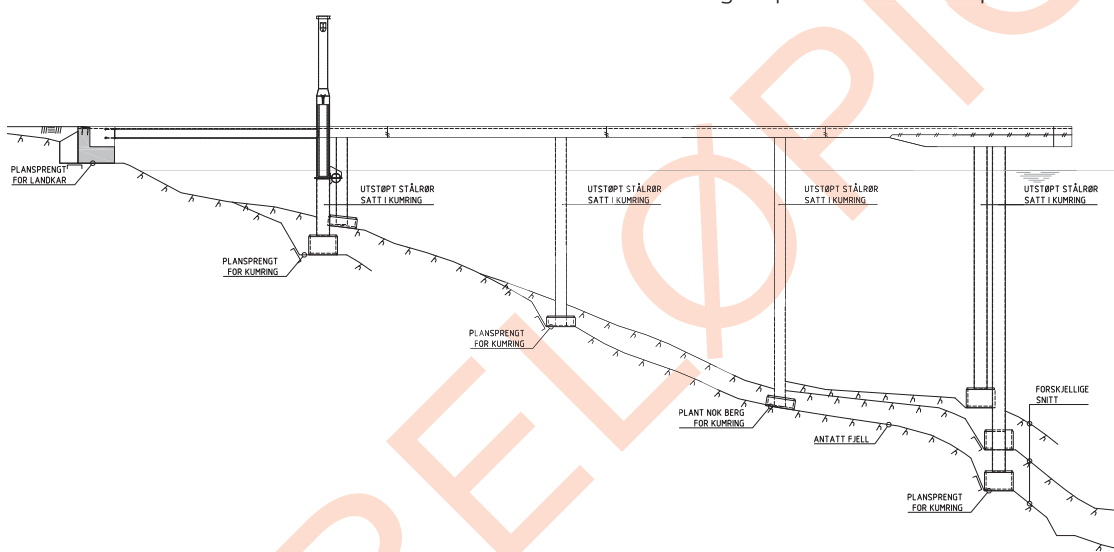
Eller:

$$\text{Øk} > 1.8 \times \text{Ør}$$

- Antas som fullt innspent i byggetid og permanent konstruksjon bestemt av antall bergbolter, og det søkes innlagt bergbolter slik at kapasiteten i fot kumring er minst like stor som kapasiteten i søylefot.

For mellomliggende verdier kan det utføres en lineær interpolasjon.

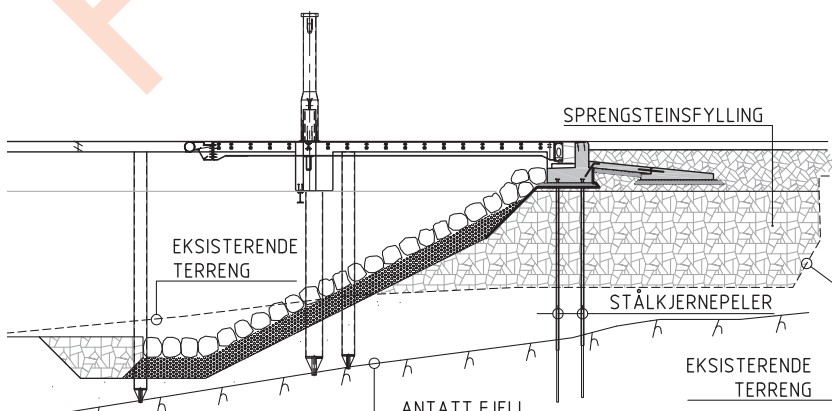
Typisk stålrør diameter er 600–800 mm, med typisk rørtykkelse 10 mm eller mer. Etter montasje av kumring og bergbolter, plasseres stålrøret med armering i kumringen slik at nedre del av stålrøret kommer 50 mm under toppen av kumringen. Deretter støpes kumringen ut med undervannsstøp slik at nedre del av stålrøret blir tett. Stålrøret kan da lenses og støpes ut som tørrstøp.



Figur 6-4 Lengdesnitt ferjekai med kumringfundamenter mot berg

## 5.7 Stålkjernepeler til berg

Stålkjernepeler til berg kan være et aktuelt alternativ til stålrørspeler der pelene må komme seg gjennom steinfylling med risiko for å støte på store blokker. Dersom stålkjernepelen må gå et stykke i friluft eller gjennom vann før den får sidestøtte av løsmasser, må den knekkavstives med en omstøp i et ytre rør.



Figur 6-5 Typisk snitt ferjekaibaas

Stålkjernepeler installeres med boring uten særlige rystelser eller støy. Dette i motsetning til stålrørspeler som rammes med massefortrengning ned gjennom løsmasser og en innmeisling i berg med mye støy. Det kan være tilfeller der rystelser og massefortrengning kan være problematisk, for eksempel nær kvikkleire og andre konstruksjoner. Nærhet til naboer og redusert støy kan være en god begrunnelse for å velge stålkjernepeler i stedet for stålrørspeler, selv om de skulle koste litt mer.

Stålkjernepeler har i noen tilfeller blitt brukt i kombinasjon med stålrørspeler der det har vært risiko for at stålrørspelene ikke ville trenge gjennom ei grov steinfylling. Stålkjernepelen har da blitt utformet slik at den kan fungere både som et trykk- og strekelement, med kapasitetsmessig overgang til stålrørspelen. Bergspissen på stålrørspelen må være planlagt for en slik stålkjerne. Det vises til gjeldende Peleveiledning for nærmere detaljer av stålkjernepeler.

## 5.8 Stålrørspeler som friksjonspeler

I motsetning til stålrørspeler til berg der all bæreevne kommer gjennom spissmotstand, vil det meste av bæreevnen til stålrørspeler i løsmasse være i form av sidefriksjon mot røret. Når det gjelder beregning av bæreevnen, vises det til Peleveiledningen og håndbok V220. Beregningen må utføres av person med geoteknisk kompetanse, basert på stedlige grunnundersøkelser. Som en grov veiledning på forprosjektnivå kan det benyttes diagrammer for dimensjonerende bæreevne som vist på vedlegg c.

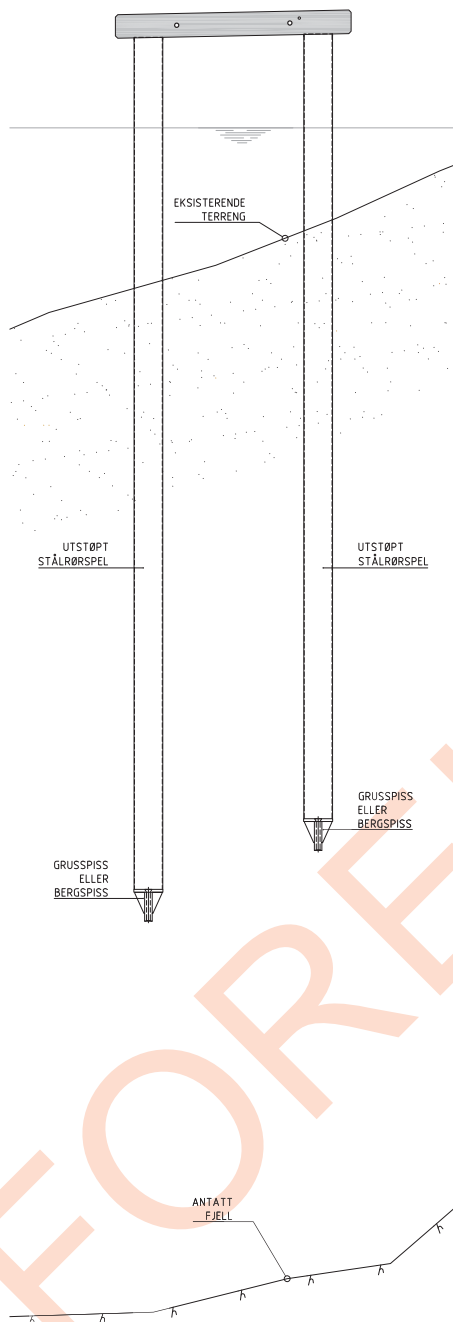
Stålrørspeler i løsmasse kan utformes på ulike måter:

- a) Som tette peler med bergspiss eller grusspiss, som etter ramming lenses, armeres og støpes ut med betong som tørrstøp. Bergspiss benyttes der grunnundersøkelser viser at det er risiko for å støte på steinblokker under ramming, og fortrinnsvis med senterhull for mulig boring og sprenging av blokk. I homogene, fine løsmasser (sand, silt, leire) kan det være tilstrekkelig med grusspiss.
- b) Som hule rør som etter ramming graves, armeres og støpes ut bare til en viss dybde i løsmassene. Denne løsningen egner seg bare der det er homogene, fine løsmasser uten særlig risiko for å møte steinblokker. I slike løsmasser er korrosjonshastigheten redusert, og det kan regnes med at stålrøret minus beregnet korrosjonsmonn er virksomt i hele kaiens levetid.
- c) Som hule rør som etter boring graves, armeres og støpes ut helt eller delvis. Denne løsningen egner seg der det kan være risiko for å treffe på stein og blokker, eller der det kan være restriksjoner på støy eller rystelse. Spissmotstanden kan i friksjonsjordarter økes ved spissinjeksjon av sementmørtel.

Typisk rørdiameter i ferjekaier er 600–800 mm. Typisk rørtykkelse er 10–16 mm, avhengig av rørdiameter og rammemotstand.

For støtlaster kan stålrørspeler i løsmasse regnes å ha strekk-kapasitet som beregnet ut fra Peleveiledningen/V220. I bæreevnen kan det tas hensyn til neddykket vekt av pel, men ikke til sug ved spiss. For permanente laster eller langtidslaster kan det ikke regnes at peler i løsmasse har strekk-kapasitet.

For tilfeller der det fylles på løsmassegrunn, må det i beregningene av bæreevnen tas hensyn til setning og påhengslaster i øvre del av pelene. Dette vil redusere bæreevnen, og typisk føre til behov for lengre peler.

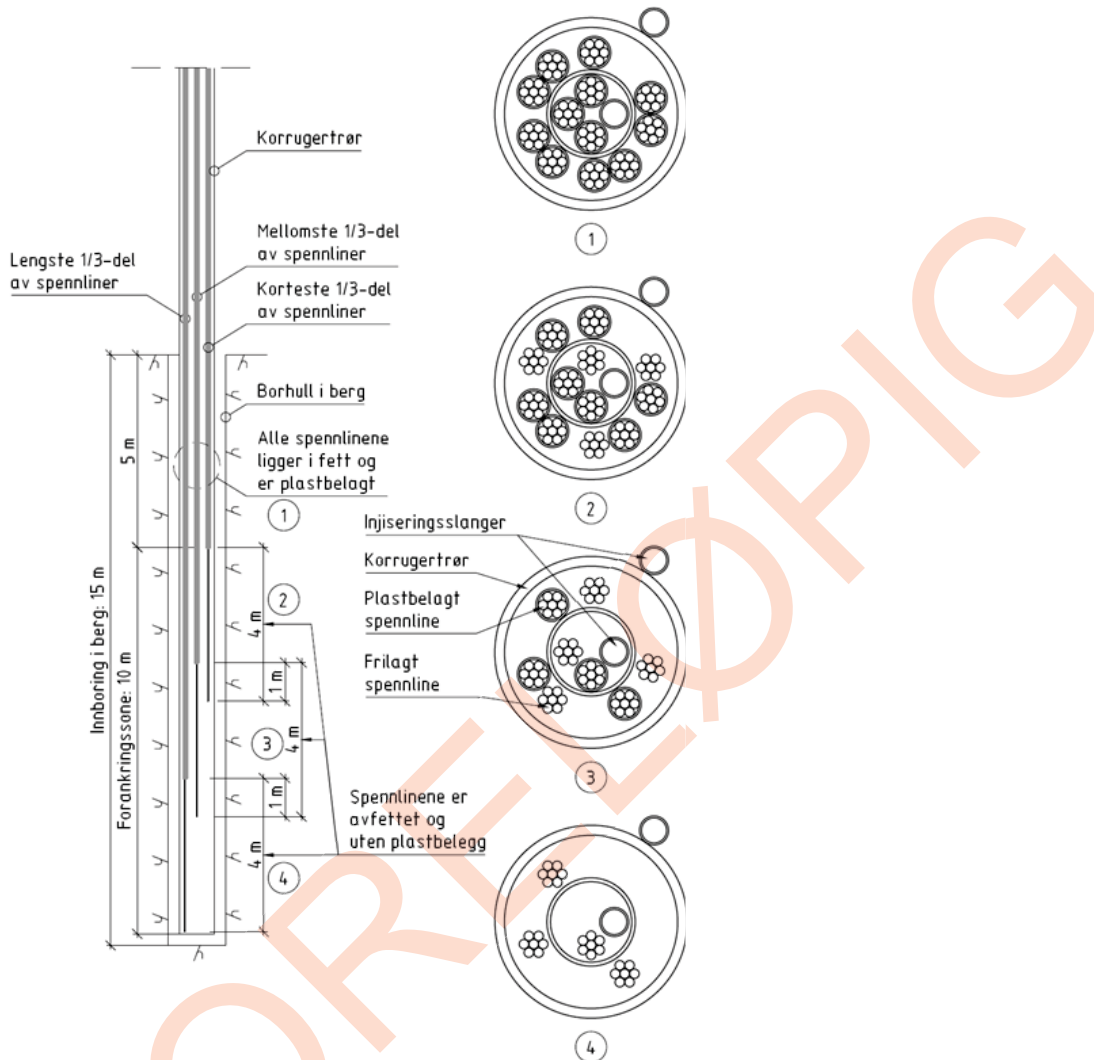


Figur 6-6 Peler i løsmasser

## 5.9 Bergankere og bergbolter

For å ta opp de store støy- og fortøyningslastene på tilleggskaien, benyttes det primært forspente bergankere i strekkpåkjennte peler til berg. Bergankeret består av en spennkabel som går fra kaidekket, gjennom pelen og et stykke inn i berg. Spennkabelen er bygget opp av spenntau som er belagt med fett inni et plastrør, der plast og fett er fjernet i kabelens forankringsone i berg. Som en ekstra beskyttelse for permanente bergankere benyttes det et korrugert plastrør utenpå hele kabelen. Alt tomrom innvendig og utvendig av det korrugerte røret injiseres før oppspenning av kabelen. Krav til prøveoppspenning og kapasitetsutnyttelse er spesifisert i håndbok N400.

Landkarområdet kan også bli påkjent av horisontalkrefter fra ferjetrafikk. Der landkaret blir fundamentert direkte på berg, kan det benyttes bergbolter for å ta opp slike krefter.



Figur 6-7 Berganker Magerholm, eksempel

## 5.10 Flytende kai

Flytende kai kan være aktuelt der sjøbunnen raskt går mot store dyp, og det ikke er praktisk mulig å få til en annen plassering. Den flytende delen (tilleggs kai og brubås) må være forbundet med land med en overgangskonstruksjon som er leddet i begge ender slik at tidevannsvariasjonen ikke påfører krefter.

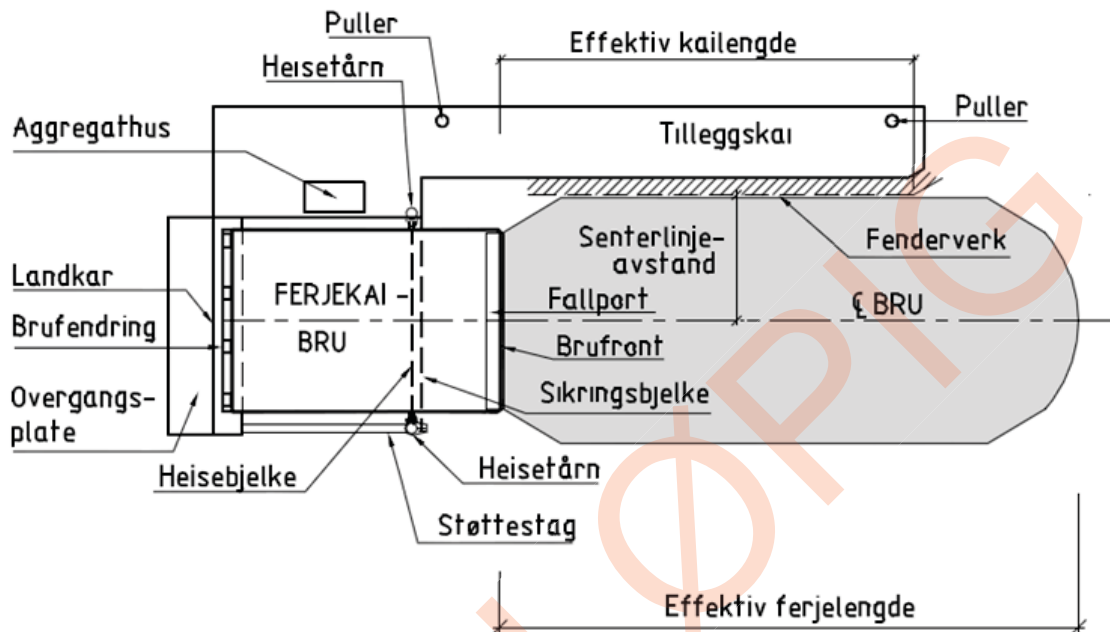
Sidekrefter kan opptas ved:

- At den flytende delen er innspent i overgangskonstruksjonen om vertikal akse, og fungerer som en fri utkrager utover sjøen
- At den flytende delen er leddet mot overgangskonstruksjonen om vertikal akse, og er sidevegs fastholdt ute på tilleggs kaien mot ankerpunkter i sjøen
- At den flytende delen kan ha stag mot land
- At man bygger opp stålrørskai som punktstøtte med stag mot land

Krefter i kaiens lengderetning forutsettes opptatt av overgangskonstruksjonen til land.

FORELØPIG

## 6 Kaiutstyr



Figur 7-1 Definisjoner

### 6.1 Overflatebehandling

Alle ståldeler som er synlige og/ eller konstruktive leveres i varmforsinket utførelse som tilfredsstiller Klasse B iht. prosess 85.342 i håndbok R762. I tillegg kan det være aktuelt å male diverse konstruksjonsdeler. De vanligste ståldelene er heisetårn (ned til ca. kote 0), sylinderrør, sikringsbjelke, sperrebomkasser og rekkverk. Kantlister og pullere skal males RAL 1003 signalgul. Pulverlakkering velges der dette er mulig. Det bør tilstrebes enhetlig og bevisst fargevalg i alle fall innenfor regionene. Følgende fargevalg er gjennomført i dag:

- Region vest RAL 6009 grønn
- Region midt RAL 3007 svartrød
- Region nord Uten maling, kun varmforsinking

#### 6.1.1 Innstøpingsgods

Innstøpingsgods som bolter, gjengehylser, dybler, bolteanker og gjengestag med tilhørende muttere og skiverskal være i rustfritt stål A4-80 iht. NS-EN ISO 3506-1. Dimensjoner over M16 kan varmforsinkes i henhold til prosess 84.86, håndbok R762



## 6.2 Aggregathus med utstyr

Aggregathuset er et lite hus som i hovedsak skal romme utstyret som hever og senker ferjekaibrua. Aggregathuset fundamenteres på en ringmur av betong som er minimum 150 mm høy. Ringmuren bør ha 2 ventiler for utlufting. Huset forankres til betongplata med stålband og gyste bolter. Alternativt kan aggregathuset fundamenteres på to stålprofiler som forankres både i hus og ned i betongplata. Aggregathuset bør utføres enhetlig og bør ha lik utforming på alle ferjekaiene så langt det er råd.

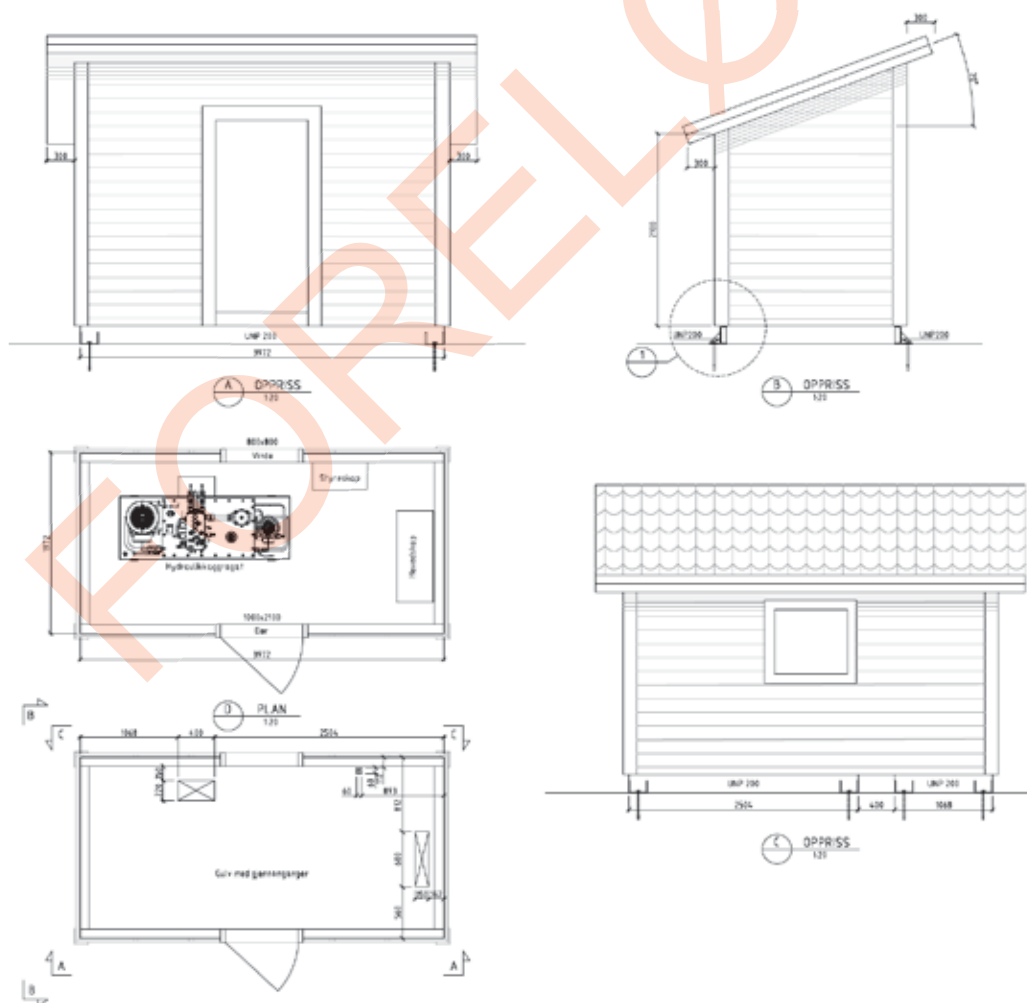
I aggregathuset monteres hydraulisk aggregat, elektrisk inntaksskap, fordelingsskap for lys, elektrisk styreskap, nødstrømsnelle, mottaker for radiosender, sveisestrømskontakt, varmeovn, lys i tak, vannutkaster, apparat for brannslokking i elektriske anlegg og eventuell avtrekkssvifte med termostat. På yttersiden av veggen monteres kontakt for tilkopling av landstrøm som ferje skal bruke, føringsrør for nødstrømsopplegg, redningsbøye, antenne til mottaker, signallys, vannuttak og opplysningstavle. Eventuelt monteres nødstrømsnelle utendørs i egen trommel. Aggregathuset males med regionale farger:

Region vest Antikk hvit 343, (Jotun)

Region midt Husmannsrød 2006, karmet Slipsten 1491 (Jotun)

Region nord Grå eller rød

Det vises til håndbok V432 Ferjekai - elektrohydraulisk løftesystem for mer detaljer.



Figur 7-2 Eksempel på utførelse av aggregathus

## 6.3 Elektrohydraulisk styresystem

Det elektrohydrauliske systemet består av følgende hovedkomponenter:

- Hydraulisk anlegg
- Elektrisk styresystem

Hydraulisk anlegg består av hydraulisk aggregat, rørgater, hydrauliske sylindere, innfestninger til tårn og ferjekaibru, sjokkventiler montert ved hydraulikk sylindere.

Det elektriske systemet består av elektrisk fordelings- og styresystem, signallys, sperrebom, radiostyring, skjevlastindikator på ferjekaibru, nødstrømsopplegg, landstrømskontakt og lys på kai. Andre systemer kan være knyttet til systemet som automatisk dokkingsystem, lysstyring av trafikkflyt og sanntidsinformasjonstavler.

Det vises til håndbok V432 Ferjekaier - elektrohydraulisk løftesystem for mer detaljer.

## 6.4 Trekkerør

Ved bygging av kaien støpes det inn 110 og 50 mm PVC-rør. De skal tjene som trekkerør for framføring av kabler og vannrør til aggregathuset. Rørene bør være stive (ikke korrugerte) og de bør monteres med 12 mm trekketråd. Inn til aggregathuset bør det legges som et minimum 3 stk. Ø110 mm rør, 1 rør for inntakskabel, 1 rør for tilbakeføring av kabel til installasjoner på land og 1 rør som reserve til eventuell framføring av vann. Trekkerør til lysmastene bør avsluttes minst 100 mm over overflaten på kaidekket. Rør skal legges med tilfredsstillende drenering. Alle dreneringspunkter bør stikke minst 50 mm ut under kaiplata. Trekkerør til lysmaster bindes til over- og underarmeringen for å sikre at det oppnås fall mot dreneringspunktene. Det trekkes også Ø50 mm rør fram til sperrebomhusene.

## 6.5 Belysning

For belysning av ferjekai benyttes 7 meter høye lysmaster. Mastene skal monteres med hengslet fotplate, slik at det er mulig å legge masta ned i lengderetningen til kaia. Dersom kaia bygges med forhøyning ytterst skal den siste lysmast være tilsvarende kortere. For å unngå at mastene skal bli påkjørt av ferja skal de settes på den siden av kaia som vender lengst unna båsen. Det må ikke benyttes færre enn 3 stk. lysmaster på kaia, 1 mast som belyser ferjekaibrua og 2 master som belyser selve tilleggskai. Ytterste lysmast kan plasseres slik at den fungerer som innseilingslys.

Armaturene bør ha plant glass, og det anbefales å benytte 250 W lyskilder. Lysene bør styres av ur og fotocelle. Ytterst på tilleggskai monteres det et rødt markeringslys. Masta bør være minst en meter høy. Alternativt monteres dette lyset på den ytterste lysmasten i høyde 1 m over kaiplata.

Det vises til håndbok V432 Ferjekaier - elektrohydraulisk løftesystem for mer detaljer.

## 6.6 Sperrebom

Foran ferjekaibrua monteres det sperrebom. Dersom brua har bredde større enn 6 meter bør det benyttes 2 stk. separate bommer som monteres som par. Arm på sperrebom påføres rød refleks med 500 mm felt. Styringsdelen av sperrebommen skal være plassert i aggregathuset.

Det vises til håndbok V432 Ferjekaier - elektrohydraulisk løftesystem.



Figur 7-3 Eksempel på sperrebom

## 6.7 Nødstrømstrommel

Nødstrømstrommel plasseres på kaia, like ved fronten på ferjekaibrua eller inne i aggregathuset. Det monteres en kabelføring som rekker bort til ferja slik at mannskapet får tak i den med båtshaken. I starten av kabelen monteres det ring. Det blir enda enklere dersom det monteres et 2 meter langt tau hengende i ringen.

## 6.8 Puller

Pulleren er en del av ferjenes fortoyingsarrangement på tilleggskaia. Pulleren bør ikke være retningsbestemt. For godt anlegg av trosse bør det benyttes puller med høyde minst lik 400 mm og med diameter i topp større enn 450 mm. Pulleren skal ha innfelte rom til mutterne for feste til innstøpte gjengestag, og plasseres slik at gjengestaget nærmest kanten på kaidekke ligger minimum 200 mm fra kanten. Innfestingen skal være i henhold til leverandørens spesifikasjoner. Standard utrustet ferjekai har tre pullere, en ved enden, en omtrent på midten av tilleggskaien og en inne ved ferjekaibrufrenten. Antall pullere bør vurderes nøye. Plassering av puller i mellomrommet bør drøftes med rederiet for trafikkerende ferje i sambandet. Størrelsen på den ytterste pulleren er omtalt i håndbok N400. Det vanligste har vært å benytte 50 tonns puller ytterst og 30 tonns pullere på midten og innerst ved ferjekaibrufrent. Se for øvrig «forskrift om havnearbeid» av 10. november 1994 nr. 1053 og arbeidsplassforskriften for regler.



Figur 7-4 Typisk symmetrisk puller

## 6.9 Vannuttak

Der det er behov for vannfylling monteres det et vannuttak som kobles til eksisterende vannett. Systemet skal være frostsikret med isolert rør og det monteres selvregulerende varmekabel som skal kunne avgi 10 W/m for frostsikring av vannforsyning på vannledning til og på vannpost. Varmekabel skal føres inn i vannledning til oppnådd frostfri dybde. Kraftforsyning skal tas fra egen kurs i hovedfordeling i teknisk rom. Systemet skal sikres mot tilbakeslag med en tilbakeslagsventil i henhold til NS-EN 1717. Tilkoblingspunkt skal sikres med lokk og kles med låsbart skap som boltes til ferjekaien. Systemet skal inneholde en utvendig frostsikret stoppekran. Ledningen graves ned til frostsikker dybde og isoleres med skåler og legges i trekkerør under veger og oppstillingsareal. Systemet skal inneholde en vannmåler med fjernavleser montert inne i aggregathus. Vannmåler monteres i nærmeste kum. Arbeidet skal utføres av autorisert rørlegger. Røroppheng festes på kabelstige eller liknende med gyste gjengestenger eller kjemiske anker.

## 6.10 Sikkerhetsutstyr

Det monteres en kombinasjon av rekkverk og kaikantlist på kaia. Dersom atkomsten til kaien ønskes stengt kan det monteres låsbar port. Den kan settes opp ved aggregathuset. For øvrig skal det utføres en risikoanalyse der man går igjennom ferjeleiet med hensyn til risiko og konsekvens. For bynære ferjekai der det er naturlig å gå ut på kaia bør man typisk montere mer rekkverk enn for perifer ferjekai. Det vises også til krav om universell utforming for oppsetting av rekkverk og føringslinjer for øvrig. Redningsleider og livbøye med line skal monteres på ferjekaiene, i henhold til Arbeidstilsynets krav. Redningsleider skal monteres i nærheten av brua, og den skal rekke ned til minst 1 meter under LAT. For mellomstore ferjekai monteres det i tillegg en leider ved enden av tilleggskaia. På store ferjekai, der man har en effektiv kailengde på 110 m monteres det tre ledere: en ved ferjekaibru, en ved enden av tilleggskaia og en midt i mellom. Se for øvrig «forskrift om havnearbeid» av 10. november 1994 nr. 1053 og arbeidsplassforskriften for regler.



Figur 7-5 Solevågen ferjekai i Møre og Romsdal

## 6.11 Heisetårn for ferjekaibru m/rørføringer

Ferjekaibruene heves og senkes ved bruk av hydraulisk system. En løftesyndler henges opp i hver sitt heisetårn. For å lette vedlikeholdet monteres sylindrene med stempelstang ned.

Hydraulikkaggregatet plasseres i aggregathuset. Det legges rør av rustfritt stål og koplinger mellom aggregatet og sylindrene. Ved overgang til sylindere monteres fleksible oljeslanger for å ivareta sylindernes bevegelser. Det er utarbeidet prinsipp-tegning for montasjen.

Det vises til håndbok V432 Ferjekaier – elektrohydraulisk styresystem, for mer detaljer.

## 6.12 Vedlikeholdsoppheng

På heisetårnene skal det henge et vedlikeholdsoppheng til bruk når man skal arbeide på eller under ferjekaibrua. Det benyttes godkjent løfteutstyr til denne.

## 6.13 Fastpunkt

Det skal etableres rustfrie bolter for markering av fastpunkter. Fastpunktene måles inn etter etablering og påføres ferdigbru-tegninger.

## 6.14 Jordelektrode

Det etableres bolt/jordelektrode iht. håndbok R762. Boltene skal ha full elektrisk kontakt med armeringen.

## 7 Erosjonssikring

### 7.1 Innledning

Ferjekaier grenser som regel til en fylling utsatt for erosjon. Denne er det nødvendig å beskytte på en god måte. Det er veldig viktig å gjøre en god sikring når ferjekaia bygges, da det er vanskelig og kostbart å etablere eller reparere en erosjonssikring i etterkant.

Det kan være flere årsaker til erosjon, men de viktigste ytre faktorene er propellstrøm fra ferjer, bølger og strøm i havet og isgang. Andre faktorer som har innvirkning på erosjon kan være geometri på fylling, drag i sjøen, steinstørrelse og sjøbunntopografi. Ved prosjektering av nye ferjeleier på utsatte steder anbefales det å gjennomføre en strøm-, vind- og bølgeanalyse.

En viktig faktor i dimensjoneringen av erosjonssikringen er at dagens og framtidens ferjer er større og har kraftigere maskineri enn tidligere. I tillegg er nye ferjer ofte utrustet med dysepropeller (thrusterer) som gir en mer konsentrert stråle enn vanlige frie propeller, og thrusterer vil oftest ha en dypere plassering enn tradisjonelle akselpropellere. Det er erfart at slike thrusterer har skadet tidligere fungerende plastring.

### 7.2 Teori

Det vises til følgende notat:

- «Erosjonssikring av Halska ferjekai», Notat datert 2009-05-14 fra Vedlegg B
- Kystverket – Moloer, mars 2000

### 7.3 Forundersøkelser og kartlegging

#### 7.3.1 Bunnkartlegging

Det forutsettes at det utføres en bunnkartlegging før prosjekteringen starter slik at man får et oppdatert og nøyaktig grunnlag å forholde seg til. Videre anbefales det at det utføres bunnkartlegging etter hver arbeidsprosess som omfatter volumer som byggherre skal betale for. Dette vil da typisk tilsi:

- 1 Bunnkartlegging før prosjektering
- 2 Bunnkartlegging ved oppstart (før graving og fylling), som basis for målebrev
- 3 Bunnkartlegging etter ferdig graving
- 4 Bunnkartlegging etter ferdig fylling
- 5 Bunnkartlegging etter ferdig lagt filterlag
- 6 Bunnkartlegging etter ferdig lagt plastring

Avhengig av forholdene på stedet, kan det være aktuelt å slå sammen 1 og 2, samt 3 og 4. For at disse bunnkartleggingene skal være sammenlignbare bør det klart oppgis hvilket koordinatsystem og høydeangivelse som skal benyttes. Det bør benyttes samme nullreferanse som for land ved bygging. Byggherre bør overleveres kotekart i pdf og dwg samt rådata (punkter) i tekstfil.

#### 7.3.2 Bergkontrollboring

Som en del av grunnundersøkelsene utføres det bergkontrollboringer i pelepunktene, og dette gir et visst bilde av løsmassedybden til berg i området, samt fasthet på løsmasselaget. Behov for supplerende boringer utenfor pelepunktene må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

### 7.3.3 Miljøprøvetaking

Ved mudring skal det tas en representativ prøveserie av bunnsedimentene. Prøvene sendes inn for analyse og resultatene legges ved søknad om mudringstillatelse.

### 7.3.4 Prøvetaking

Utføres i tilstrekkelig omfang for å bedømme om løsmasse under fylling/plastring kan få stabilitetsproblemer eller setningsproblemer.

### 7.3.5 Dykkerundersøkelse

Utføres for å få oversikt over løsmasstype og fasthet av topp løsmasse som grunnlag for nærmere vurdering av behov for filterlag og eventuell plastringsløsning.

## 7.4 Plastring

Plastringens hensikt er å beskytte underliggende masser mot erosjon.

### 7.4.1 Tradisjonell plastring med dekkstein og filterlag

En tradisjonell plastring består av plastringssteiner som er såpass tunge at de ikke flytter på seg ved dimensjonerende påvirkninger fra propellstrøm, bølger og strøm i havet. Dermed beskyttes underliggende masser. Plastringen må legges med tilstrekkelig liten helning til at den ikke raser ut. Det anbefales at det etableres en plastringsfot som avslutning i dypeste nivå. Dette gir en buffer mot at undergraving og utrasing her skal føre til at plastringen som helhet raser ut.

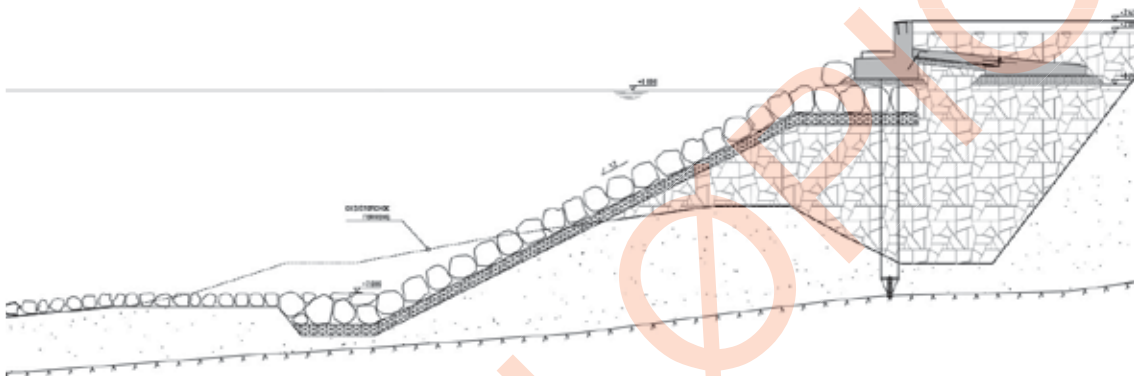
For at en plastring skal kunne beskytte finkorna løsmasser, er det nødvendig å benytte ett eller flere filterlag som skal hindre at finmassen blir sugd ut mellom den grovere plastringen. En kombinasjon med armeringsduk under et filterlag kan være et hensiktsmessig tiltak over en finkorna sjøbunn.

En tradisjonell plastring er en robust løsning. Den er til en viss grad selvreparerende ved at undergraving kun forårsaker at plastringen setter seg eller at steinene flytter på seg relativt til hverandre, men at funksjonen opprettholdes. Ulempen med en tradisjonell plastring er at den krever relativt mye plass, samt at den er vanskelig å etablere omkring eksisterende konstruksjoner.

Anbefalinger:

- Plastringsarbeider bør utføres så tidlig som mulig for å unngå at øvrige konstruksjoner hindrer tilgang.
- Plastringslagets tykkelse bør være minst 1,0 m. Plastringssteinens masse bør ikke være mindre enn 1,0 tonn.
- Plastringslaget bør føres ut i bredden til en avstand på minst 15 m fra senter ferjekaibru på hver side, eller til avslutning mot fast berg.
- Bør ha plastringsfot, med lengde ca 3 m.
- Plastringen bør ikke ha større helning enn 1 : 1,7, helst helning på 1 : 2.
- Plastringssteinene må legges ut én og én for å oppnå jevn og tett plastring. Typisk assistert av dykker eller kamera på anleggsmaskin.
- Kvalitet av plastring bør dokumenteres med dykker og filmopptak eller foto tatt i et forhåndsavtalt referansesystem.
- For å unngå at masser vaskes ut mellom steinene, bør forholdet mellom gjennomsnittsteinstørrelsen i hvert intilliggende lag ikke overskride 5.

- Filterlag under plastring med steinstørrelse:  
 $d_{\min} = 50 \text{ mm}$ ,  $d_{50} = 150 \text{ mm} \pm 20 \text{ mm}$ ,  $d_{\max} = 250 \text{ mm}$
- Filterlag bør ha minimum tykkelse ca 500 mm etter utlagt dekklag. Av praktiske årsaker bør det legges ut et tykkere lag på 1000 mm for å sikre at minimumstykkelsen oppnås.
- Dersom bunnen som filterlaget skal legges på består av veldig fine materialer bør det vurderes å benytte en armeringsduk for å hindre at filterlaget synker ned i dette eller at det vaskes ut. I motsetning til en fiberduk vil armeringsduken synke, og er dermed lettere å håndtere enn fiberduk under vann.
- Sekundærplastring av horisontal bunn fra plastringsfot og ned til kote -12 bør utføres med tykkelse ca 0.4 m og steinstørrelse 0.1–0.3 m. Denne erosjonssikringen kan utelates dersom sjøbunnen består av berg, grov stein eller annet motstandsdyktig materiale.



Figur 8-1 Tradisjonell plastring

## 7.4.2 Plastring med betongmadrass

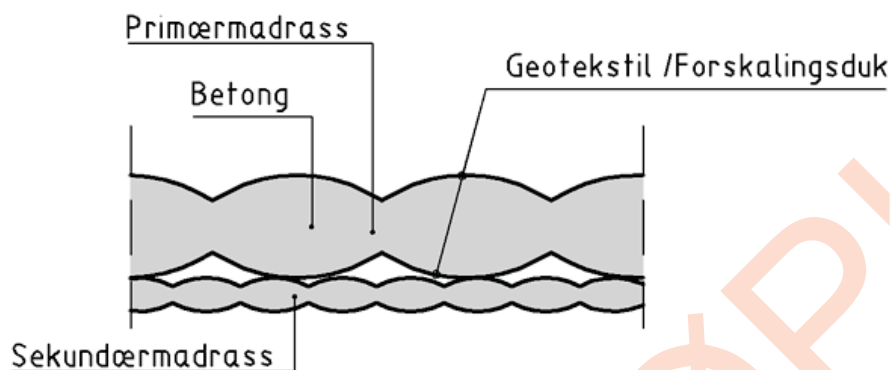
Plastring kan også utføres med geotekstiler fylt med betong, såkalte betongmadrasser.



Figur 8-2 Betongmadrass installert under eksisterende tilleggskai og ny ferjekaibru



Plastring med betongmadrass er en effektiv måte å sikre grunnen mot erosjon. Fordelene er at den bygger mindre i høyden enn tradisjonell plastring med stein, samt at den er enkel å installere. Betongmadrasser egner seg spesielt godt der en må utbedre plastring inn under eksisterende konstruksjoner, eller hvor ferjekaibåsen må utdypes og krav til fri dybde gjør steinplastring mindre aktuell. Avhengig av miljøpåkjønning vil tykkelsen på betongmadrassen være 15–25 % av et tilsvarende plastringslag med dekkstein og filterlag. Figuren under viser typisk snitt av en betongmadrass.



Figur 8-3 Oppbygning av betongmadrass

Betongmadrassen, inkludert alle skjøter og endeavslutninger skal dimensjoneres for propell og jetstrøm fra ferjen, i tillegg til bølgebelastning og eventuell tidevannstrøm.

Betongmadrassen består generelt av to lag med geotekstiler som former en forskalingsduk. Mellom øvre og nedre forskalingsduk kan det være avstandsholdere for å sikre god utstøping. I de betongmadrassene som ikke er armert skal forskalingsduken ivareta all nødvendig strekkstyrke. Av praktiske årsaker sikres ofte større områder med flere segment av betongmadrassen. Alle segment skal da ferdig installert være kontinuerlig forbundet, slik at det dannes en kontinuerlig erosjonssikring. Skjøtene skal ha samme kapasitet som betongmadrassen for øvrig.

Det er meget viktig at alle render av betongmadrassen sikres mot erosjon. Rundt peler kan dette utføres med et ekstra lag med tynnere sekundærmadrass under den tykkere primærmadrassen. Primærmadrassen virker da som hovederosjonsikring, mens sekundærmadrassen skal sikre skjøten rundt pelen. Forskalingsduken snurpes da inntil pelen før utstøping. I tillegg kan det også legges et lag armeringsduk inn under betongmadrassen og opp rundt pelen. Løsningen med et sekundær- og et primærlag kan også benyttes inn mot andre utsatte områder. Langs frie render er det enkleste tiltaket å føre betongmadrassen ned i en grøft og legge steinplastring over den igjen.

Betongmadrassen må få sette seg fritt sammen med fyllingen, og den bør derfor ikke festes til landkar, søyler eller andre setningsfrie konstruksjoner.

## 8 Ombygging

### 8.1 Generelt

Ombygging av ferjekaier i løpet av dimensjonerende brukstid er ofte nødvendig. Behovet for ombygging skyldes som regel behov for større ferjer i sambandet. Det kan også være at det kommer nye ferjer med annen utforming slik at ferjekaianleggene blir uhensiktsmessige å bruke. Vedlikeholdskostnader og driftsavbrudd (konsekvenser for brukere) blir ofte undervurdert i dette regnskapet. Likeså at følgen av en påkjørsel fra ferja på et for lite anlegg kan bli dramatisk. Det velges mellom to strategier, om man skal ta ut restlevetiden i anleggene eller å bygge nytt. Dette valget må tas på overordnet nivå av eiere og storsamfunnet.

Typiske eksempler på ombygginger er forlenging og forsterkning av tilleggs kai, breddeutvidelse av ferjekaibru, breddeutvidelse av brubås for å flytte ferjekaibru sideveis, og mudring for å lage plass for større eller dypere ferjer. Ofte er det flere grunner samtidig.

### 8.2 Inspeksjon og tilstandsvurdering

En mulig ombyggingsprosess starter med en grundig inspeksjon og vurdering av tilstanden av eksisterende ferjekai. Tilstanden registreres og restlevetiden estimeres. På bakgrunn av dette vurderes det om eksisterende ferjekai kan ombygges eller om ferjekaien delvis eller helt må rives for å bygge ny ferjekai. Det må vurderes om kostnadene av vedlikeholdstiltakene står i forhold til bruas gjenskaffelsesverdi.

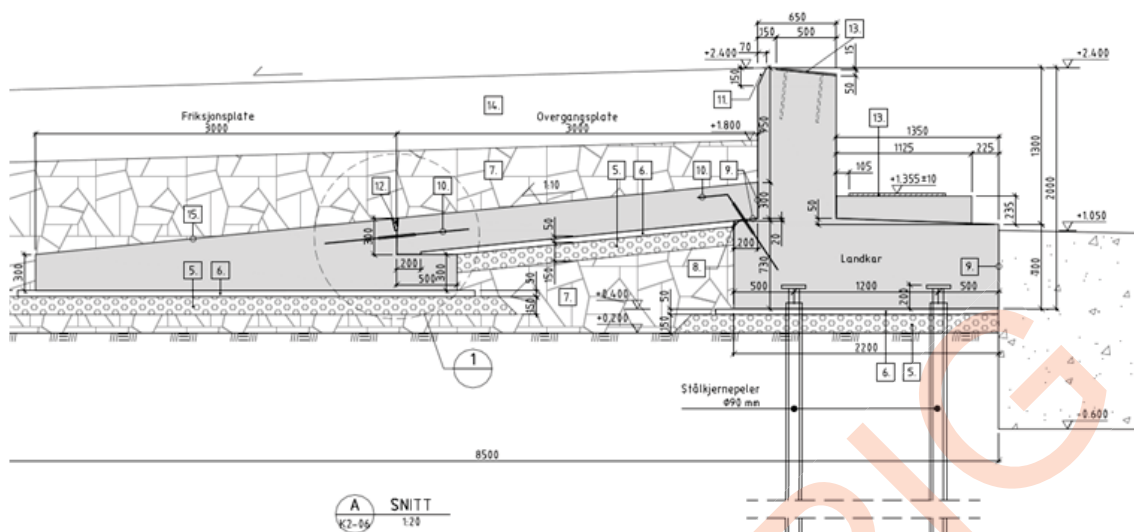
### 8.3 Ombygging

Tilbygg søkes å stå stabile som egne elementer, men koblet til eksisterende konstruksjoner. Slik kan de senere ved behov stå alene mens den eldste delen av ferjekaia rives og erstattes med ny konstruksjon. Det stilles de samme kravene til den nye delen av ombygget ferjekai som for et nybygg. Hele tilleggskaia må beregnes med hensyn til kapasitet og eventuelt stenges for trafikk ved uttak av den siste brukstiden. Det må da påberegnes ekstra utgifter ved utførelse av vedlikehold. For ferjekaibrua gjelder det egne krav, se håndbok N400.

#### 8.3.1 Ombygging av ferjekaibåsen

Ved ombygging av ferjekaibåsen kan det være aktuelt å bygge om mens trafikken går. Det må foretas en risikovurdering med hensyn til trafikkmengde, anløpsfrekvens og størrelse på ferjene om man må stenge eller om trafikken kan gå samtidig med ombyggingen.

Nytt landkar kan plasseres enten foran eller bak eksisterende landkar. Alternativt kan man bygge ut eksisterende landkar sideveis. Plasseringen avhenger vanligvis av valg av brulengde og plassering av nye heisetårn. Det er en stor fordel for framdriften at heisetårnrammen kommer utenfor eksisterende konstruksjon slik at den kan etableres uten å rive eksisterende konstruksjon. Nytt landkar kan bygges delvis eller ved bruk av interimsbruer over byggegrop. For alle ombyggings-metoder kreves det god planlegging av alle midlertidige faser. Fasene kontrolleres med hensyn på funksjon og sikkerhet. Det kan være aktuelt med midlertidig fending av ferjekaibrua i en periode til nytt landkar er ferdig støpt. Det bør utarbeides detaljerte faseplaner.



Figur 9-1 Eksempel med bygging av nytt landkar bak eksisterende landkar

### 8.3.2 Forlenging av tilleggs kai

Tilleggskaia har to funksjoner. Å fungere som sidestøtte for ferja ved tillegging og å bære trafikklast. Ved uttak av restlevetid vil man fort måtte stenge tilleggskaia for trafikklast. For å oppnå bedre levetid og forlengende den effektive lengden kan man gjøre dette på flere måter.

1. Bygge ny forlengelse som et selvstendig påbygg og ta ut restlevetiden på eksisterende tilleggs kai.
2. Bruke eksisterende tilleggs kai som forskaling og bygge ny tilleggs kai oppå og forbi eksisterende konstruksjon.
3. Rive hele tilleggskaia for å bygge ny og lengre tilleggs kai på samme sted.

Metode 1 vil kunne fungere fint gitt at eksisterende tilleggs kai kan bære anleggsmaskiner for å kunne gjennomføre forlengelsen på en enkel måte. Erstatning av gammel del må legges inn i fremtidige budsjett. Den gamle delen av tilleggskaia må levetidsberegnes, slik at man kan planlegge senere ombygginger. Dette arbeidet kan skje mens ferjetrafikken pågår, forutsatt at ferjeførere utfører forsiktighet. Beregninger må vise hvor stor kapasitet de enkelte elementene har etter ombygging og forsterkning.

Metode 2 krever at man planlegger et opplegg for den gamle kaia når levetiden nærmer seg slutten. Det må lages planer for hvordan den gamle delen av kaia skal rives uten at ny konstruksjon skades. Fordelen med metoden er at man har støtte for ferja i hele byggeperioden og at man sparer kostnader ved ombygging, men man får igjen senere når levetiden på gammel tilleggs kai er brukt opp.

Metode 3 er den mest ryddige metoden og gir det beste resultatet. Men løsningen krever at man enten fjerner ferjetrafikken en periode, eller har et opplegg for midlertidig støtte for ferja underveis. Tilleggskaia vil være kritisk med hensyn til styrke før man får spent opp strekkpeler. Man må derfor ikke benytte tilleggskaia før prosjektert styrke er oppnådd.

Ved større ombygginger kan en vurdere å bytte ut rekkverket i sin helhet.

### 8.3.3 Breddeutvidelse av ferjekaibrua

I noen tilfeller er det aktuelt å breddeutvide fronten på ferjekaibrua for å favne ny og bredere ferje. I disse tilfellene må man kontrollere at alle ferjene som anløper sambandet har tilstrekkelig grad av sikkerhet for alle trafikanter. Grunder og gjerder kan sikres til en viss grad, men har man stor variasjon i ferjestørrelser må man i tillegg gjøre tiltak på ferja.

Breddeutvidelsen på fronten av ferjekaibrua bør være symmetrisk. Den kan også lages asymmetrisk, men dette krever at aggregatet har muligheter for å kompensere for skjev belastning av heisesylindrene. Bruk av kompensasjon av skjevstilling og avlastning gir krefter i hydraulikksystemet under lasting og lossing av ferja, og kan dermed påføre heisetårna uforutsette krefter ved stor sjøgang.

Breddeutvidelse av ferjekaibrua er rimeligere og raskere enn å legge inn ny bredere ferjekaibru, men i noen tilfeller er det rett og slett ikke godt nok. Da må man heller breddeutvide hele ferjekaibåsen hvis det ikke er lagt til rette for slik utvidelse fra før.

### 8.3.4 Elektro-hydraulisk anlegg

Det hydrauliske og elektriske anlegget må som regel byttes i sin helhet ved bygging av ny større ferjekaibru, hvis ikke det er av nyere dato. Det samme gjelder sperrebommer og nødstrømsstrømmel. Ved introduksjon av større ferje vil det også mest sannsynlig bli behov for større landstrømskontakter. Belysningen på tilleggskaia kan gjenbrukes, men ofte er det vanskelig å få tak i tilsvarende master. Se for øvrig håndbok V432 Ferjekai - Elektrohydrauliske styresystemer for detaljer og valg.

### 8.3.5 Erosjonsikring

I fasen der ferjekaibrua er heist bort må man benytte sjansen til å utbedre plastringen i ferjekaibåsen og binde dette sammen med eventuell ny plastring dersom det er behov for det. Det kan være aktuelt å stenge sambandet i denne fasen. Det vises til kapittel om erosjonssikring for detaljer. Det kan imidlertid være vanskelig med tilkomst under eksisterende konstruksjoner.

### 8.3.6 Fundamentering

Uansett valg av ombyggingsmetode, se pkt. 9.3.2, må alle nye fundamenter utføres i henhold til håndbok N400. Ved valg av metode 2 i punkt 9.3.2 man vurdere tilstanden på eksisterende peler. Disse kan eventuelt forsterkes med stålkjerner hvis forholdene tillater det. I praksis må man sannsynligvis etablere nye peler igjennom eksisterende tilleggs kai før påstøp.

## 8.4 Rehabilitering

Det kan være aktuelt å rehabiliter eller reparere skadet konstruksjon. Man må da vurdere kostnader mot nytteverdien av dette. De vanligste rehabiliteringsmetodene er mekanisk reparasjon, montere katodisk anlegg eller montere offeranoder.

For konstruksjoner i nærheten av sjø vil det ofte være uøkonomisk å utføre mekanisk reparasjon, da konstruksjonene kan være gjennomsyret av klorider. Brukstiden for reparert konstruksjon blir dermed begrenset. Hvis rehabiliteringen skal ha noen effekt bør man vurdere en kombinasjon av mekanisk reparasjon sammen med enten katodisk anlegg eller montering av offeranoder.

## 8.5 Reparasjoner

Ved reparasjoner av skader må man søke å gjenopprette original kapasitet. Hvis reparasjonen gjelder trafikkareal kan det vurderes om konstruksjonen skal bli reparert slik at den tilfredsstillers dagens bruksklasse eller om man skal oppgradere kapasiteten tilsvarende nybygg. Alternativt må den reparerte konstruksjonen beregnes med hensyn til kapasitet og eventuelt nedskiltes.

## 8.6 Gjenbruk

Elementer som har akseptabel tilstand med hensyn på brukstid, funksjon eller bæreevne kan vurderes gjenbrukt på andre prosjekt som trenger en oppgradering eller reparasjon av skadet element. Elementet må mellomlagres. På samme måte kan det vurderes å gjenbruke elementer fra lager eller andre prosjekt ved ombygging eller reparasjon.

## 8.7 Bruk av mobil ferjekai

I noen ombyggingstilfeller kan det av hensyn til risiko forbundet med trafikkavviklingen søkes å flytte vekk trafikken i en periode. På steder uten alternativ ferjekai kan det være aktuelt å benytte seg av Statens vegvesen sin mobile ferjekai. Denne kaia har begrensninger med hensyn til akseptabel ferjestørrelse og terminaltid, men kan fungere i perioder for små samband. Dette må avtales i god tid før bygging og kan bare benyttes dersom man fortsatt har dekning for beredskapen i regionen. Det vil påløpe kostnader for dette, både for montering, leie og demontering igjen. Dette kan imidlertid være med på å redusere risiko ved bygging og dermed også kostnadene totalt sett.

FORRELEØP

## 9 Mobil ferjekai

### 9.1 Generelt

Statens vegvesen har bestemt at det skal eksistere et beredskapslager med vitale deler til bruere og ferjekaier. Deriblant finnes det såkalte mobile ferjekaier som kan monteres opp på kort tid. Bruksområder kan være omkjøringsrute i forbindelse med ras, havari eller omdirigering av trafikk i forbindelse med ombygging av ferjekaier. Dagens system har en begrensning på ferjestørrelse, og det er også avhengig av steds- og havneforholdene. Det sitter spesialkompetanse i Vegdirektoratet som er drillet på håndtering av mobile ferjekaier. Men de er avhengig av tilgang til lokalkjennskap til kaistedet.



Figur 10-1 Mobil ferjekai oppmontert etter ras i Todalen 2013

### 9.2 Oppbygging

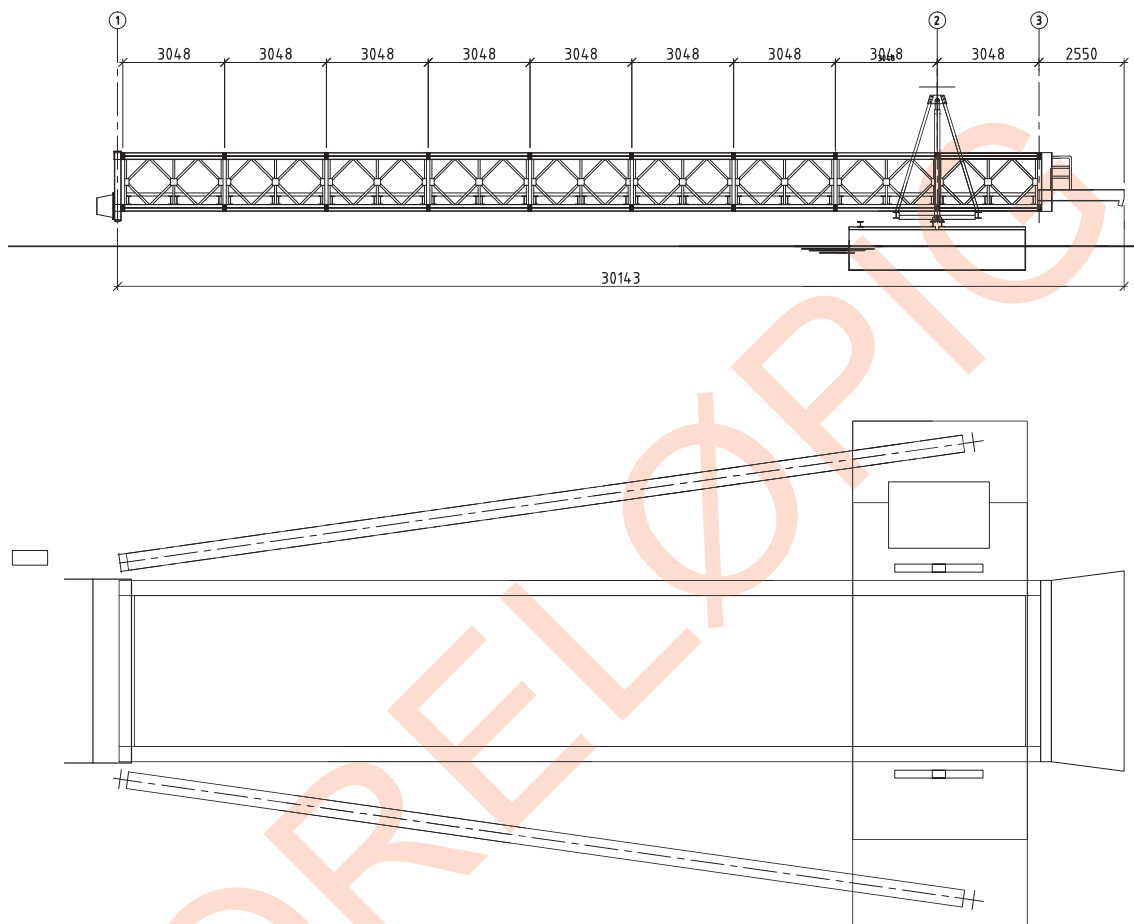
Den mobile ferjekaia består av tre hoveddeler. Flytepongtonger, landkar og bruelement. I tillegg kommer eventuell fundamentering av landkar, fylling og avstiving med rørstag. For at ferjekaia skal fungere over lengre periode må ferjekaia ha sidestøtte slik som en vanlig konvensjonell ferjekai. Det kan etableres ved hjelp av pongtonger med rørstag mot land eller frittstående dykdalber.

### 9.3 Plassering

Det er nødvendig å finne egnet areal for etablering av mobil ferjekai. Man må tenke på både forhold på land og i sjøen. Dette kan bl.a. være tilstrekkelig dybde for ferja, muligheter for sidestøtte, midlertidig eller eksisterende vei på land, havneforhold og plassering utenfor rasfare.

## 9.4 Tekniske mål

De tekniske målene på bruelementet vil variere, avhengig av hvilken beredskapsbru man benytter, men dagens system benytter seg av Baileybruene som er godkjent for BK10. De har eksempelvis følgende mål i full lengde:



**Figur 10-2** Eksempel på oppsett, oppriss og plan

Lengde bru kan kortes inn med ett eller flere fag. Lengde bru tilpasses stedlige forhold som tidevann, kotehøyde landkar osv.

# Vedlegg A

## Fendring av ferjekaibru

For å ta opp forventet støtenergi fra ferje under tillegging, er det nødvendig å benytte fendring for å beskytte ferje og kai mot for store reaksjonskrefter. Det har blitt vanlig å benytte konfendere av typen SCN 500 E1.0 fra Trelleborg, eller likeverdig, mellom ferjekaibru og landkar for tidligere utførte ferjekaier.

Den nye typen ferjekaibruer (SFB 2012) er utformet slik at det kan benyttes en konfender bak hver hovedbjelke. Det vil her bli sett på optimalisert utforming av fendring med konfendere i forhold til revidert forslag til lastforskrifter 2012/2013 (tabell 3.1).

### 1. Konfender SCN 500 E1.0 uten noen utblokking

SCN 500 E1.0: Energiopptak  $E = 40.5$  kNm, Reaksjonskraft  $R = 182$  kN (tillatt maksimalverdi)

Brubredde 6 m: 3 konfendere  $\Rightarrow E = 121$  kNm (krav  $> 100$  kNm, OK),  $R = 546$  kN (krav  $< 600$  kN, OK)

Brubredde 9 m: 4 konfendere  $\Rightarrow E = 162$  kNm (krav  $> 150$  kNm, OK),  $R = 728$  kN (krav  $< 800$  kN, OK)

Brubredde 12 m: 5 konfendere  $\Rightarrow E = 202$  kNm (krav  $> 200$  kNm, OK),  $R = 910$  kN (krav  $< 1000$  kN, OK)

Konklusjon: SCN 500 E1.0 oppfyller krav i lastforskriftene. Når alle konfenderne mobiliseres likt, kan det likevel kjønes som et lite fjærende tillegg, spesielt for ferjer som er vesentlig mindre enn det fendringen er dimensjonert for. For å oppnå et mykere tillegg, kan det i første omgang vurderes en utblokking på 100 mm av 1–2 av fenderne, eller å bytte ut 1–2 av SCN 500 E1.0 med SCN 600 E1.0.

### 2. Konfender SCN 500 E1.0 med 100 mm utblokking av 1–2 fendere

Utblokket SCN 500 E1.0 Energiopptak  $E = 40.5$  kNm, Reaksjonskraft  $R = 178$  kN (tillatt maks.)

Ikke utblokket SCN 500 E1.0: Energiopptak  $E = 34.0$  kNm, Reaksjonskraft  $R = 178$  kN (tillatt maks.)

Det antas 1 utblokket konfender med brubredde 6 m, og 2 utblokkete konfendere for 9/12 m bredde.

Brubredde 6 m: 3 konfendere  $\Rightarrow E = 115$  kNm (krav  $> 100$  kNm, OK),  $R = 534$  kN (krav  $< 600$  kN, OK)

Brubredde 9 m: 4 konfendere  $\Rightarrow E = 149$  kNm (krav  $> 150$  kNm, NB),  $R = 712$  kN (krav  $< 800$  kN, OK)

Konklusjon: Utblokking fører til at den viste fendringen får litt for lite energiopptak for 9 og 12 m brubredder.

### 3. Kombinasjon av SCN 500 E1.0 og SCN 600 E1.0

SCN 500 E1.0: Energiopptak  $E = 40.5$  kNm, Reaksjonskraft  $R = 182$  kN

SCN 600 E1.0: Energiopptak  $E = 70.0$  kNm, Reaksjonskraft  $R = 250$  kN

Det antas 1 SCN 600 + 2 SCN 500 med brubredde 6 m, og 2 SCN 600 + 2 SCN 500 for 9/12 m bredde.

Brubredde 6 m: 1x600+2x500  $\Rightarrow E = 121$  kNm (krav  $> 100$  kNm, OK),  $R = 546$  kN (krav  $< 600$  kN, OK)


Brubredde 9 m: 2x600+2x500  $\Rightarrow E = 162$  kNm (krav  $> 150$  kNm, OK),  $R = 728$  kN (krav  $< 800$  kN, OK)

Brubredde 12 m: 2x600+3x500  $\Rightarrow E = 202$  kNm (krav  $> 200$  kNm, OK),  $R = 910$  kN (krav  $< 1000$  kN, OK)

Konklusjon: SCN 500 E1.0 oppfyller krav i lastforskriftene. Når alle konfenderne mobiliseres likt, kan det likevel kjønes som et lite fjærende tillegg, spesielt for ferjer som er vesentlig mindre enn det fendringen er dimensjonert for. For å oppnå et mykere tillegg, kan det i første omgang vurderes en utblokking på 100 mm av 1–2 av fenderne, eller å bytte ut 1–2 av SCN 500 E1.0 med SCN 600 E1.0.



# Vedlegg B

 <b>SINTEF</b>  <b>SINTEF Byggforsk</b> Kyst- og havneteknikk  Postadresse: 7465 Trondheim Besøk: Klæbuveien 153 Telefon: 73 59 30 00 Telefaks: 73 59 23 76  Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA		<b>NOTAT</b>			
		GJELDER <b>Erosjonssikring av Halsa Ferjekai</b>		BEHANDLING	UTTALELSE
GÅR TIL <b>Stein Fergestad, Aas-Jakobsen AS</b>					
ARKIVKODE	GRADERING				
ELEKTRONISK ARKIVKODE Document2					
PROSJEKTNR.	DATO 2009-05-14	SAKSBEARBEIDER/FORFATTER Arne E. Lothe		ANTALL SIDER 6	

## 1 Bakgrunn

Aas-Jakobsen AS (AJ) har fått i oppdrag fra Statens Vegvesen, Region Midt, å prosjektere et nytt ferjekai ved Halsa i Møre og Romsdal. Prosjekteringen skal skje etter mønster av tidligere prosjektering av Ørneset Ferjekai.

Det er nødvendig å sikre ferjekaia mot erosjon av steinskråningen under ferjelemmen, erosjon av bunnen under ferja og erosjon av fundamentene for pelene som kaia står på.

En viktig faktor i dimensjoneringen av erosjonssikringen er at dagens og framtidens ferjer er større og har kraftigere maskineri enn tidligere. I tillegg er nye ferjer ofte utrustet med dysepropellere (thrusterer) som gir en mer konsentrert stråle enn vanlige, frie propellere, og thrusterer vil oftest ha en lavere (dypere) plassering enn tradisjonelle aksel-propellere.

I dette notatet behandles sikringen av Halsa Ferjekai spesielt. Det kan være aktuelt å utvide prosjektet til en generell prosedyre, og i så fall vil det bli utarbeidet mer fyldig dokumentasjon. På grunn av tidspress vil kun resultater bli presentert i dette notat.

## 2 Metode

Proseduren består i å første bestemme ett eller flere dimensjonerende fartøy. Så beregnes størrelsen på den propellerstrøm som skipet vil genererer ved tillegging/avgang, og deretter gjøres en beregning av utstrekningen av hastighetsfeltet i 3 dimensjoner. Til slutt beregnes nødvendig størrelse av erosjonsbeskyttelsen, som forutsettes å bestå av grov sprengstein.

Under dimensjoneringen av steinstørrelsen må det tas hensyn noen lokale forhold, som at propellerstrålen stort sett vil være rettet inn mot land, og muligheten for en lokal tidevanns-strøm i tillegg til den propeller-induserte strømmen.

Formel-grunnlaget for beregningene er empirisk, dvs at det er basert på observasjoner i felt, målinger og laboratorieforsøk.

Hovedsakelig er arbeidet basert på teorier som er referert i bl a ref 1,2 og 5, med modifikasjoner basert på teorier presentert i ref 3 og 4.

I hovedtrekk går teorien ut på at en propeller genererer en strøm i området bak propelleren. I det nærmeste området bak propelleren, dvs 2 – 3 diameter bak propelleren, dannes strømmen inne i en rørformet, tenkt sylinder, der strømmen er tilnærmet konstant i hele tverr- og lengdesnittet. dette kalles initial-fasen, og hastigheten her kalles initialhastigheten. I en avstand på 2- 3 diameter bak propelleren begynner strålen å ekspandere. Strålen ekspanderer som en konus inntil den treffer overflaten eller bunnen. Samtidig som strålen ekspanderer radielt utover fra en akse som er forlengelsen av propeller-aksen, avtar hastigheten med avstanden bakover fra skipet.

I mangel av detaljert kunnskap om den hastighet som oppstår bak et fartøy, kan initialhastigheten estimeres v hj a

$$U_0 = 1.48 \left( \frac{P_D}{\rho_w D_p^2} \right),$$

der symbolene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Symboler og parametere

$U_0$	m/s	initialhastighet satt opp av propelleren i en avstand av 2 – 3 diameter fra propellerens sentrum
$P_D$	kW	installert effekt i skipet
$\rho_w$	kg/m <sup>3</sup>	tetthet av vann
$\rho_s$	kg/m <sup>3</sup>	tetthet av stein
$D_p$	m	propeller diameter
A		Empiriske koeffisienter
a'		
N		
B		
$D_0$		effektiv propeller diameter
x		akseretning horisontalt gjennom propellerens rotasjonsakse og med origo i propellerens sentrum
y		akseretning horisontalt vinkelrett på propellerens rotasjonsakse og med origo i propellerens sentrum
z		vertikal koordinat med origo som over, positiv oppover
r		radiell koordinat gitt som avstand fra x-aksen

Hastigheten i forlengelsen av propelleraksen er gitt ved:

$$U_{\max} = AU_0 \left( \frac{D_0}{x} \right)^{a'}$$

og utbredelsen i tverr-retningen er gitt ved:

$$U_r = U_{\max} e^{Nr^2/x^2}$$

Kritisk steinstørrelse (dvs minste steinstørrelse som er stabil) er gitt ved:

$$d_{crit} = \frac{U_{bunn}}{B^2 g \frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w}}$$

Det er to områder som skal vurderes spesielt:

- skråningen under ferjelemmen som skal plastres med grov stein
- det tilnærmet horisontale partiet som starter der skråningen under ferjelemmen slutter, og strekker seg langs ferjepiren langs lengden av denne.

Vi legger fire forutsetninger til grunn for operasjon/drift av ferjekaia:

1. Ferja kan gå fra kai eller legge til kai med tilnærmet full kraft på maskinen. Det betyr at den konus av strøm som oppstår vil sveipe over hele det horisontale partiet under ferja.
2. I avgangs- og tilleggingsøyeblikket vil den direkte, udempede strålen fra initialhastigheten treffe direkte på den skrånende plastringsflaten under ferjelemmen
3. Det kan forekomme avvik fra den ideelle kurslinje for ferja, enten ved at ferja avviker fra sin planlagte kurs eller ved at propellerstrålen styres noe til siden for skipets lengdeakse.
4. Når strålen treffer land eller en fast hindring, vil returstrømmen har samme størrelse som inngangsstrømmen.

Fartøy typer er valgt ut fra data mottatt fra Statens Vegvesen via AJ. SV har samlet data fra tre ferjer som er i drift i dag, og disse er gitt i Tabell 2. Tabell 2 inneholder også data for en tenkt, fremtidig ferje, MF "Futura", som er noe større og kraftigere enn de som opererer i dag.

Tabell 2 Data for ferjer som er undersøkt. Data som er antatt for denne studien er markert med *fet kursiv*.

Data	Tresfjord	Moldefjord	Sogn	"Futura"
PBE	110	120	107	<b>140</b>
Lengde	97m	123m	80.4	
Bredde	15,5m	16,7m	14.3	<b>18</b>
Dyptgående	4,25m	3,5m	4,2m	<b>4.5</b>
Antall propeller	2 single (vridbar)	2	2	<b>2</b>
Type propell	truster (2000kW)	Truster	vridbar propell (Hjelset)	<b>Thruster</b>
Maskinkraft	2330kW	3000	2640kW	<b>4000</b>
Propellerdiameter	<b>2</b>	ca. 2m	<b>2</b>	<b>2</b>
Dybde propell	4,25m	ca. 5,2m	<b>4</b>	<b>5.2</b>
Avstand til bunn		ca. 0,6m		

Ved beregningen er det lagt inn en sikkerhetskoeffisient ved at hastigheten er antatt å være 40 % høyere enn den beregnede. I tillegg er det antatt en grunnstrøm (tidevannstrøm) i området på 0.5 m/s (1 knop).

### 3 Resultat og dimensjonering

#### 3.1 Sikring mot propellererosjon

Vi regner først ut den nødvendige steinstørrelse som må legges på det flate partiet under ferja, og som skal dimensjoneres for krafta som oppstår når ferja glir til eller fra kai med bruk av motorkraft til hhv oppbremsing eller akselerasjon.

Tabell 3 Tabell over minste stabile steinstørrelse på flat bunn under ferja ved vanndybde 7.0 m.

Avstand fra senterlinje av skip (propellerakse) m	Minste stabile steinstørrelse $d_{crit}$ m			
	Tresfjord	Moldefjord	Sogn	Futura
20	0.01	0.01	0.00	0.00
18	0.01	0.01	0.01	0.00
16	0.01	0.01	0.01	0.01
14	0.02	0.02	0.01	0.01
12	0.02	0.03	0.02	0.02
10	0.02	0.03	0.02	0.02
8	0.03	0.04	0.02	0.03
6	0.03	0.04	0.03	0.04
4	0.04	0.05	0.03	0.05
2	0.05	0.07	0.04	0.07
0	0.05	0.09	0.04	0.09

Den skrånende flaten som ligger under ferjelemmen er utsatt for vesentlig sterkere erosjonskrefter enn den horisontale bunnen. Det skyldes at flaten kommer nærmere den udempede strålen fra propelleren, og at motstandsevnen i utgangspunktet er redusert fordi steinen ligger på en skrå flate. Teoretisk skal det være en forskjell på belastning i propellerhøyde og ved hhv overflate og bunnen, men den forskjellen vil bare eksistere i en fri strøm uten hindringer. I vårt tilfelle skaper skråningen en refleksjon, som vil føre til at sekundærstrømmene kan bli av samme størrelsesorden som initialstrømmen.

Tabell 4 Minste stabile steinstørrelser etter beregning av propellerstrøm i plastret skråning under ferjelemmen.

	Tresfjord	Moldefjord	Sogn	Futura
Minste stabile diameter m	0.30	0.41	0.26	0.48
Masse av minste stabile steinstørrelse kg	73	175	45	300

#### 3.2 Sikring mot bølger

Det er ikke foretatt en detaljert vind- og bølgeanalyse for stedet. Vi velger derfor å legge til grunn en vindhastighet på 25 m/s i sørlig og vestlig sektor, og 27 m/s i nordlig sektor. Den største bølgehøyden som da kommer inn mot Halså er en signifikant bølgehøyde på 1.2 – 1.3 m fra sørvestlig sektor, med spektral toppperiode på rundt 3.5 s.

Bølgebelastningen alene tilsier en blokkstørrelse på  $W_{50} = 0.5$  tonn, med  $d_{50} = 0.6$  m. Kombinasjonen av mulige høye bølger og propeller-erosjon tilsier at nødvendig blokkstørrelse i bølgeonen (ca +1.5 til -2.0 m) bør være ca  $W_{50} = 1.0$  tonn.

## 4 Utførelse

### 4.1 Skrånende plastring

Den plastringen av den skrå flaten under ferjelemmen bør bygges opp av grov sprengstein med middelblokkvekt  $W_{50} = 1.0$  tonn. Dette laget føres fra høyeste nivå under ferjelemmen og ned til bunnen. Nødvendig blokkstørrelse for sikring mot propeller-erosjon er  $W_{\min} = 0.175$  tonn for MS Moldefjord og  $W_{\min} = 0.30$  tonn for MS Futura. Hvis en velger MS Futura som dimensjonerende, så er det et godt samsvar mellom en  $W_{\min} = 30$  tonn og  $W_{50} = 1.0$  tonn. Øvrige anbefalte mål er gitt i Tabell 5.

Tabell 5 Mål på skrånende fylling. Antatt egenvekt av plastringmateriale er  $2600 \text{ kg/m}^3$ .

Parameter	Enhet	Størrelse
Blokkvekt i plastringslag $W_{\min}/W_{50}/W_{\max}$	tonn	0.3 / 1.0 / 2.0
Tykkelse av plastringslag	m	1.0 m
Filterlag, steinstørrelse $d_{50}$	m	0.1 – 0.15
Tykkelse av filterlag	m	0.4 m

Plastringlaget føres ut i bredden til en avstand på 15 m fra senter av ferjelem på hver side, eller til avslutning mot fast fjell. Dersom terrenget tilsier at plastringlaget må være bredere, kan blokkstørrelsen reduseres med 50 % for nivået under -3.0 m.

### 4.2 Sikring av horisontal bunn

Den horisontale bunnen sikres med grov sprengstein i de områdene som krever  $d_{\text{crit}} > 0.01$  m. Det må tas hensyn til at skipet kan være ute av posisjon med 0.5 skipsbredde = 8.0 m.

Denne typen erosjonssikring kan utelates dersom det påvises at bunnen består av fjell, grov stein eller annet motstandsdyktig materiale. Erosjonssikring er heller ikke påkrevet på vandyp over 12 m.

For MS Futura kan *eksempelvis* den horisontale plastringen utføres som vist i Tabell 6.

Tabell 6 Eksempel på utførelse av horisontal erosjonssikring på horisontal del av ferjekai. Vandyp antatt 7.0 m.

Avstand fra senterlinje skip og ferjelem	variasjonsområde for $d_{\text{crit}}$ cm	$d_{\min}$ cm	$d_{50}$ cm	Tykkelse cm
0 - 14	4 - 9	10	20 - 25	40 - 50
14 - 20	2 - 3	3	5	30

Filter er normalt ikke påkrevet for denne delen av erosjonssikringen, forutsatt at underlaget består av masser som ikke er finere enn  $d_{50} = 10 - 20$  mm. Dersom underlaget består av materiale som er finere (sand, silt eller leire), anbefaler vi en geotekstil eller filterduk.

Utformingen av den horisontale sikringen kan variere etter tilgangen på lokalt materiale og størrelsen på dette. Tabell 3 gir et grunnlag for å dimensjonere den horisontale erosjonssikringen, der en må passe på å ikke underskride den angitte kritiske steinstørrelsen, og samtidig legge inn en sikkerhetsmargin på 8.0 m i tverr-retningen.

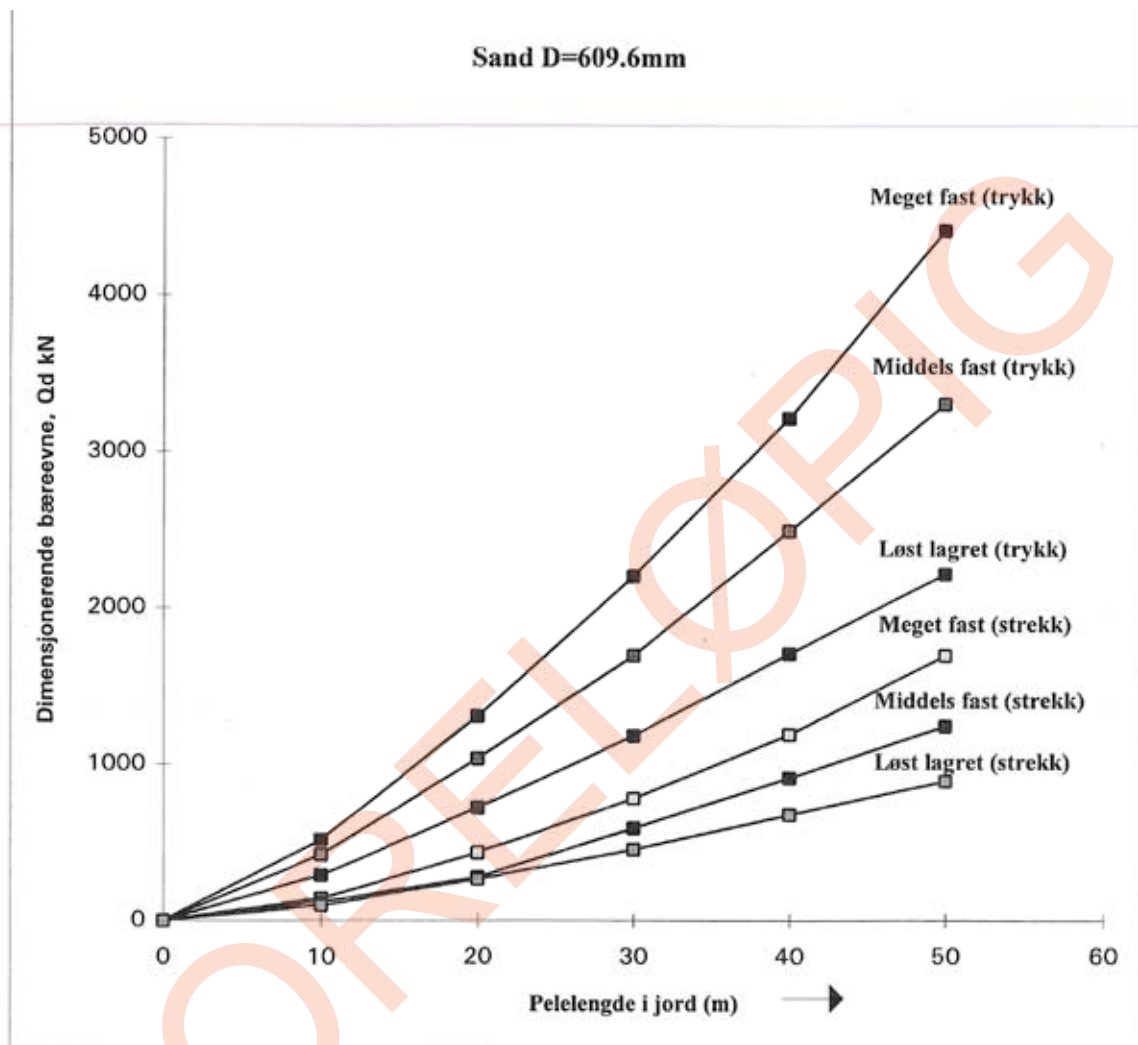
### 4.3 Andre forhold

Det er gjort en enkel bølgeanalyse for Halså. Dimensjonerende bølger og dimensjonerende vannstand sammen med en antatt utvikling i havnivået vil til sammen gi et anbefalt nivå for toppen av kaia. Denne typen analyse anbefales, men er ikke utført her.

### Referanser

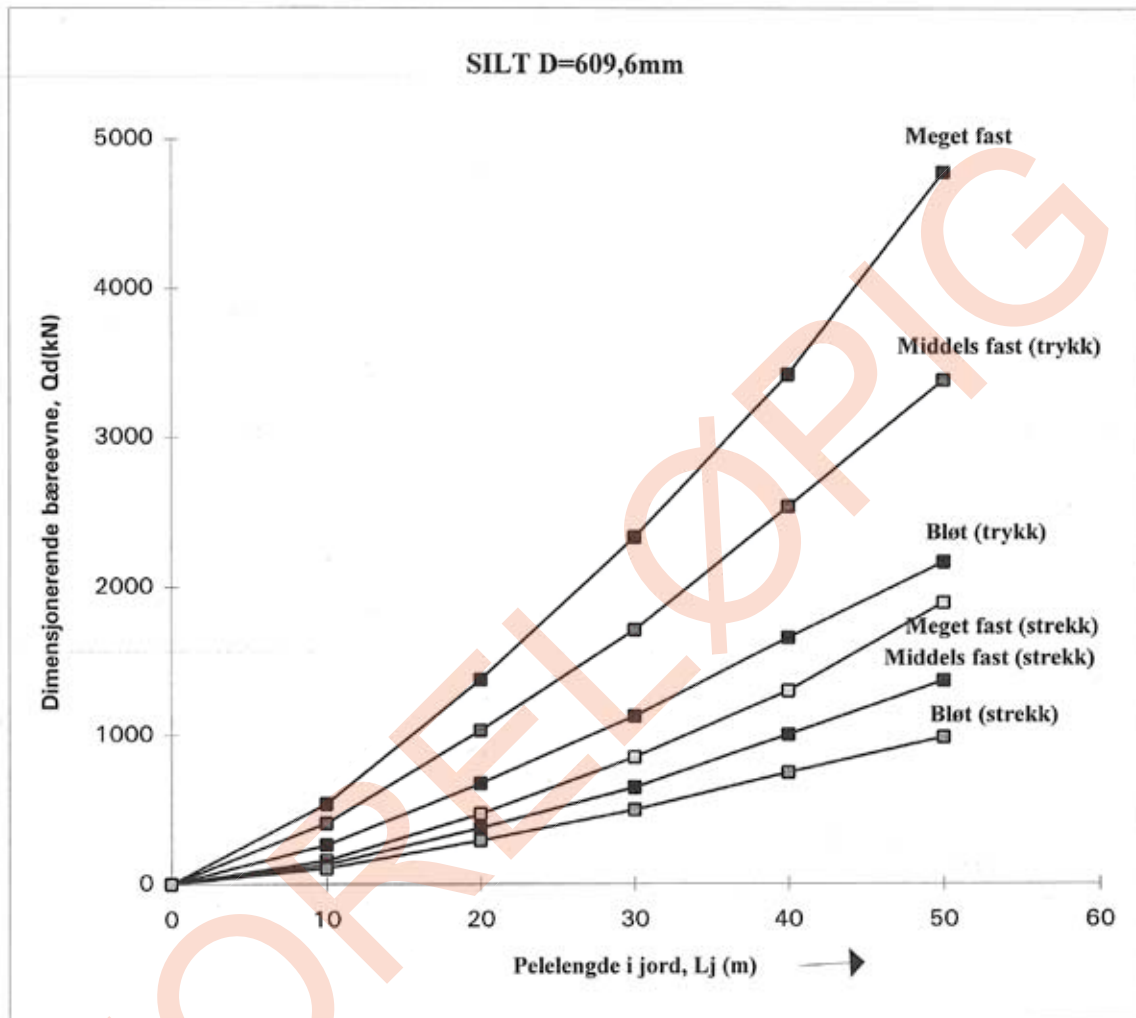
1. CUR: Manual on the Use of Rock in Hydraulic Engineering, 1995
2. C A Thoresen: Port Designer's Handbook, 2003
3. A E Lothe al: Kystverket Moloer, Molohåndbok for Kystverket, SINTEF rapport no STF22 F00203, mars 2000
4. R Soulsby. Dynamics of Marine Sands, 1997
5. L A Schokking: Bow-Thruster-induced Damage, TU Delft, 2002

## Vedlegg C



Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Sand	Meget fast	9	10	0.75
	Middels fast	8	5	0.70
	Løst lagret	7	0	0.60

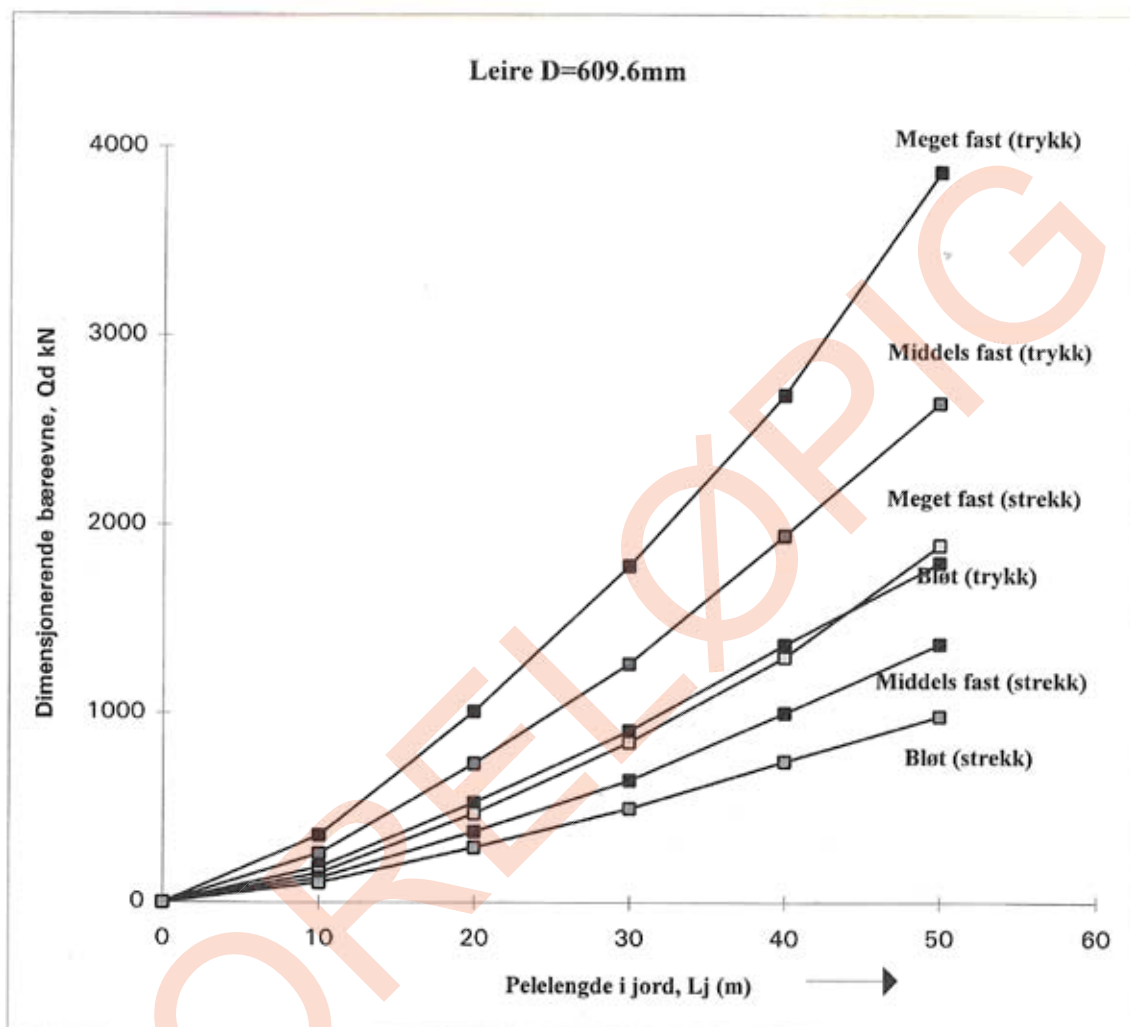
Fig. V4: D=609,6mm betongfylt stålrørspel i sand. Dimensjonerende bæreevne.



Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Silt	Meget fast	10	10	0.65
	Middels fast	9	5	0.60
	Bløt	8	0	0.55

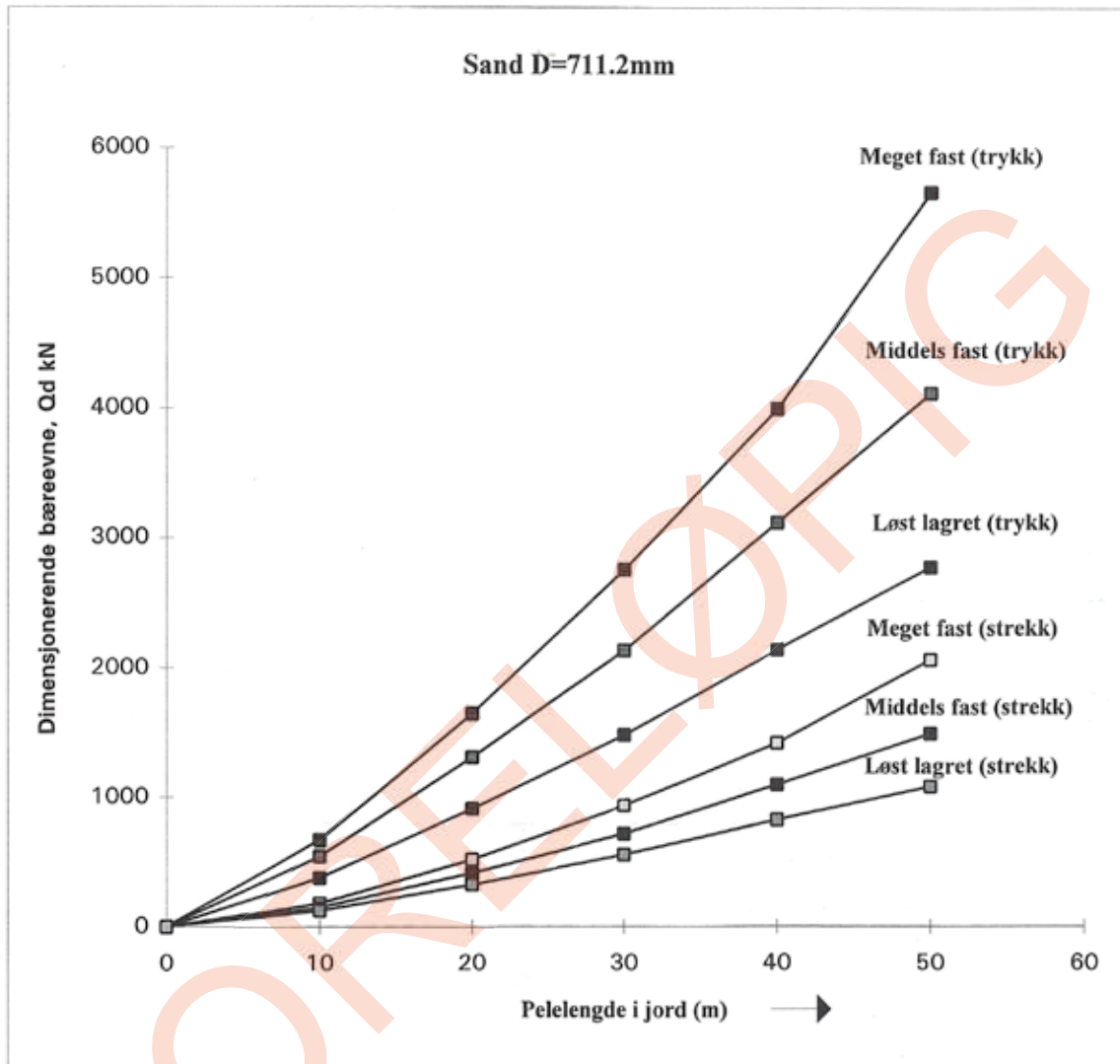
Fig. V5: *D=609.6mm betongfylt stålrørspel i silt. Dimensjonerende bæreevne.*





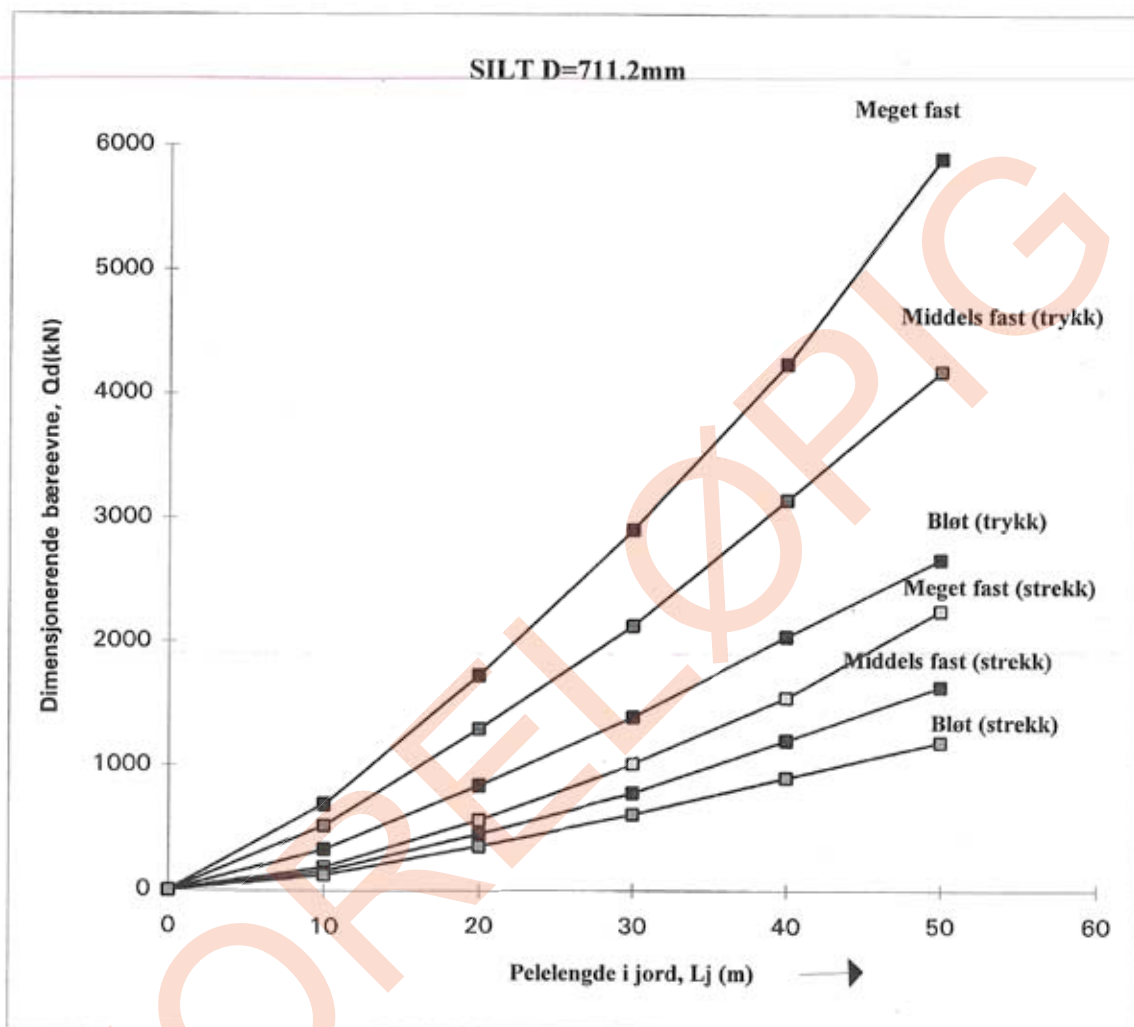
Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Leire	Meget fast	10	10	0.50
	Middels fast	9	5	0.45
	Bløt	8	0	0.40

Fig. V6: D=609.6mm betongfylt stålrørspel i leire. Dimensjonerende bæreevne.



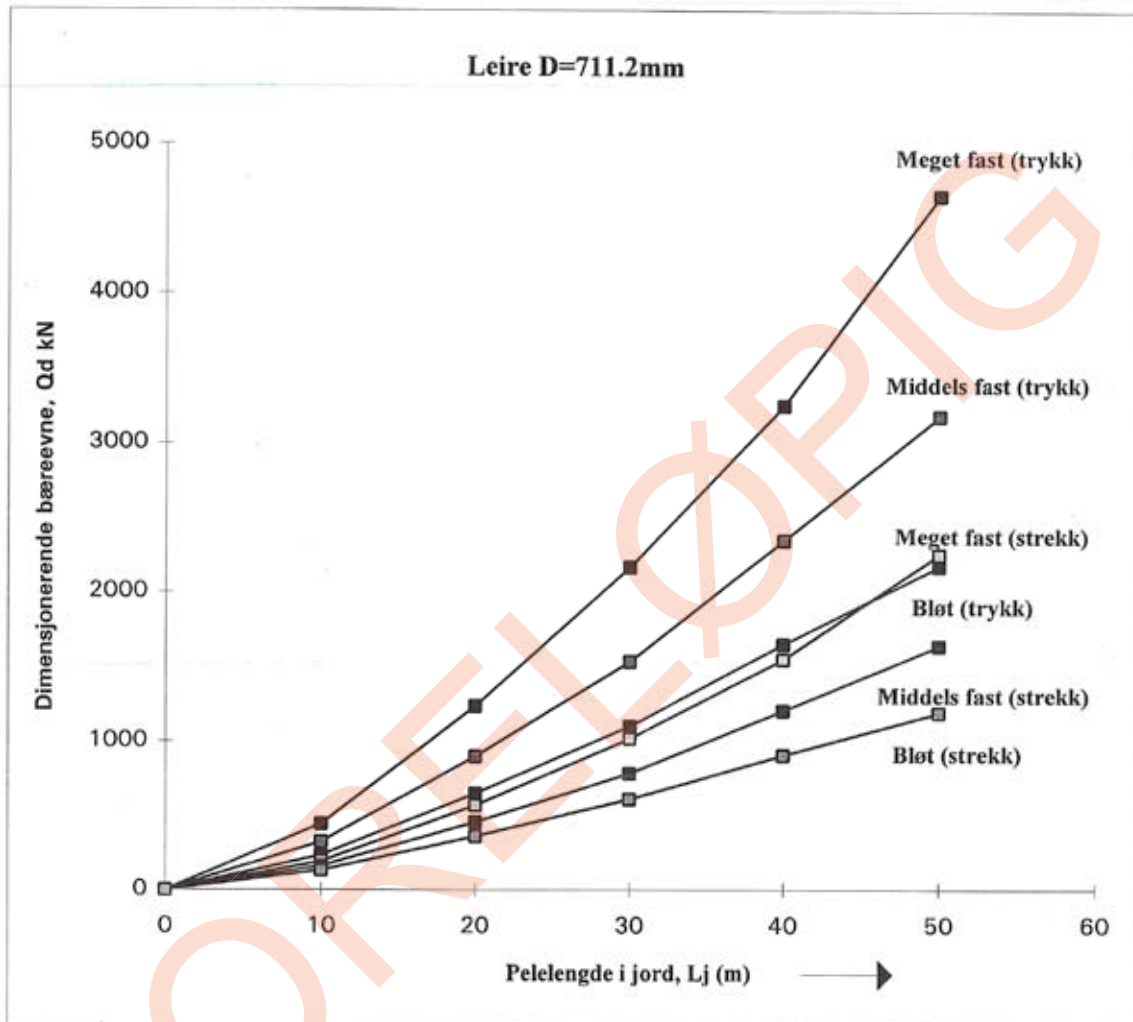
Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Sand	Meget fast	9	10	0.75
	Middels fast	8	5	0.70
	Løst lagret	7	0	0.60

Fig. V7: *D=711.2mm betongfylt stålrørspel i sand. Dimensjonerende bæreevne.*



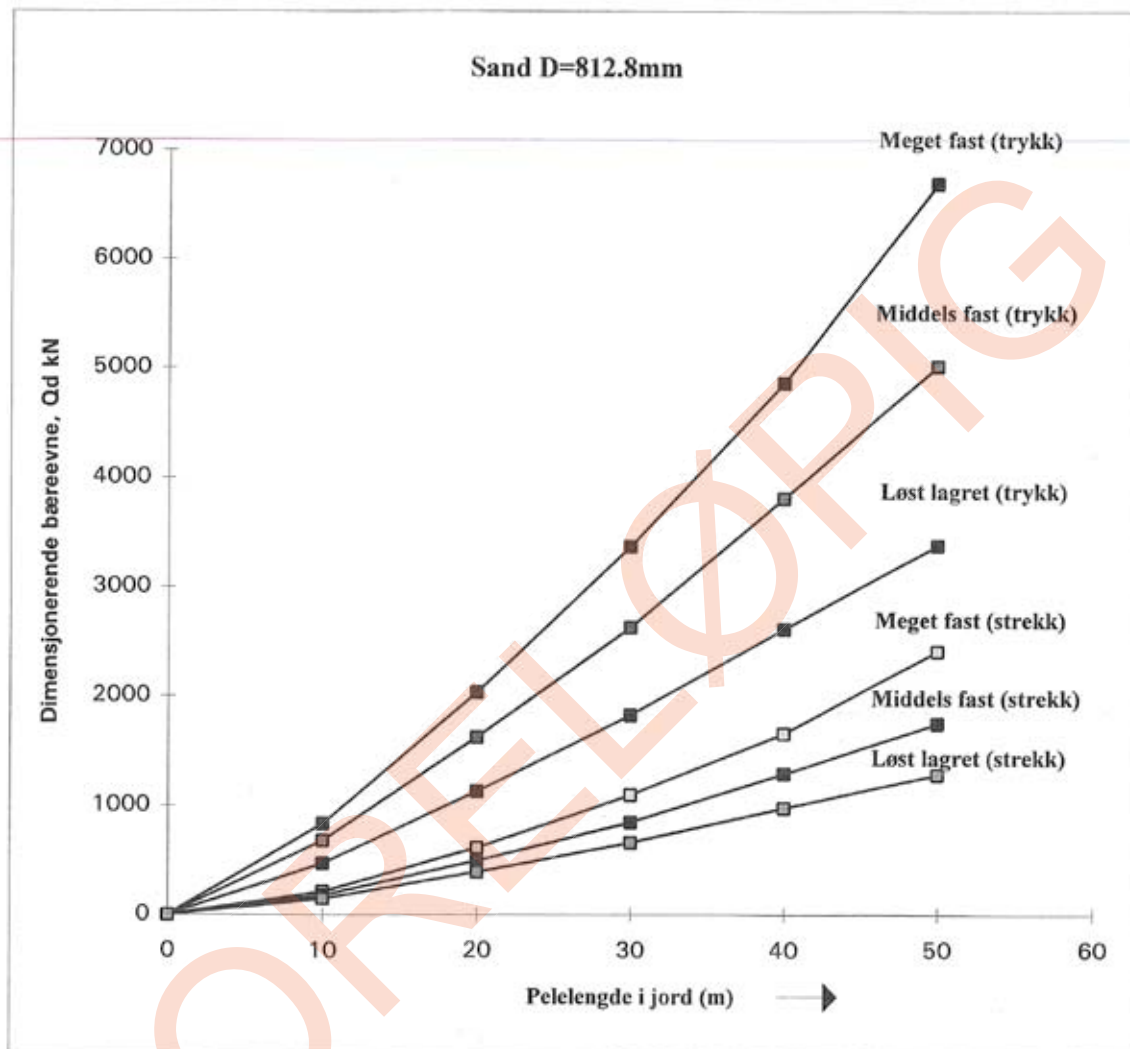
Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Silt	Meget fast	10	10	0.65
	Middels fast	9	5	0.60
	Bløt	8	0	0.55

Fig. V8: D=711.2mm betongfylt stålrørspel i silt. Dimensjonerende bæreevne.



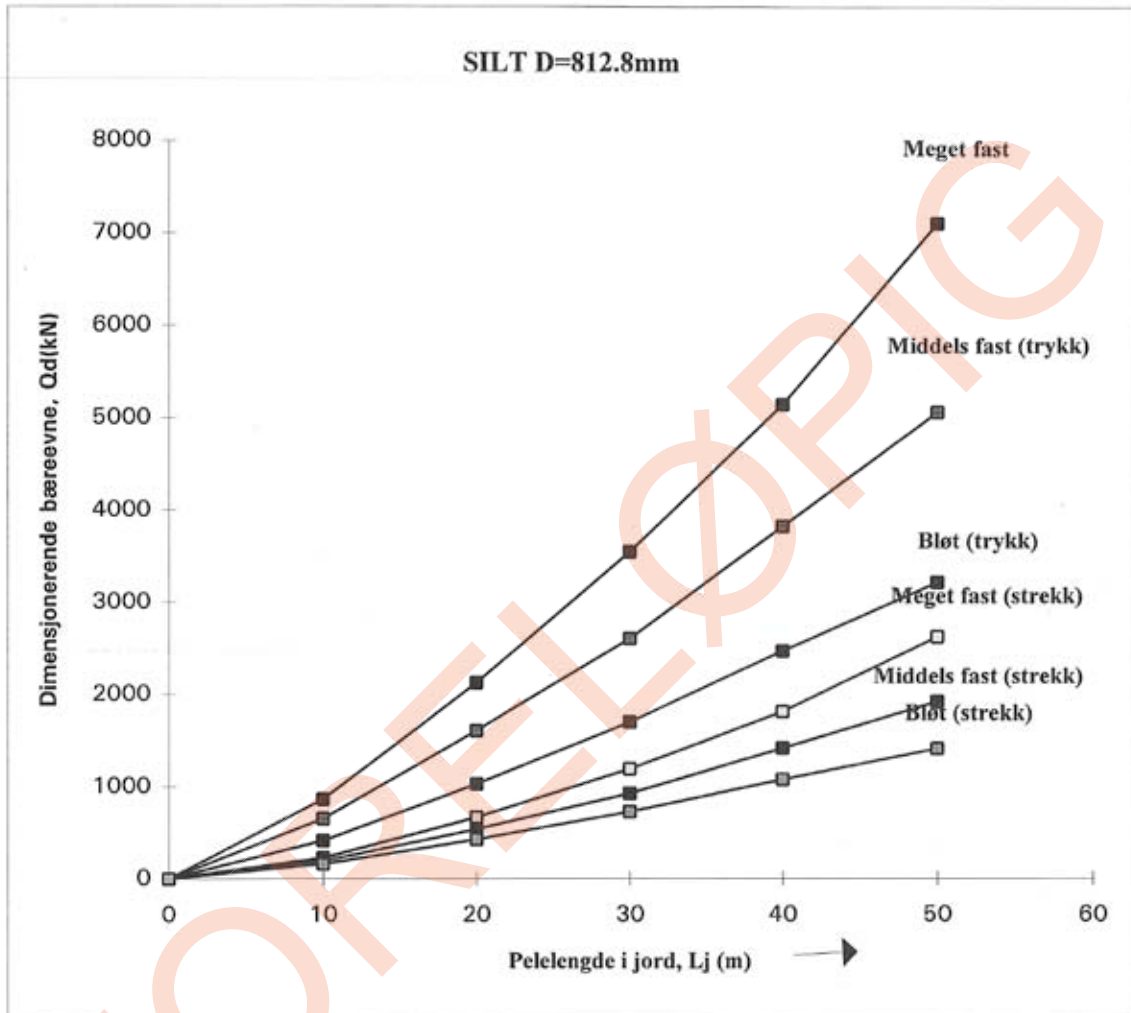
Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Leire	Meget fast	10	10	0.50
	Middels fast	9	5	0.45
	Bløt	8	0	0.40

Fig. V9: D=711.2mm betongfylt stålrørspel i leire.  
Dimensjonerende bæreevne.



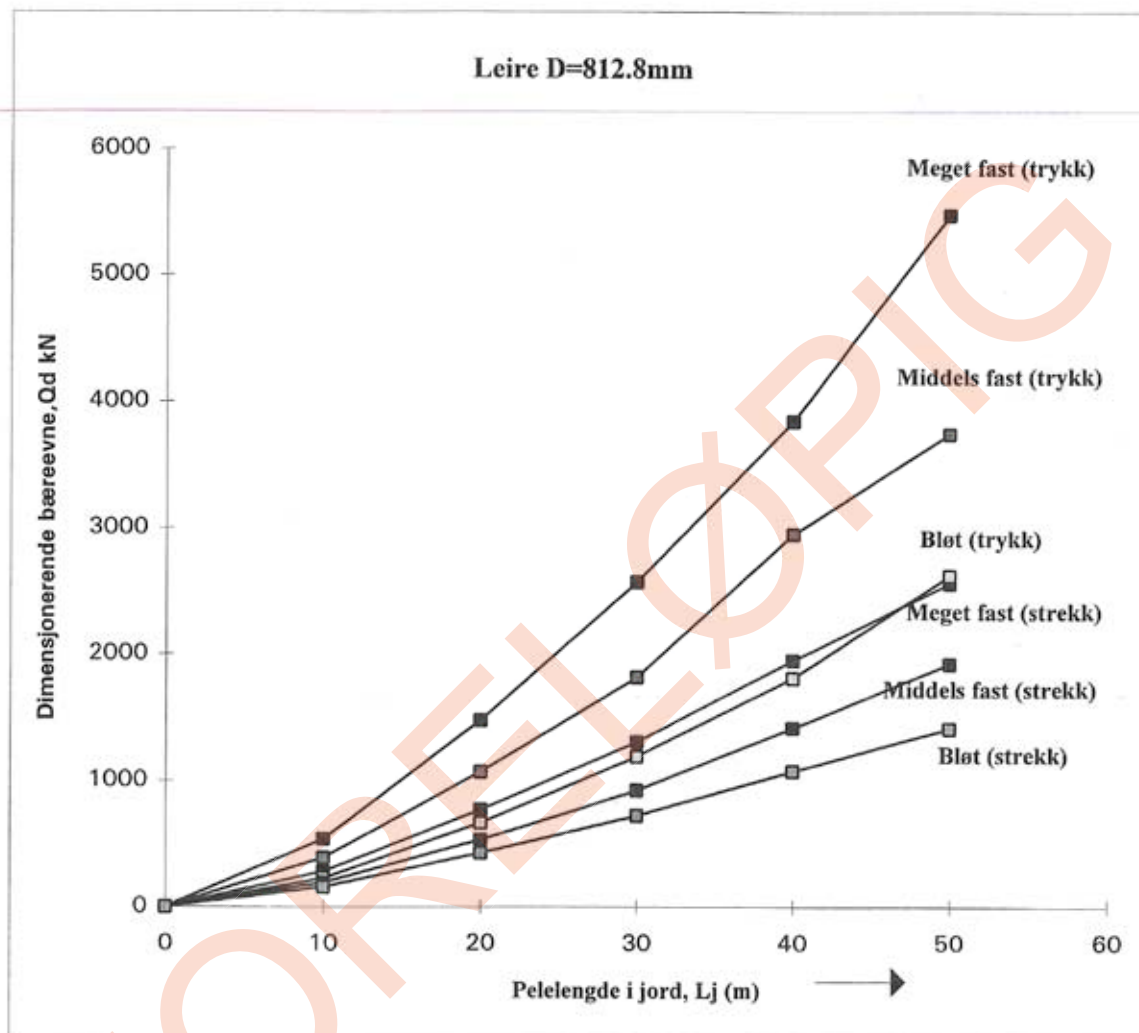
Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan $\phi$
Sand	Meget fast	9	10	0.75
	Middels fast	8	5	0.70
	Løst lagret	7	0	0.60

Fig. V10:  $D=812.8\text{mm}$  betongfylt stålrørspel i sand. Dimensjonerende bæreevne.



Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan $\phi$
Silt	Meget fast	10	10	0.65
	Middels fast	9	5	0.60
	Bløt	8	0	0.55

Fig. VII:  $D=812.8\text{mm}$  betongfylt stålrørspel i silt.  
Dimensjonerende bæreevne.



Jordart	Fasthet	Neddykket tyngdetetthet (kN/m <sup>3</sup> )	Jordstyrke	
			a (kN/m <sup>2</sup> )	tan φ
Leire	Meget fast	10	10	0.50
	Middels fast	9	5	0.45
	Bløt	8	0	0.40

Fig. V12: D=812.8mm betongfylt stålrørspel i leire.  
Dimensjonerende bæreevne.

# Vedlegg 3

Håndberegninger



## Statisk beregning av plate

Platen har følgende egenskaper. Vi tar et utsnitt av den delen av platen med største laster, kjørebane B1 (se lastbildet i kap. 2.6.4 Trafikklast)

$$l := 14.105 \text{ m} \quad h := 0.500 \text{ m} \quad b := 1 \text{ m}$$

Betong: B45 Materialfaktor  $\gamma_c := 1.5$

Armering: B500C Materialfaktor  $\gamma_s := 1.15$

Tyngdetetthet betong  $\rho := 25 \frac{kN}{m^3}$

Laster

$g := \rho \cdot h \cdot b = 12.5 \frac{kN}{m}$  Egenlast (ref. Lign 1.5)

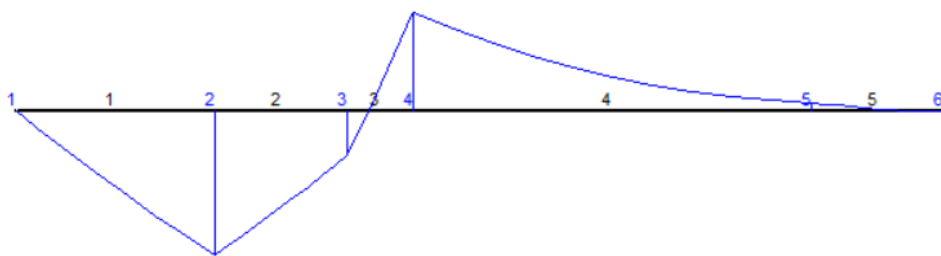
$q := 5.4 \cdot b = 5.4 \frac{kN}{m}$  Nyttelast (ref. Lign 1.6) Se tabell 4 Laster til lastbildet kapitel 2.6.4 Trafikklast

$P := 300 \text{ kN}$  Punktlaster

$Q_{lk} := 382.84 \text{ kN}$  Bremselast (Ref. Lign 1.0)

$Q_{mom} := Q_{lk} \cdot \frac{1}{2} \cdot h = 95.71 \frac{kN}{m}$  Opptredende moment fra bremselast

Setter laster og verdier inn i Frame2Dexpress (full rapport vedlegg....) og får følgende verdier for ytre dimensjonerende moment



maxM= 745.25 kNm strekk  
minM= -517.40 kNm trykk

Velger da  $M_{Ed} := 745.25 \text{ kNm}$   
 $M_{Ed2} := 517.40 \text{ kNm}$

$K := 0.275$  fra tabell 4.3 [8]

$f_{cd} := 25.5$  fra tabell 3.1 [8]

$$d := \sqrt{\frac{M_{Ed} \cdot 10^6}{K \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 10^3}} = 325.998 \text{ mm} \quad (\text{ref. Lign 1.7.1})$$

$$f_{yk} := 500 \quad \frac{N}{mm^2} \quad \text{Karakteristisk fasthet for stål}$$
$$f_{yd} := \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 434.783 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{Rd} := 0.275 \cdot f_{cd} \cdot b \cdot 10^3 \cdot d^2 \cdot 10^{-6} = 745.25 \text{ kNm} \quad (\text{Ref. Lign 1.7})$$

*Kontroll.*

$$M_{Rd} \geq M_{Ed} \quad M_{Rd} > M_{Ed2}$$

### Utrekning av lengdearmring i underkant

$c := 0.17$  for fasthetsklasse B20-B45 fra tabell 4.5 betongkonstruksjoner [8]

$$z := \left(1 - c \cdot \frac{M_{Ed}}{M_{Rd}}\right) \cdot d = 270.578 \text{ mm} \quad (\text{Ref. Lign 1.8})$$

$$A_{s.nød.uk} := \frac{M_{Ed} \cdot 10^6}{f_{yd} \cdot z} = 6335 \text{ mm}^2 \quad (\text{Ref. Lign 1.9})$$

$$A_{\phi 32} := 804 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{s.nød.uk}}{A_{\phi 32}} = 7.879 \quad \text{runder opp} \quad n := 8 \quad \text{stenger pr.meter} \quad (\text{Ref. Lign 2.0})$$

$$s \frac{1000}{n} = 125 \text{ mm} \quad \text{avstand mellom stengene} \quad (\text{Ref. Lign 2.1})$$

$$A_{s.underkant} := 8 \cdot \pi \cdot 16^2 = 6434 \text{ mm}^2 > A_{s.nød.uk} = 6334.862 \text{ mm}^2$$

**Velger  $\phi 32S125mm$  som lengdearmring i underkant**

## Fordelingsarmering

$$A_{sfa} := A_{s.underkant} \cdot 0.20 = 1286.8 \quad mm^2 \quad \phi 20 := 314 \quad \frac{A_{sfa}}{\phi 20} = 4.098$$

$$\frac{1000}{5} = 200$$

## Utrekning av lengdearmering i overkant

$$z := \left( 1 - c \cdot \frac{M_{Ed2}}{M_{Rd}} \right) \cdot d = 287.522 \quad mm \quad (\text{Ref. Lign 1.8})$$

$$A_{s.nød.ok} := \frac{M_{Ed2} \cdot 10^6}{f_{yd} \cdot z} = 4138.9 \quad mm^2 \quad (\text{Ref. Lign 1.9})$$

$$\frac{A_{s.nød.ok}}{A_{\phi 32}} = 5.148 \quad \text{runder opp} \quad n := 6 \quad \text{stenger pr.meter} \quad (\text{Ref. Lign 2.0})$$

$$s \cdot \frac{1000}{n} = 167 \quad mm \quad \text{avstand mellom stengene} \quad (\text{Ref. Lign 2.1})$$

## Velger $\phi 32 S160mm$ som lengdearmering i overkant

## Kontroll av minimumsarmering og senteravstand

$$f_{ck} := 45 \quad \text{Fra tabell 3.1 betongkonstruksjoner [8]}$$

$$f_{ctm} := 0.3 \cdot (f_{ck})^{\frac{2}{3}} = 3.795 \quad (\text{Ref. Lign 2.2})$$

$$f_{yk} = 500$$

$$A_{s.min} := 0.26 \cdot b \cdot 10^3 \cdot d \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} = 643.4 \quad mm^2 \quad (\text{Ref. Lign 2.3})$$

$$A_{s.min} \geq 0.0013 \cdot b \cdot 10^3 \cdot d = 423.797 \quad mm^2 \quad (\text{Ref. Lign 2.4})$$

## Valgt armering større enn minimumsarmering. OK!

Maksimal senteravstand etter [7] NA.9.3.1.1(3)

$$S_{max.slabs} := \min(3 h, 400 \text{ mm}) \quad 3 h = 1.5 \quad m \quad \text{da blir} \quad S_{max.slabs} := 400 \quad mm \quad (\text{Ref. Lign 2.5})$$

## Avstanden mellom stengene er mindre enn maksimal senteravstand OK!

Fri avstand mellom armeringstenger av hensyn til utstøping EC2, NA.8.2(2) [7]

$$\phi := 32 \qquad d_g := 20$$

$$s \geq \max(2 \phi; d_g + 5; 20) \quad 2 \cdot \phi = 64 \text{ mm} ; \quad d_g + 5 = 25 \quad ; \quad 20 \text{ mm}$$

(Ref. Lign 2.6)

der  $d_g$  er maksimal tilslagsstørrelse [9]

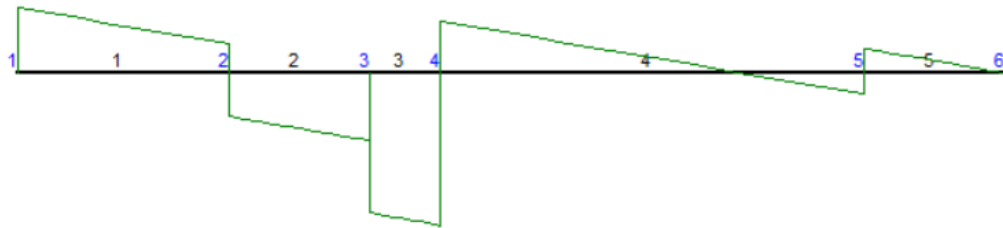
$$s \quad 125 > 64 \text{ mm}$$

**Velger 8  $\phi 32 S 125 \text{ mm}$  i underkant**

**Velger 6  $\phi 32 S 160 \text{ mm}$  i overkant**

### Skjærarmering

Fra beregning i Frame2Dexpress (full rapport vedlegg....) får vi følgende verdier for skjærkrefter



$$\begin{aligned} \max V &= 755.53 \text{ kN} \\ \min V &= -283.07 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Ed} := 755.53 \text{ kN}$$

$$A_s := 6434 \text{ mm}^2 \quad (\text{Se tidligere beregninger}) \quad f_{ck} := 45 \quad f_{yk} := 500$$

$$b_w := 1000 \text{ mm} \quad \text{Minste tverrsnittbredde i strekksonen}$$

$$L := 14.105 \text{ m} \quad h := 500 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm}$$

$$k_2 := 0.18 \quad \text{Ref [8]}$$

$$d := 325.998 \text{ mm} \quad (\text{Se tidligere beregninger}) \quad \gamma_c := 1.5 \text{ Materialfaktor betong}$$

$$C_{Rd} := \frac{k_2}{\gamma_c} = 0.12 \quad (\text{Ref. Lign 3.9}) \quad k := 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1.783 \quad (\text{Ref. Lign 4.0})$$

$$\rho L := \frac{A_s \cdot L}{b_w \cdot d} = 0.278 \quad (\text{Ref. Lign 4.1})$$

$$V_{Rd} := C_{Rd} \cdot k \cdot \left(100 \rho L \cdot f_{ck}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot b_w \cdot d \cdot 10^{-3} = 752.02 \text{ kN} \quad (\text{Ref. Lign 4.2})$$

$$V_{Ed} > V_{Rd} \quad \text{Altså er det behov for skjærarmering} \quad (\text{Ref. Lign 4.3})$$

Bøylearmering må ta heleskjærkraften

$$f_{ywd} := 434 \text{ MPa} \quad \text{Bøylearmering B500C}$$

$$\cot\theta := 2.5 \quad (\text{gir minst skjærarmeringstverrsnitt i følge betongkonstruksjoner s.77 [8]})$$

$$z := 0.9 d = 293.398 \text{ mm} \quad \text{EC2, 6.2.3(1) [7]}$$

$$V_{Rd} := \frac{A_{sw}}{s} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta \geq V_{Ed} \quad \text{Ligning (4.65) betongkonstruksjoner[8]}$$

Nødvendig skjærarmeringstverrsnitt pr lengdeenhet

$$\frac{A_{sw}}{s} \geq \frac{V_{Ed}}{f_{ywd} \cdot z \cdot \cot\theta} = \frac{V_{Ed} \cdot 10^3}{f_{ywd} \cdot z \cdot \cot\theta} = 2.373 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad (\text{Ref. Lign 4.4})$$

Minimum skjærarmeringstverrsnitt:

$$\frac{A_{sw.min}}{s} = \rho_{w.min} = 0.1 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} \cdot b = 1.342 \frac{\text{mm}^2}{\text{mm}} \quad (\text{Ref. Lign 4.5})$$

Minimumskrav til skjærarmering er tilfredstilt

$$\text{Bøyer } \phi 12 \quad A_{s,w} = 226 \text{ mm}^2 \quad \text{senteravstand } s \geq \frac{226}{2.373} = 95.238 \text{ mm}$$

$$C_{nom} := 60$$

$$h' := h - 2 \cdot C_{nom} - 32 = 348$$

$$\text{Krav til maks senteravstand } S_{I,max} = 0.6 \cdot h' = 208.8$$

Skjærtrykkkontroll lign (4.71)

$$v_1 := 0.6$$

fasthetsreduskjonsfaktor for betong i trykkfeltet. (4.68) betongkonstruksjoner [8]for

$$f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := 25.5 \quad \tan\theta := 0.4$$

$$V_{Rd,max} := v_1 \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z \cdot \frac{1}{\cot\theta + \tan\theta} \cdot 10^{-3} = 1547.9 > V_{Ed} = 755.53 \quad (\text{Ref. Lign 4.6})$$

**Ok mht skjærtrykk!**

**Velger bøyler**  $\phi 12S95$

### Forenklet rissviddekontroll

$$l := 14105 \text{ mm} \quad b := 1000 \text{ mm} \quad h := 500 \text{ mm} \quad d := 326 \text{ mm}$$

Fra beregning har vi armeringstverrsnitt  $8x \phi 32$  på 1 meter som gir  $A_s := 6434 \text{ mm}^2$

$$\text{Betong B45 } E_{cm} := 34000 \frac{N}{mm^2} \quad \text{E-modul for betong}$$

$$\text{Stål B500C } E_s := 200000 \frac{N}{mm^2}$$

$$\text{Materialstivhetforhold: } \eta := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.882 \quad (\text{Ref. Lign 2.7})$$

$$\text{Armeringsforhold: } \rho := \frac{A_s}{b \cdot d} = 0.02 \quad (\text{Ref. Lign 2.8})$$

$$\eta\rho := \eta \cdot \rho = 0.116 \quad (\text{Ref. Lign 2.9})$$

Trykksoneandel av effektiv høyde [8]

$$\alpha := \sqrt{\eta\rho^2 + 2 \cdot \eta\rho} - \eta\rho = 0.38 \quad (\text{Ref. Lign 3.0})$$

Bøyestivhet, EI [8]

$$I_{c2} := \frac{b \cdot (\alpha \cdot d)^3}{3} = 6.315 \cdot 10^8 \quad mm^4 \quad (\text{Ref. Lign 3.1})$$

$$I_{s2} := A_s \cdot ((1 - \alpha) \cdot d)^2 = 2.632 \cdot 10^8 \quad mm^4 \quad (\text{Ref. Lign 3.2})$$

$$EI := E_{cm} \cdot I_{c2} + E_s \cdot I_{s2} = 7.411 \cdot 10^{13} \quad \frac{N}{mm^2} \quad (\text{Ref. Lign 3.3})$$

### Rissviddekontroll basert på armeringsspenning.

$$M := 745.25 \quad kNm \quad \alpha = 0.38 \quad EI = 7.411 \cdot 10^{13} \quad Nmm^2 \quad d = 326 \quad mm$$

$$E_s = 200000 \quad \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_s := E_s \cdot \frac{M \cdot 10^6 \cdot (1 - \alpha) \cdot d}{EI} = 406.8 \quad MPa \quad (\text{Ref. Lign 3.4})$$

Tillatte rissvidder  $w_{max} := 0.30 \quad mm$  Fra Betongkonstruksjoner [8]

Tabell 5.3 med armeringsdiameter 32 mm gir :  $\sigma_{s.tillatt} := 160 \quad MPa$  (Ref [8])

Tabell 5.4 med senteravstand 125 mm gir:  $\sigma_{s.tillatt} := 320 \quad MPa$  (Ref [8])

Dvs.  $\sigma_{s.tillatt} := 160 \quad MPa < \sigma_s$  **Rissviddekrav ikke tilfredsstillt.**

Gjør da en risskontroll ved beregning av rissvidde

$$\sigma_s = 406.8 \quad MPa \quad \text{Tillatt rissvidde: } w_{max} = 0.3 \quad mm$$

$$\text{Tøyningdifferens: } \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} \cdot \frac{\sigma_s - k_1 \cdot \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \eta \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (\text{Ref. Lign 3.5})$$

$$k_1 := 0.4 \quad \text{for langvarig belastning}$$

(Ref. EC2, Tabell 3.1 for B45 [7])

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} := 3.80 \text{ MPa}$$

$$h_{c,eff} = \min\left(2.5(h-d); \frac{(h-\alpha d)}{3}; \frac{h}{2}\right) = 435 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} := b \cdot 435 = 4.35 \cdot 10^5$$

$$\rho_{p,eff} := \frac{A_s}{A_{c,eff}} = 0.015$$

$$\eta := \frac{E_s}{E_{cm}} = 5.882$$

$$\text{Tøyningsdifferens} = \varepsilon_{sm}\varepsilon_{cm} := \frac{406.8 - 0.4 \cdot \frac{3.8}{0.015} \cdot (1 + 5.8 \cdot 0.015)}{2000000} = 1.483 \cdot 10^{-4}$$

(Ref. Lign 3.5)

$$c := 60 \text{ mm} \quad \text{Overdekning} \quad \phi := 32 \quad \text{Armeringsdiameter}$$

$$5 \cdot \left(c + \frac{\phi}{2}\right) = 380 \text{ mm} > \text{senteravstand}$$

Største endelige rissavstand:

$$k_1 := 0.8 \quad \text{for kamstål}$$

$$k_2 := 0.5 \quad \text{for bøyning}$$

$$k_3 := 3.4$$

$$k_4 := 0.425$$

$$s_{r,max} := k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi}{\rho_{p,eff}} = 571.796 \quad (\text{Ref. Lign 3.6})$$

$$w_k := s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm}\varepsilon_{cm}) = 0.085 \quad (\text{Ref. Lign 3.7})$$

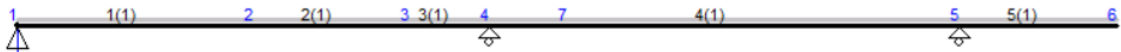
$$w_k = 0.085 \text{ mm} < w_{max} = 0.3 \text{ mm} \quad (\text{Ref. Lign 3.8})$$

**Rissviddekravet er tilfredsstillt!**



# Vedlegg 4

Frame rapport



**BS387Frame**

**Knutepunktsforskyvninger**

Kn.P.	ux [mm]	uy[mm]	ur[rad]
1	0.000	0.000	0.00140
2	0.000	-2.739	-0.00004
3	0.000	-1.239	-0.00125
4	0.000	0.000	-0.00107
5	0.000	0.000	0.00049
6	0.000	-1.046	0.00053

**Opplagerkrefter**

Kn.P.	Fx[kN]	Fy[kN]	M[kNm]
1	0.000	283.067	0.000
4	0.000	903.366	0.000
5	0.000	36.967	0.000

**Element endekrefter (globalkoordinater)**

Element	FxA [kN]	FyA [kN]	MA [kNm]	FxB [kN]	FyB [kN]	MB [kNm]
1	0.000	283.067	0.000	0.000	-213.767	-745.250
2	0.000	-236.233	745.250	0.000	282.433	-226.583
3	0.000	-732.433	226.583	0.000	755.533	517.400
4	0.000	147.833	-517.400	0.000	-9.233	46.200
5	0.000	46.200	-46.200	0.000	0.000	0.000

**Element endekrefter (lokalkoordinater)**

Element	fxA [kN]	fyA [kN]	mA [kNm]	fxB [kN]	fyB [kN]	mB [kNm]
1	0.000	283.067	0.000	0.000	-213.767	-745.250
2	0.000	-236.233	745.250	0.000	282.433	-226.583
3	0.000	-732.433	226.583	0.000	755.533	517.400
4	0.000	147.833	-517.400	0.000	-9.233	46.200
5	0.000	46.200	-46.200	0.000	0.000	0.000

**Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 1**

d[mm]	n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
	0	0.000	0.00	0.00	-283.07	0.00	0.000	0.000
0.000	1	0.100	0.30	83.88	-276.14	0.00	0.000	-0.420
0.420	2	0.200	0.60	165.68	-269.21	0.00	0.000	-0.830
0.830	3	0.300	0.90	245.40	-262.28	0.00	0.000	-1.222
1.222	4	0.400	1.20	323.05	-255.35	0.00	0.000	-1.587
1.587	5	0.500	1.50	398.61	-248.42	0.00	0.000	-1.916
1.916	6	0.600	1.80	472.10	-241.49	0.00	0.000	-2.200
2.200	7	0.700	2.10	543.50	-234.56	0.00	0.000	-2.433
2.433	8	0.800	2.40	612.83	-227.63	0.00	0.000	-2.605
2.605	9	0.900	2.70	680.08	-220.70	0.00	0.000	-2.710



0.110	9	0.900	0.90	-441.96	753.22	0.00	0.000	-0.110
0.000	10	1.000	1.00	-517.40	755.53	0.00	0.000	0.000

Maksimalverdi for element 3  
maxM= 226.58 kNm, minM= -517.40 kNm  
maxV= 755.53 kN, minV= 732.43 kN  
maxN= 0.00 kN, minN= 0.00 kN  
maxd= 1.239 mm

**Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 4**

d[mm]	n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
0.000	0	0.000	0.00	-517.40	-147.83	0.00	0.000	0.000
0.537	1	0.100	0.60	-432.86	-133.97	0.00	0.000	0.537
0.881	2	0.200	1.20	-356.63	-120.11	0.00	0.000	0.881
1.067	3	0.300	1.80	-288.72	-106.25	0.00	0.000	1.067
1.125	4	0.400	2.40	-229.13	-92.39	0.00	0.000	1.125
1.081	5	0.500	3.00	-177.85	-78.53	0.00	0.000	1.081
0.958	6	0.600	3.60	-134.89	-64.67	0.00	0.000	0.958
0.775	7	0.700	4.20	-100.24	-50.81	0.00	0.000	0.775
0.547	8	0.800	4.80	-73.91	-36.95	0.00	0.000	0.547
0.286	9	0.900	5.40	-55.90	-23.09	0.00	0.000	0.286
0.000	10	1.000	6.00	-46.20	-9.23	0.00	0.000	0.000

Maksimalverdi for element 4  
maxM= -46.20 kNm, minM= -517.40 kNm  
maxV= -9.23 kN, minV= -147.83 kN  
maxN= 0.00 kN, minN= 0.00 kN  
maxd= 1.125 mm

**Diagrammer M, V, N, og forskyvninger d av element 5**

d[mm]	n	x/l	x[m]	M[kNm]	V[kN]	N[kN]	dx[mm]	dy[mm]
0.000	0	0.000	0.00	-46.20	-46.20	0.00	0.000	0.000
0.100	1	0.100	0.20	-37.42	-41.58	0.00	0.000	-0.100
0.202	2	0.200	0.40	-29.57	-36.96	0.00	0.000	-0.202
0.305	3	0.300	0.60	-22.64	-32.34	0.00	0.000	-0.305
0.410	4	0.400	0.80	-16.63	-27.72	0.00	0.000	-0.410
0.515	5	0.500	1.00	-11.55	-23.10	0.00	0.000	-0.515
0.621	6	0.600	1.20	-7.39	-18.48	0.00	0.000	-0.621
0.727	7	0.700	1.40	-4.16	-13.86	0.00	0.000	-0.727
	8	0.800	1.60	-1.85	-9.24	0.00	0.000	-0.833

0.833	9	0.900	1.80	-0.46	-4.62	0.00	0.000	-0.940
0.940	10	1.000	2.00	0.00	0.00	0.00	0.000	-1.046
1.046								

Maksimalverdi for element 5  
maxM= 0.00 kNm, minM= -46.20 kNm  
maxV= 0.00 kN, minV= -46.20 kN  
maxN= 0.00 kN, minN= 0.00 kN  
maxd= 1.046 mm

Programlisens til Firma..... 15/04/2016 11.45.43

# Vedlegg 5

**FEM-Design Rapport**

# VEDLEGG 5

## Rapport FEM-Design

Eurocode (NA: Norwegian)



Project:  
Bacheloroppgave 2016

Customer:  
GOT/SH

Description:  
Midlertidig ferjekai

FEM-Design 15 © StruSoft

Designed:

Date: 21.05.2016

Page: 1 / 29

# Bacheloroppgave 2016

# Contents

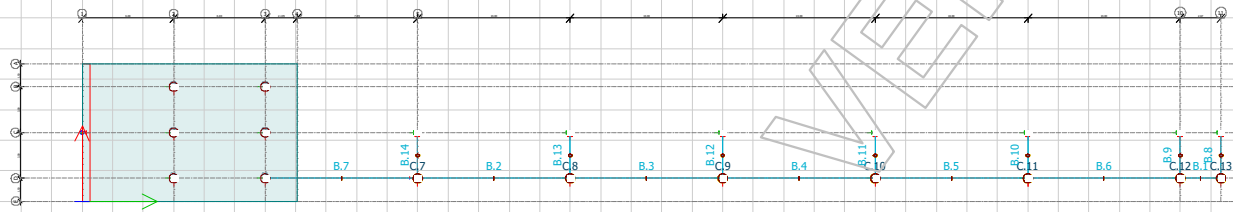
1 Geometri.....	3
1.1 Materialer.....	6
1.2 Egenskaper.....	6
2 Laster.....	7
2.1 Lasttilfeller.....	7
2.2 Lastkombinasjoner.....	8
3 Resultater.....	9
3.1 Bruddgrensetilstand (ULS).....	9
4 Armering.....	11
4.1 Armering plate.....	11
4.2 Armering søyler.....	12
5 Peler.....	23
5.1 Valgt stålprofiler.....	23
6 Nedbøyning.....	27
6.1 Nedbøyning plate.....	27
6.2 Nedbøyning horisontale stålprofiler.....	28
7 Konklusjon.....	29



# 1 Geometri

## Plan

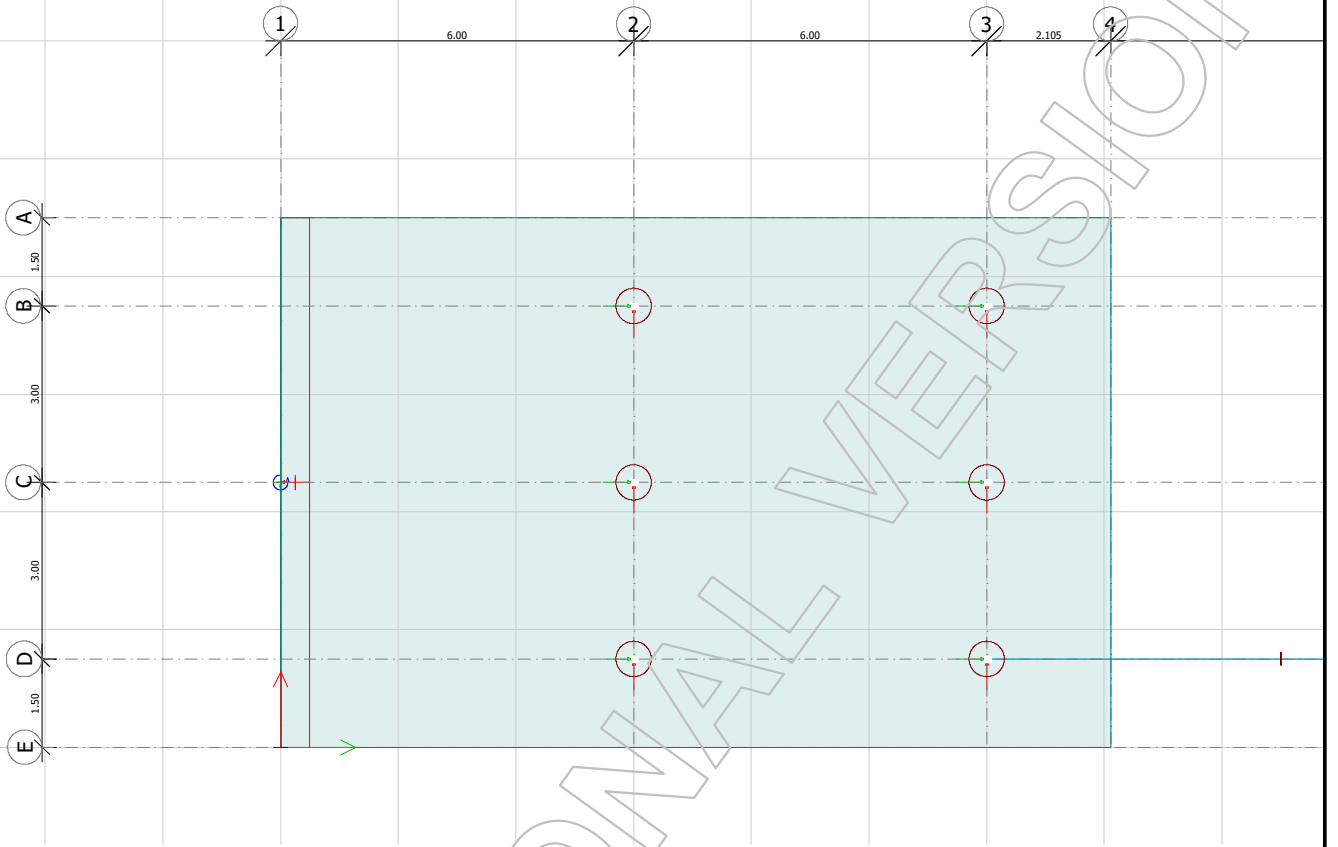
Eurocode (NA: Norwegian)



10 m

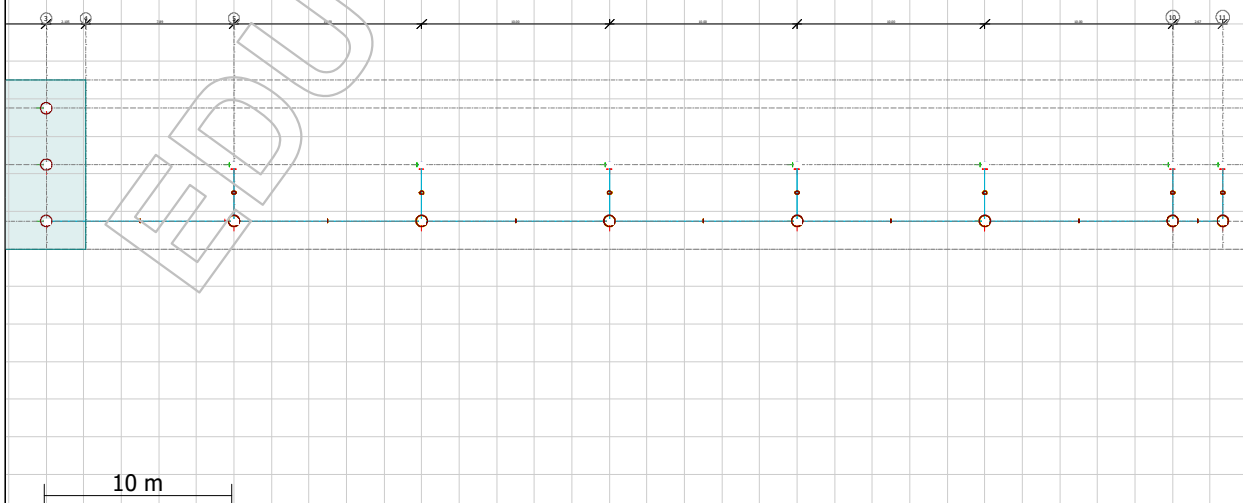
# Brubås

Eurocode (NA: Norwegian)



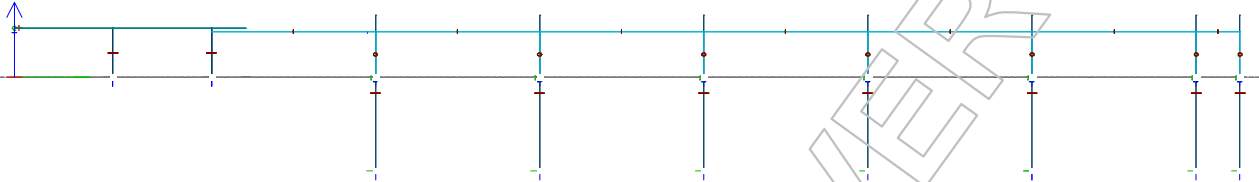
# Peler

Eurocode (NA: Norwegian)



## Snitt

Eurocode (NA: Norwegian)



Brubås  
L:14,105 m  
B:9 m  
H:0,5 m

er understøttet av 6 x 600 mm armerte betongpeler

Ut fra brubåsen kommer tilleggskaien som betstår av

Horisontale staver: CHS 219.1-5.9  
Vertikale stålrørsprofil: CHS 610-12.5  
Skråstag: CHS 244.5-6.3

## 1.1 Materialer

### Concrete materials

No.	Name	Fck	Fctm	Fctk	Ecm	Yield strain
[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]
1	C45/55	45.000	3.800	2.700	36000.000	0.00175

Ultimate strain	Gamma c	Gamma c, acc	Gamma cE	Gamma s	Gamma s, acc	Alfa cc	Alfa ct
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
0.00350	1.50	1.20	1.20	1.15	1.00	0.85	0.85

Density	Therm. coeff.	Poisson's ratio	Creep coefficient, SLS	Creep coefficient, ULS
[t/m <sup>3</sup> ]	[1/°C]	[-]	[-]	[-]
2.548	0.000010	0.200	0.000	0.000

Shrinkage	Dyna r.	Stab r.
[-]	[-]	[-]
0.000	1.000	1.000

### Steel materials

No.	Name	f <sub>yk</sub> (t<16)	f <sub>yk</sub> (16<=t<=40)	f <sub>yk</sub> (40<t<=63)	f <sub>yk</sub> (63<t<=80)
[-]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
1	S 355	355.000	355.000	335.000	335.000

f <sub>yk</sub> (80<t<=100)	f <sub>yk</sub> (100<t<=150)	f <sub>yk</sub> (150<t<=200)	f <sub>yk</sub> (200<t<=250)	f <sub>yk</sub> (250<t<=400)
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
335.000	335.000	335.000	335.000	335.000

f <sub>uk</sub> (t<3)	f <sub>uk</sub> (3<=t<=40)	f <sub>uk</sub> (40<t<=100)	f <sub>uk</sub> (100<t<=150)	f <sub>uk</sub> (150<t<=250)
[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
510.000	510.000	470.000	470.000	470.000

f <sub>uk</sub> (250<t<=400)	Gamma M0	Gamma M0, acc	Gamma M1	Gamma M1, acc	Gamma M2	Gamma M2, acc
[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
470.000	1.050	1.000	1.050	1.000	1.250	1.000

E <sub>k</sub>	Poisson's ratio	G	Therm. coeff.	Density
[N/mm <sup>2</sup> ]	[-]	[N/mm <sup>2</sup> ]	[1/°C]	[t/m <sup>3</sup> ]
210000.000	0.300	80769.000	1.2000e-05	7.850000

## 1.2 Egenskaper

## 2 Laster

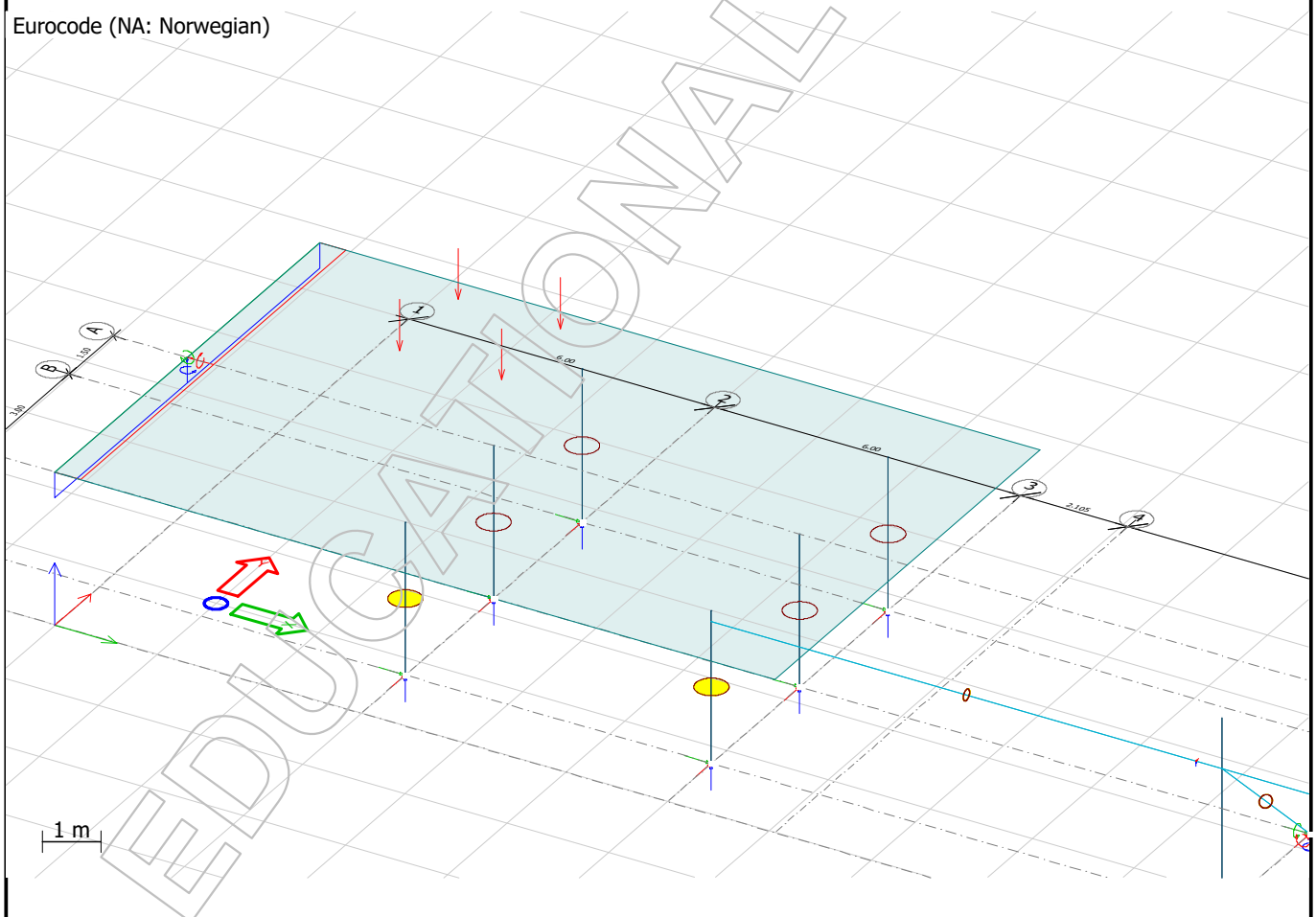
### 2.1 Lastertilfeller

Load cases

No.	Name	Type	Duration class
1	Egenlast	+Struc. dead load	Permanent
2	LM1 B1	Ordinary	Short-term
3	LM1 B2	Ordinary	Short-term
4	LM1 B3	Ordinary	Short-term
5	Nytte B1	Ordinary	Short-term
6	Nytte B2	Ordinary	Short-term
7	Nytte B3	Ordinary	Short-term
8	Bremselast	Ordinary	Short-term
9	Bremselast mom	Ordinary	Short-term
10	Punktlaster ferje	Ordinary	Short-term
11	Ulykkeslast	Ordinary	Instantaneous

Lastmodell B1

Eurocode (NA: Norwegian)



Laster LM1 B1. Bachelorrapport kapittel 2.6.4 Trafikklast

## 2.2 Lastkombinasjoner

### Load combinations

No.	Name	Type	Factor	Load cases
1	Bruddgrensetilstand plate	Ultimate	1.200	Egenlast+Struc...
			1.500	LM1 B1
			1.500	LM1 B2
			1.500	LM1 B3
			1.500	Nytte B1
			1.500	Nytte B2
			1.500	Nytte B3
			1.500	Bremselast
			1.500	Bremselast mom
			1.500	Bremselast mom
2	Bruddgrensetilstand tilleggs kai	Ultimate	1.200	Egenlast+Struc...
			1.500	Punktlaster ferje
3	Ulykkeslast tilleggs kai	Accidental	1.500	Ulykkeslast

### Point loads

No.	F	M	Load case
[-]	[kN]	[kNm]	[-]
1	150.000	0.000	LM1 B1
2	150.000	0.000	LM1 B1
3	150.000	0.000	LM1 B1
4	150.000	0.000	LM1 B1
5	100.000	0.000	LM1 B2
6	100.000	0.000	LM1 B2
7	100.000	0.000	LM1 B2
8	100.000	0.000	LM1 B2
9	50.000	0.000	LM1 B3
10	50.000	0.000	LM1 B3
11	50.000	0.000	LM1 B3
12	50.000	0.000	LM1 B3
13	0.000	95.170	Bremselast mom
14	382.840	0.000	Bremselast
15	500.000	0.000	Punktlaster ferje
16	500.000	0.000	Punktlaster ferje
17	250.000	0.000	Punktlaster ferje
18	250.000	0.000	Punktlaster ferje
19	250.000	0.000	Punktlaster ferje
20	250.000	0.000	Punktlaster ferje
21	180.000	0.000	Ulykkeslast

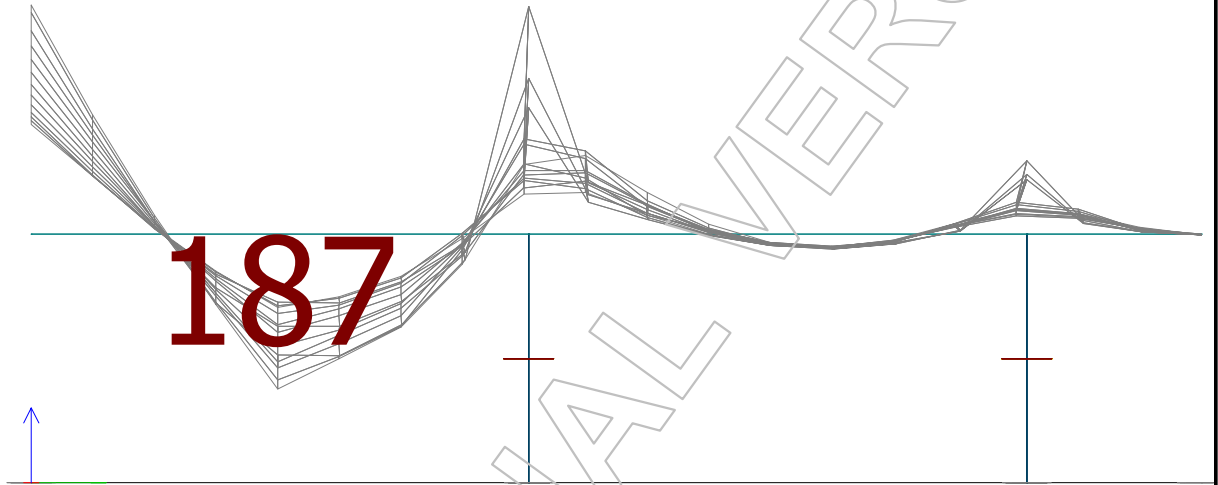
### 3 Resultater

#### 3.1 Bruddgrensetilstand (ULS)

Opptredende moment X retning Plate

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand plate - Shells, Mx' - Graph - [kNm/m]

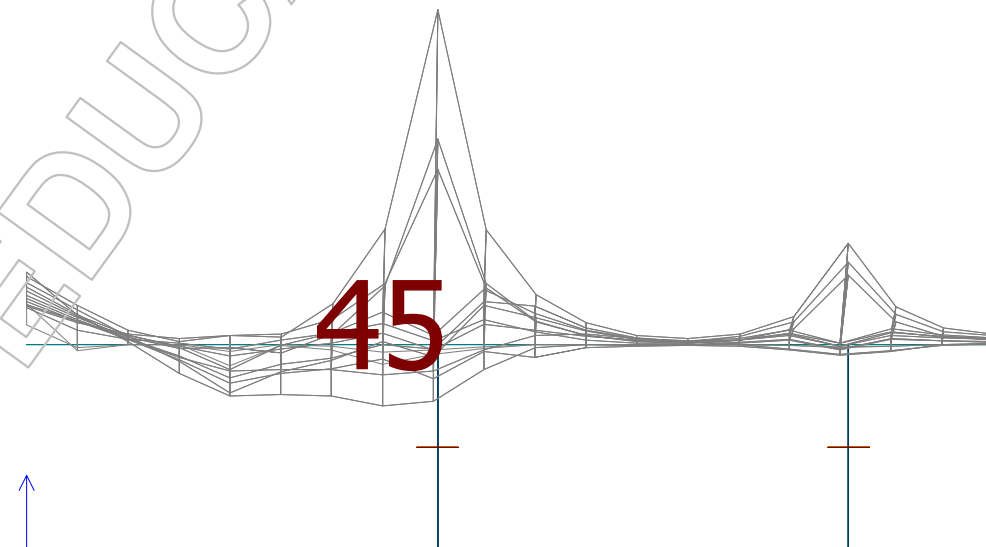
**-276**



Opptredende moment Y retning Plate

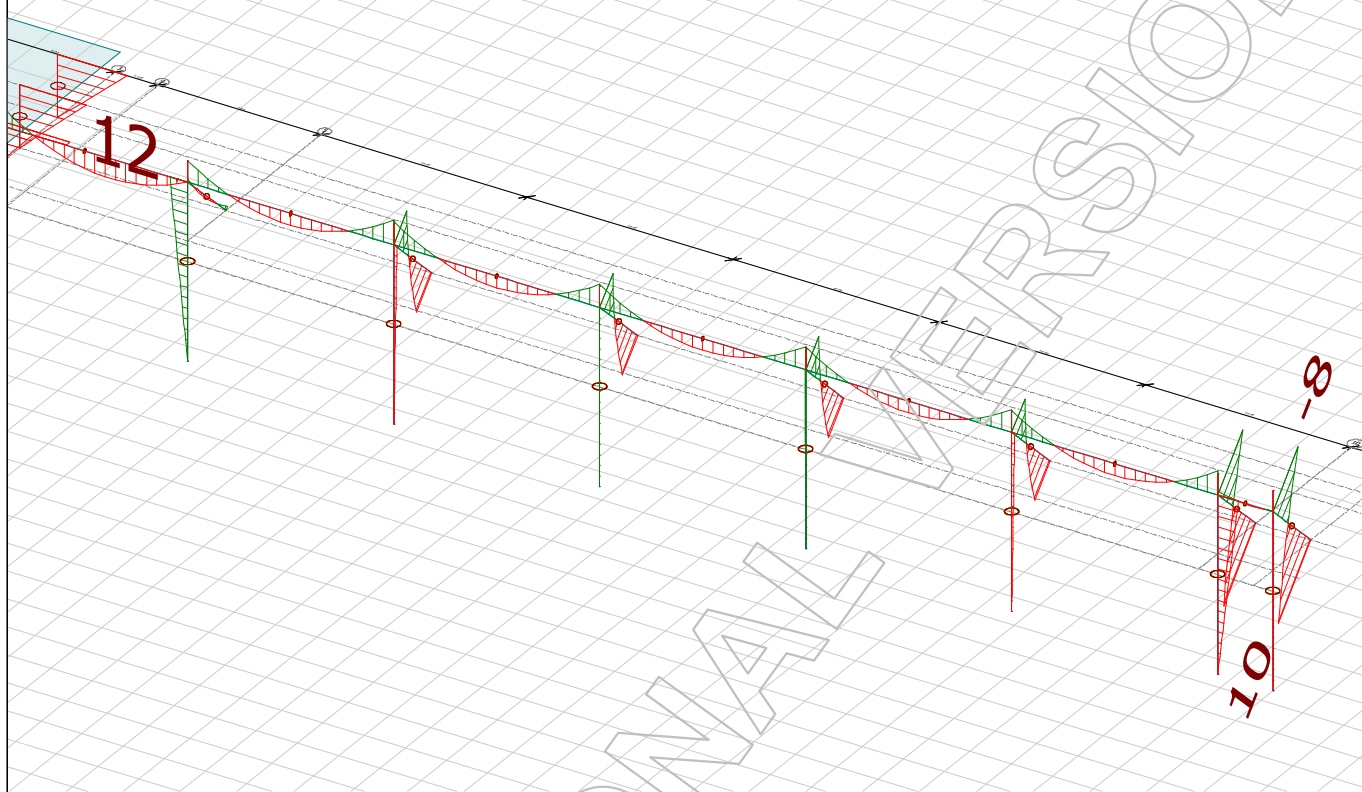
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand plate - Shells, My' - Graph - [kNm/m]

**-244**



### Opptredende moment peler

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand tilleggskai - Bars, My' - Graph - [kNm]



Man får størst trykk (12 kNm) inne ved platen og størst strekkraft ( - 8 kNm) ute ved enden av tilleggskaien.

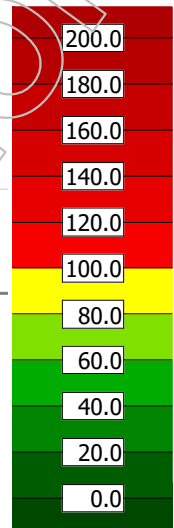


## 4 Armering

### 4.1 Armering plate

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - RC bar - Utilization - Load combinations -  
Bruddgrensetilstand plate - Colour palette - [%]

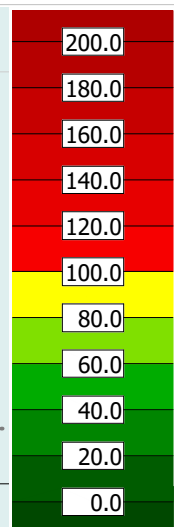
$\phi 32/125 = 6434 \text{ mm}^2/\text{m}$ ,  $c = 60 \text{ mm}$



$\phi 32/125$  i bunn X retning, overdekning 60 mm  
 $\phi 32/125$  i bunn Y retning, overdekning 92 mm

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - RC bar - Utilization - Load combinations -  
Bruddgrensetilstand plate - Colour palette - [%]

$\phi 32/160 = 5027 \text{ mm}^2/\text{m}$ ,

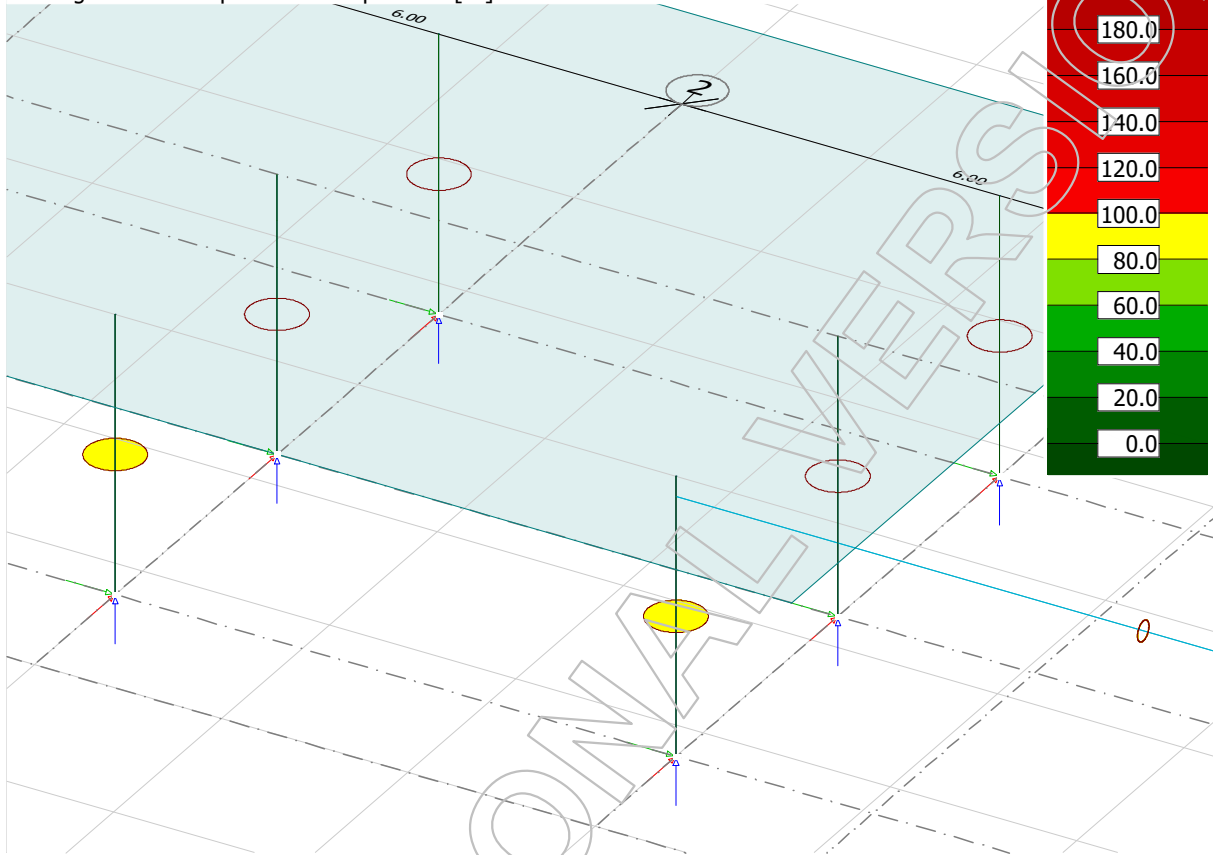


$\phi 32/160$  mm topp X retning, overdekning 60 mm  
 $\phi 32/160$  mm topp Y retning, overdekning 92 mm

## 4.2 Armering søyler

### Armering søyler

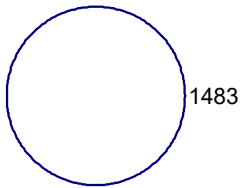
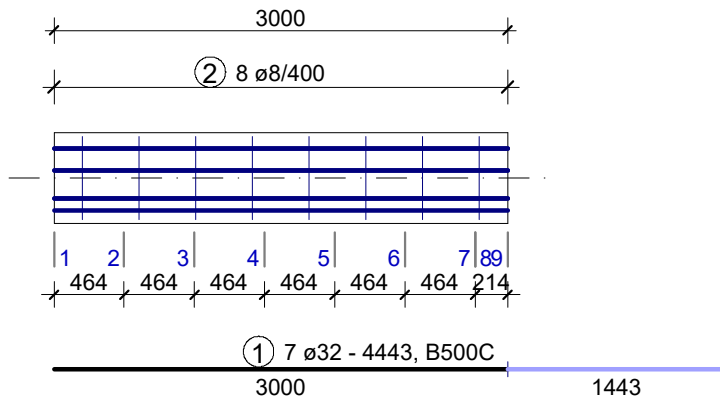
Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - RC bar - Utilization - Load combinations -  
Bruddgrensetilstand plate - Colour palette - [%]



### C.6.1

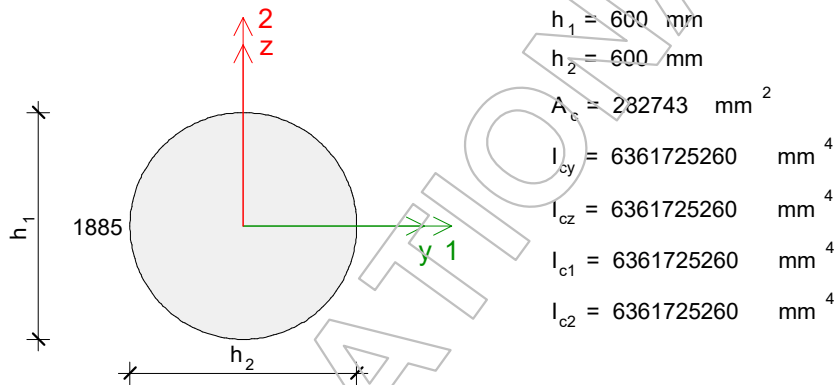
### Maximum of load combinations

### Reinforcement



②  
8 ø8 - 1483  
B500C

### Cross-section



## Materials

### C45/55

$$\begin{aligned}
 f_{ck} &= 45.00 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{ctm} &= 3.80 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{ctk,0.05} &= 2.70 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cm} &= 36000.00 \text{ N/mm}^2 \\
 \alpha_{cc} &= 0.85 \text{ N/mm}^2 \\
 \alpha_{ct} &= 0.85 \text{ N/mm}^2 \\
 \gamma_{c,ult} &= 1.50 \\
 \gamma_{c,acc./seis} &= 1.20 \\
 \gamma_{CE} &= 1.20 \\
 \gamma_{s,ult} &= 1.15 \\
 \gamma_{s,acc./seis} &= 1.00 \\
 \varphi_{ef} &= 0.00 \\
 f_{cd,ult} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_{c,ult} &= 25.50 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{cd,acc./seis} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_{c,acc./seis} &= 31.88 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{ctd,ult} = \alpha_{ct} f_{ctk} / \gamma_{c,ult} &= 1.53 \text{ N/mm}^2 \\
 f_{cd,acc./seis} = \alpha_{ct} f_{ctk} / \gamma_{c,acc./seis} &= 1.91 \text{ N/mm}^2 \\
 E_{cd} = E_{cm} / \gamma_{CE} &= 30000.00 \text{ N/mm}^2 \\
 \epsilon_{c2} &= 0.00200 \text{ (Table 3.1)} \\
 \epsilon_{cu2} &= 0.00350 \text{ (Table 3.1)} \\
 \cot(\Theta) &= 1.00 \text{ (Eq. 6.8)}
 \end{aligned}$$

### B500C

$$\begin{aligned}
 f_{yd,ult} = f_{ywd,ult} &= 434.7 \\
 f_{yd,acc./seis} = f_{ywd,acc./seis} &= 500.0 \\
 E_s &= 200000.00 \\
 \epsilon_{yd,ult} = f_{yd,ult} / E_s &= 0.00217 \\
 \epsilon_{yd,acc./seis} = f_{yd,acc./seis} / E_s &= 0.00250 \\
 \epsilon_{ud} &= 0.03000
 \end{aligned}$$

## Section utilization for axial effects (Part 1.1: 5.8, 6.1)

Consideration of second order effects

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad (5.14)$$

2nd order effect is considered according to nominal curvature method. (Part 1.1: 5.8.8)

Sections	9
2nd order effect in analysis	not considered
$\lambda_{lim}$ [-]	744.05
$l_{0,1}$ [mm]	214
$i_1$ [mm]	150.0
$\lambda_1$ [-]	1.43
2nd order effect in direction 1	not considered
$l_{0,2}$ [mm]	214
$i_2$ [mm]	150.0
$\lambda_2$ [-]	1.43

Designed: 2nd order effect in direction 2 not considered

Date: 21.05.2016

Page: 14 / 29

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

$$v = 1 + \omega$$

$$n = N_{Ed} / (A_c + f_{cd})$$

$$n_{bal} = 0.4$$

$$K_r = \min \left( \frac{v - n}{v - n_{bal}}, 1.0 \right) \quad (5.36)$$

$$\beta = 0.35 + \frac{f_{ck}}{200} - \frac{\lambda}{150}$$

$$K_\varphi = \min (1 + \beta \varphi_{ef}, 1.0) \quad (5.37)$$

$$d = \frac{h}{2} + i_s \quad (5.35)$$

$$\frac{1}{r_0} = \frac{\varepsilon_{vd}}{0.45 d}$$

$$\frac{1}{r} = K_r K_\varphi \frac{1}{r_0}$$

$$c = 10$$

$$e_2 = \frac{l_0}{400} + \frac{1}{r} l_0^2 \quad (5.2(7))$$

$$M_2 = s N_{Ed} e_2$$

$$e_{min,1} = \max (20 \text{ mm}, h_1 / 30) = 20 \text{ mm} \quad (6.1(4))$$

$$e_{min,1} = \max (20 \text{ mm}, h_2 / 30) = 20 \text{ mm} \quad (6.1(4))$$

$$|N_{Ed} e_{min}| > |M_{0Ed} + M_2| \rightarrow M_{Ed} = s N_{Ed} e_{min}$$

$$|N_{Ed} e_{min}| \leq |M_{0Ed} + M_2| \rightarrow M_{Ed} = M_{0Ed} + M_2$$

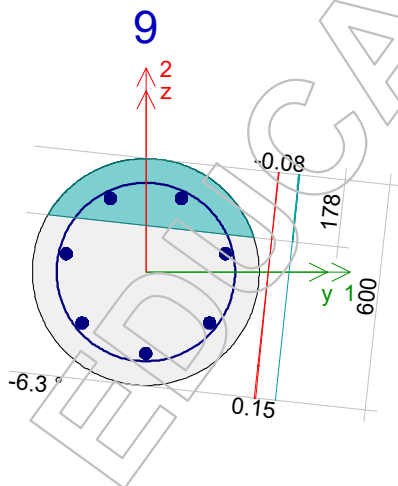
Sections	9
LC	Ulykkeslast tilleggskai
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	-
$\omega$ [-]	-
$n_u$ [-]	-
$N_{Ed}$ [kN]	-4.47
$n$ [-]	-
$K_r$ [-]	-
$\beta_1$ [-]	-
$K_{\varphi,1}$ [-]	-
$i_{s,1}$ [mm]	-
$d_1$ [mm]	-
$1/r_{0,1}$ [1/mm]	-

Sections	9
$1/r_1$ [1/mm]	-
$e_{2,1}$ [mm]	-
$s_1$ [-]	-1.00
$M_{0Ed,1}$ [kN m]	24.49
$M_{Ed,1}$ [kN m]	24.49
$\beta_2$ [-]	-
$K_{\varphi,2}$ [-]	-
$i_{s,2}$ [mm]	-
$d_2$ [mm]	-
$1/r_{0,2}$ [1/mm]	-
$1/r_2$ [1/mm]	-
$e_{2,2}$ [mm]	-
$s_2$ [-]	-1.00
$M_{0Ed,2}$ [kN m]	-2.71
$M_{Ed,2}$ [kN m]	-2.71

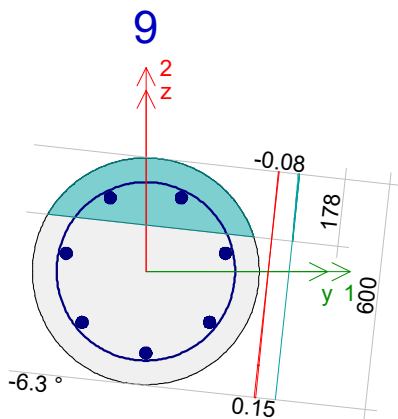
Stresses and strains (Part 1.1: 6.1(2), 6.1(8), 3.1.7)

$$\epsilon_{\text{steel,lim}} = \epsilon_{\text{ud}}$$

Ultimate limit state



Accidental limit state



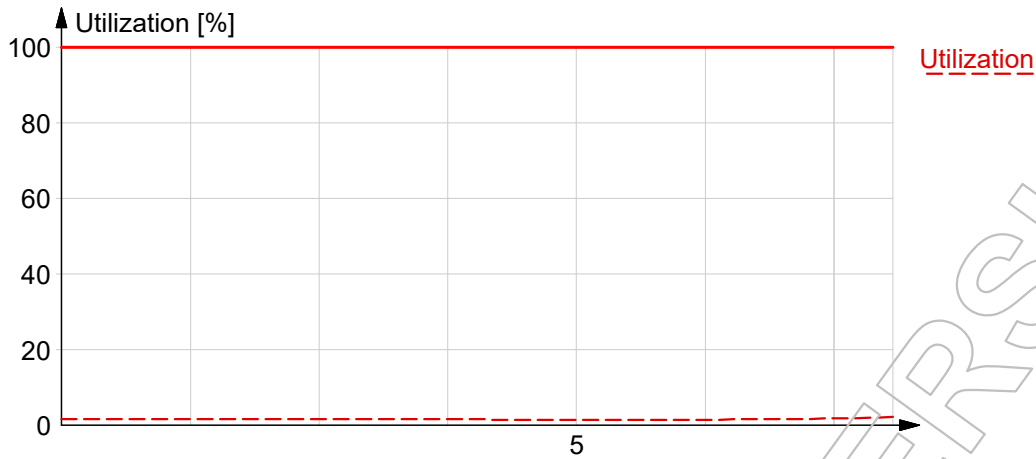
Sections	9
LC	Ulykkeslast tilleggskai
$\epsilon_{\text{steel}}$ [-]	0.00015
$\epsilon_{\text{steel,lim}}$ [-]	0.03000
$(\epsilon_{\text{steel}} / \epsilon_{\text{steel,lim}})_{\text{max}}$ [-]	0.00
$\epsilon_{\text{c,max}}$ [-]	-0.00008
$\epsilon_{\text{c,comp}}$ [-]	0.00003
$\max(\epsilon_{\text{c,max}} / \epsilon_{\text{cu2}}, \epsilon_{\text{c,comp}} / \epsilon_{\text{cu2}})$ [-]	0.02

Section utilization

Ultimate internal forces:  $N_{\text{ult}} = v \cdot N_{\text{Ed}}$ ;  $M_{\text{ult,1}} = v \cdot M_{\text{Ed,1}}$ ;  $M_{\text{ult,2}} = v \cdot M_{\text{Ed,2}}$

Utilization:  $1 / v$

Sections	9
LC	Ulykkeslast tilleggskai
$N_{\text{Ed}}$ [kN]	-4.47
$M_{\text{Ed,1}}$ [kN m]	24.49
$M_{\text{Ed,2}}$ [kN m]	-2.71
Utilization [%]	2



### Stirrup utilization for shear and torsion (Part 1.1: 6.2, 6.3)

$C_{Rd,c}$  is calculated according to National Annex.

$k_1$  is calculated according to National Annex.

$$\sigma_{cp} = \min \left( \frac{N_{Ed}}{A_c}, 0.2 f_{cd} \right)$$

$$k = \min \left( 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, 2.0 \right)$$

$$\rho_1 = \min \left( \frac{A_{sl}}{b_w d}, 0.02 \right)$$

$v_{min}$  is calculated according to National Annex.

$$V_{Rd,c} = \max \left( \left[ C_{Rd,c} k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} + k_1 \sigma_{cp} \right] b_w d, (v_{min} + k_1 \sigma_{cp}) b_w d \right) \quad (6.2.a, 6.2.b)$$

$$V_{Rd,s} = \max \left( \frac{A_{sw}}{s} z f_{ywd} \cot(\Theta), V_{Rd,c} \right) \quad (6.8)$$

$$T_{Rd,c} = 2 f_{ctd} t_{ef} A_k \quad (6.26)$$

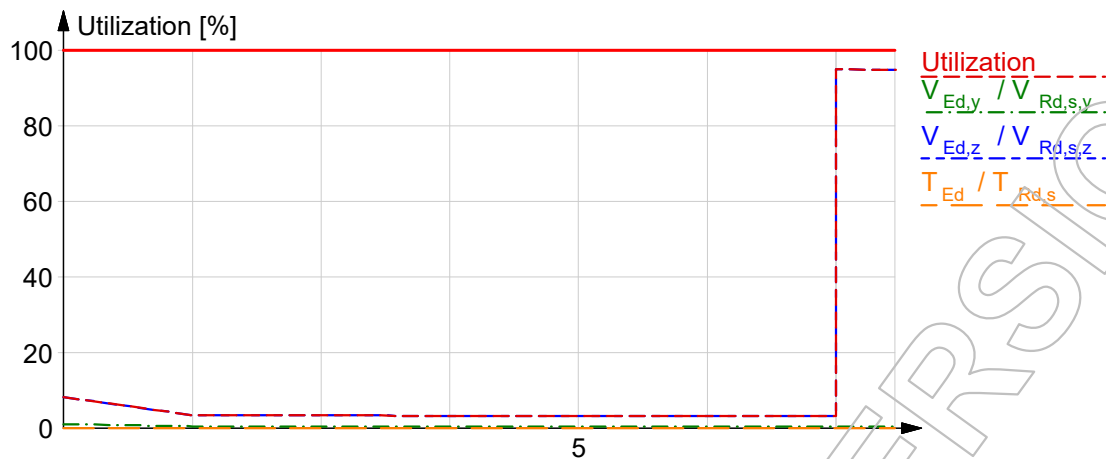
$$T_{Rd,s} = \max \left( 2 \frac{A_{sw,min}}{s} f_{ywd} A_k, T_{Rd,c} \right) \quad (6.8, 6.26, 6.27)$$

$$\text{Utilization: } \max \left( \frac{V_{Ed,y} + (T_{Ed} / A_k) d_y}{V_{Rd,s,y}}, \frac{V_{Ed,z} + (T_{Ed} / A_k) d_z}{V_{Rd,s,z}} \right)$$

Sections	8
LC	Ulykkeslast tilleggskai
$N_{Ed}$ [kN]	-4.47
$V_{Ed,y}$ [kN]	0.90
$V_{Ed,z}$ [kN]	205.30
$T_{Ed}$ [kN m]	0.00
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.02
$A_{sl}$ [mm <sup>2</sup> ]	4021



Sections	8
$d_y$ [mm]	511
$k_y$ [-]	1.63
$b_{w,y}$ [mm]	427
$\rho_{1,y}$ [-]	0.01843
$v_{\min,y}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.39
$V_{Rd,c,y}$ [kN]	193.90
$(A_{sw,y}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	125.66
$z_y$ [mm]	460
$V_{Rd,s,y}$ [kN]	193.90
$V_{Ed,y}/V_{Rd,s,y}$ [-]	0.00
$d_z$ [mm]	495
$k_z$ [-]	1.64
$b_{w,z}$ [mm]	428
$\rho_{1,z}$ [-]	0.01897
$v_{\min,z}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.39
$V_{Rd,c,z}$ [kN]	216.22
$(A_{sw,z}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	125.66
$z_z$ [mm]	445
$V_{Rd,s,z}$ [kN]	216.22
$V_{Ed,z}/V_{Rd,s,z}$ [-]	0.95
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	159043
$t_{ef}$ [mm]	150
$T_{Rd,c}$ [kN m]	91.25
$(A_{sw,\min}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	62.83
$T_{Rd,s}$ [kN m]	91.25
$T_{Ed}/T_{Rd,s}$ [-]	0.00
Utilization [%]	95



### Concrete utilization for shear and torsion (Part 1.1: 6.2, 6.3)

$$\sigma_{cp} = \min \left( \frac{N_{Ed}}{A_c}, 0.2 f_{cd} \right)$$

$\alpha_{cw} = 1.0$  for non-prestressed structural elements.

$$\sigma_{cp} \leq 0.25 f_{cd} \rightarrow \alpha_{cw} = 1.0 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \quad (6.11.aN)$$

$$0.25 f_{cd} \leq \sigma_{cp} < 0.50 f_{cd} \rightarrow \alpha_{cw} = 0.25 \quad (6.11.bN)$$

$$0.50 f_{cd} \leq \sigma_{cp} \rightarrow \alpha_{cw} = 2.5 \left( 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} \right) \quad (6.11.cN)$$

$$f_{ck} \leq 60.00 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = 0.60$$

$$f_{ck} > 60.00 \text{ MPa} \rightarrow v_1 = \max \left( 0.9 - \frac{f_{ck}}{200}, 0.5 \right)$$

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} b_w (0.9 d) v_1 f_{cd}}{\cot(\Theta) + \tan(\Theta)} \quad (6.9)$$

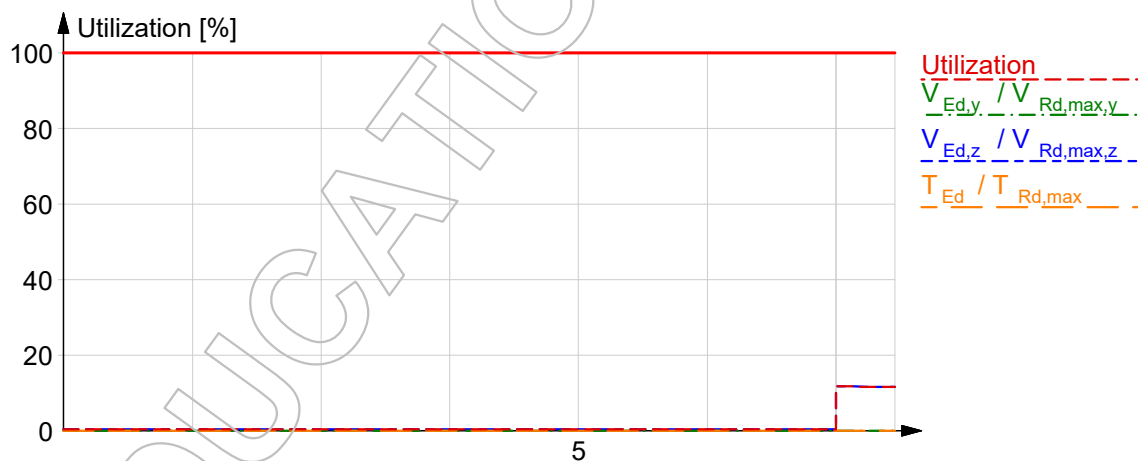
$$v = 0.60 \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) \quad (6.6.N)$$

$$T_{Rd,max} = 2 v \alpha_{cw} f_{cd} A_k f_{ef} \sin(\Theta) \cos(\Theta) \quad (6.30)$$

$$\text{Utilization: } \frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \max \left( \frac{V_{Ed,y}}{V_{Rd,max,y}}, \frac{V_{Ed,z}}{V_{Rd,max,z}} \right) \quad (6.29)$$

Sections	1	8	9
LC	Ulykkeslast tilleggs kai	Ulykkeslast tilleggs kai	Ulykkeslast tilleggs kai
$N_{Ed}$ [kN]		-4.46	-4.47
$V_{Ed,y}$ [kN]		0.90	0.90
$V_{Ed,z}$ [kN]		6.93	205.30
$T_{Ed}$ [kN m]		0.00	0.00
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]		0.02	0.02
$\alpha_{cw}$ [ ]		1.00	1.00

Sections	1	8	9
$v_1$ [-]	0.57	0.57	0.57
$d_y$ [mm]	511	511	511
$b_{w,y}$ [mm]	427	427	427
$V_{Rd,max,y}$ [kN]	1799.57	1799.57	1799.57
$V_{Ed,y} / V_{Rd,max,y}$ [-]	0.00	0.00	0.00
$d_z$ [mm]	516	495	516
$b_{w,z}$ [mm]	416	428	416
$V_{Rd,max,z}$ [kN]	1772.04	1747.95	1772.04
$V_{Ed,z} / V_{Rd,max,z}$ [-]	0.00	0.12	0.12
$v$ [-]	0.44	0.44	0.44
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	159043	159043	159043
$t_{ef}$ [mm]	150	150	150
$T_{Rd,max}$ [kN m]	337.63	337.63	337.63
$T_{Ed} / T_{Rd,max}$ [-]	0.00	0.00	0.00
Utilization [%]	0	12	12



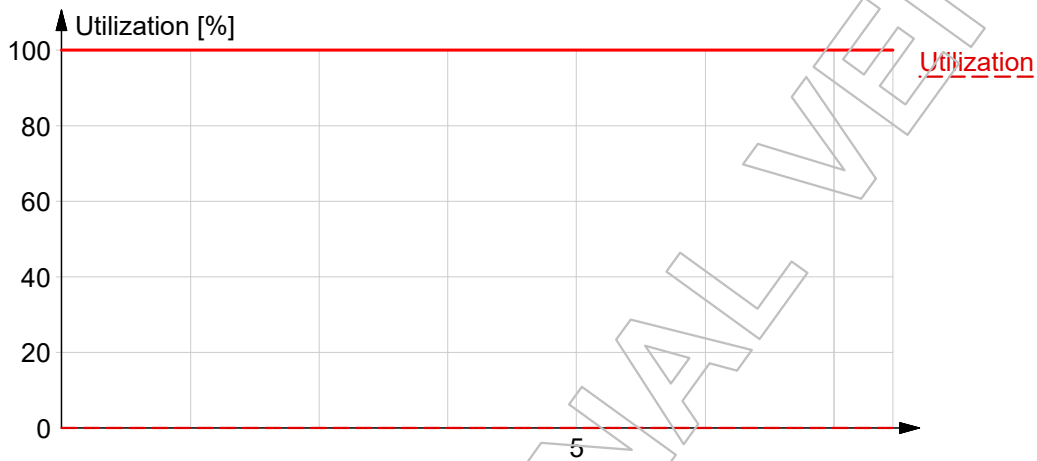
### Torsional reinforcement utilization (Part 1.1: 6.3)

$$T_{Rd,sl} = 2 A_k \frac{\sum (A_{sl} f_{yd})}{u_k} \tan(\Theta) \quad (6.28)$$

Utilization:  $\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,sl}}$

Sections	8
LC	Ulykkeslast tilleggskai
$T_{Ed}$ [kN m]	0.00

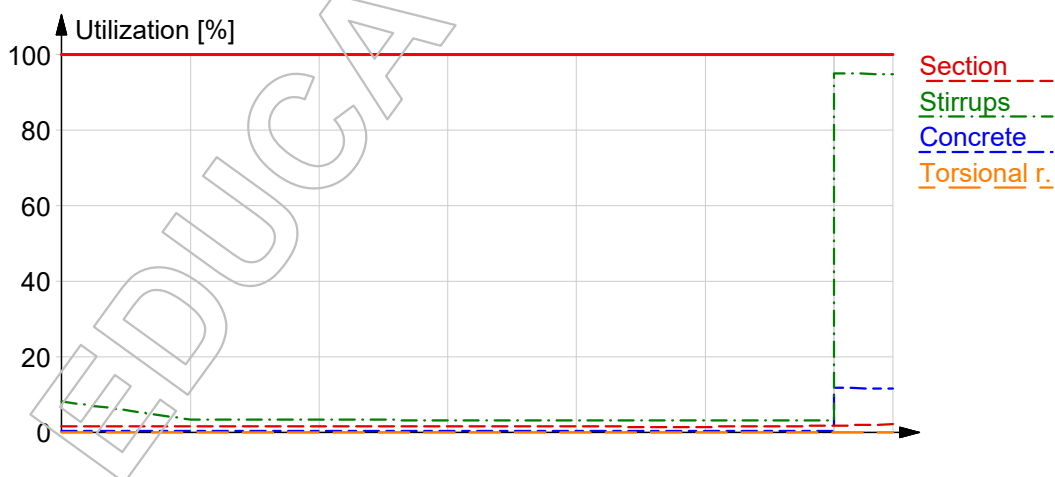
Sections	8
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	159043
$u_k$ [mm]	1414
$\Theta(A_{sl} f_{yd})$ [N]	2814867
$T_{Rd,sl}$ [kN m]	633.35
Utilization [%]	0



### Crack width (Part 1.1: 7.3)

Not relevant

### Summary



## 5 Peler

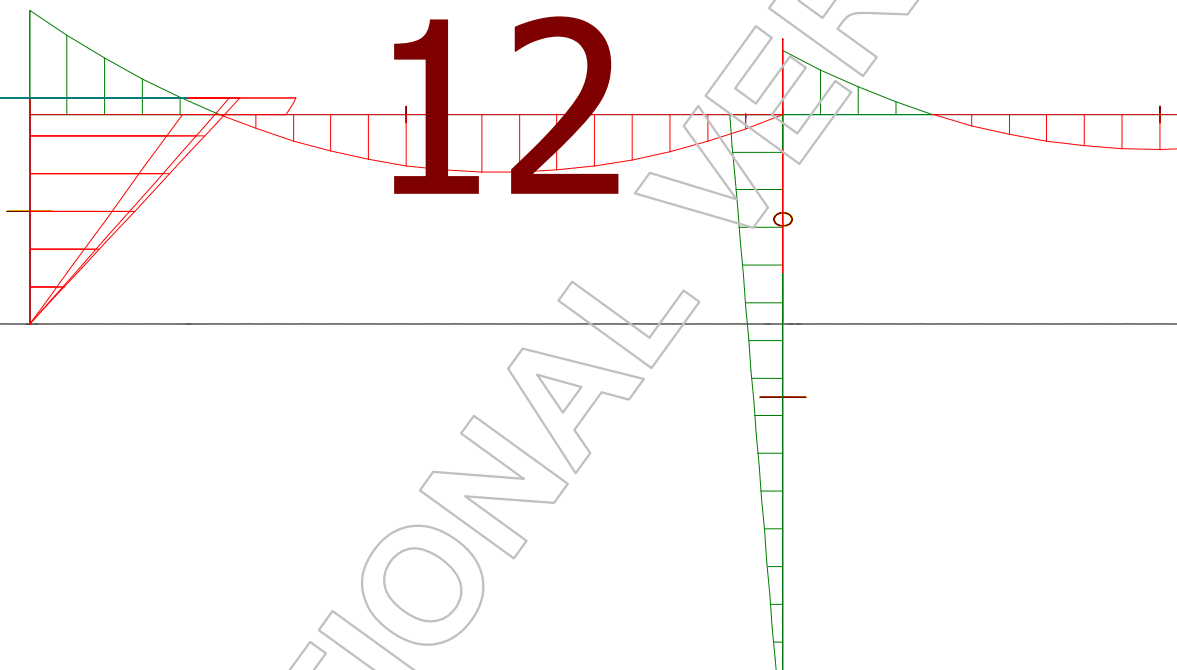
### 5.1 Valgt stålprofiler

#### Horisontale stålprofiler

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand tilleggskai - Bars,  $M_y'$  - Graph - [kNm]



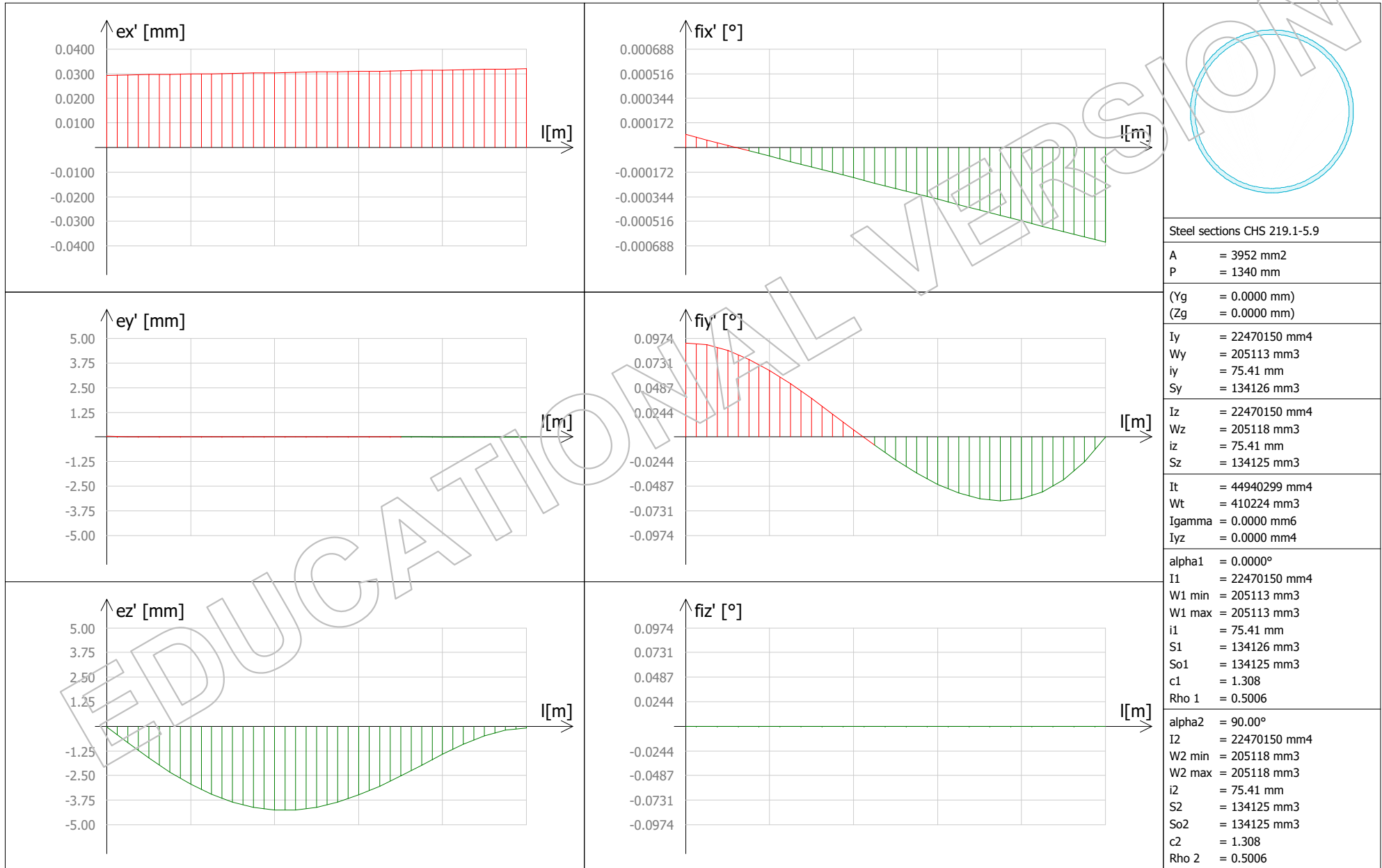
# 12



Det største nødvendige stålprofiler er tatt som utgangspunkt og valgt for alle delene, som nevnt i hovedrapporten. og som man så fra kapittel 3.1 i denne rapporten, av de vertikale stålprofilene er det det nærmest platen som får størst moment.

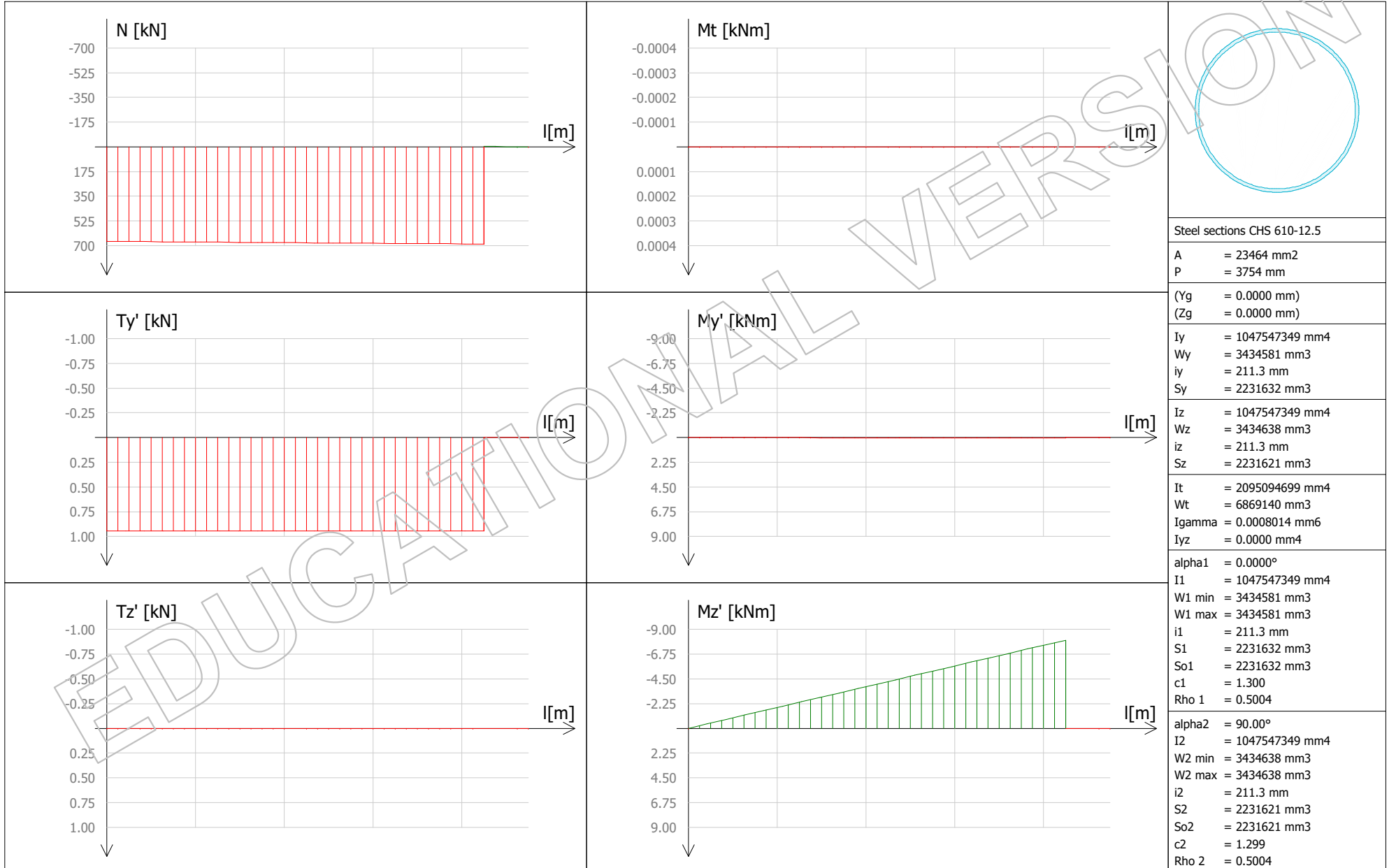
# Horizontale staver - CHS 219.1-5.9

B.7.1 - Displacements - Load combination: Bruddgrensetilstand plate (10.0 m)



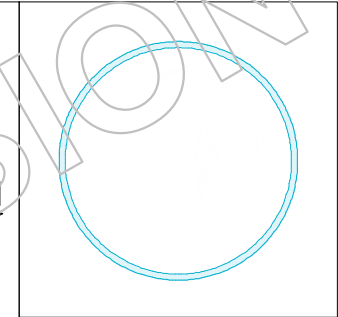
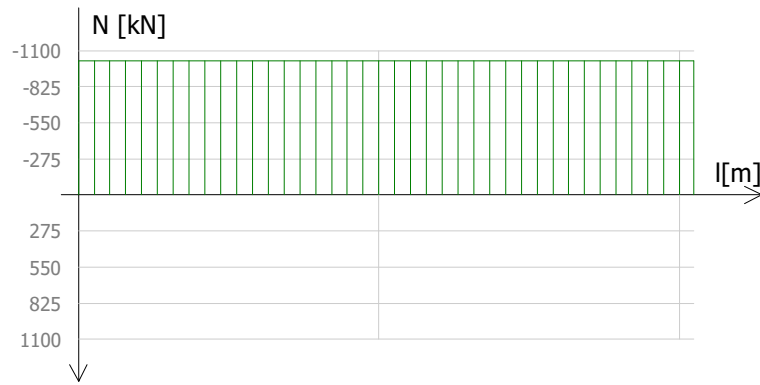
# Vertikale peler - CHS 610-12.5

C.13.1 - Internal forces - Load combination: Bruddgrensetilstand tilleggskai (9.50 m)

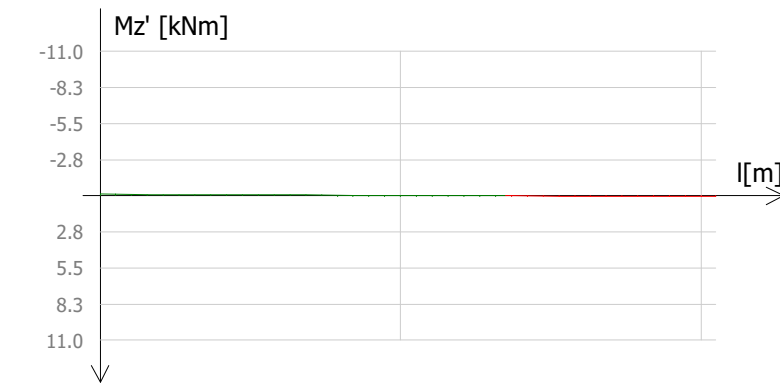
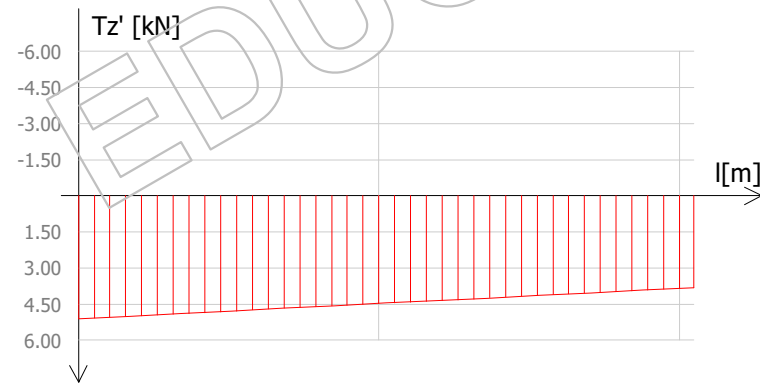
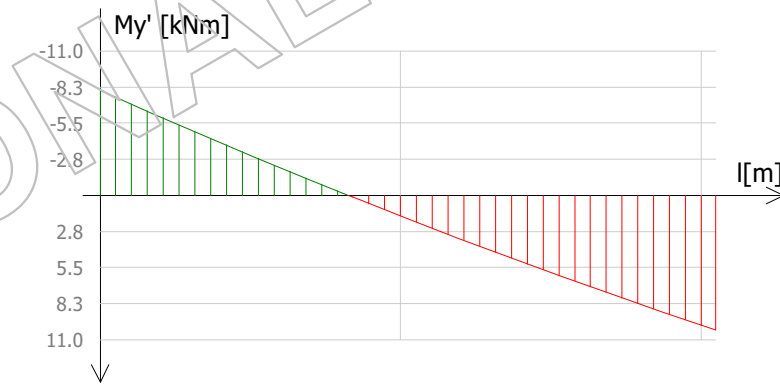
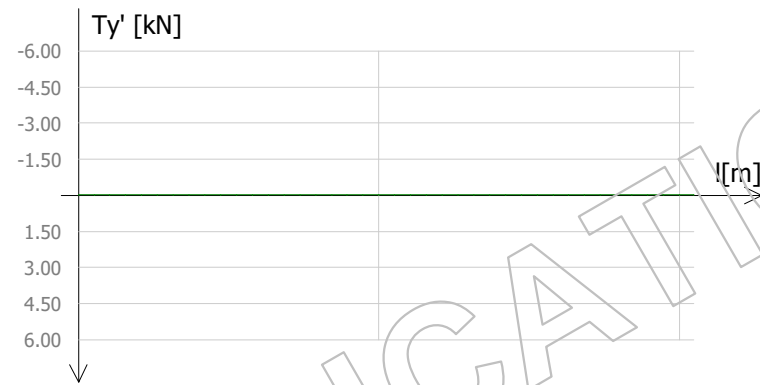


# Skråpeler - CHS 244.5-6.3

## 8.1 - Internal forces - Load combination: Bruddgrensetilstand tilleggskai (4.09 m)



Steel sections CHS 244.5-6.3	
A	= 4714 mm <sup>2</sup>
P	= 1497 mm
(Yg	= 0.0000 mm)
(Zg	= 0.0000 mm)
Iy	= 33460267 mm <sup>4</sup>
Wy	= 273704 mm <sup>3</sup>
iy	= 84.25 mm
Sy	= 178770 mm <sup>3</sup>
Iz	= 33460267 mm <sup>4</sup>
Wz	= 273704 mm <sup>3</sup>
iz	= 84.25 mm
Sz	= 178770 mm <sup>3</sup>
It	= 66920533 mm <sup>4</sup>
Wt	= 547404 mm <sup>3</sup>
Igamma	= 0.0000 mm <sup>6</sup>
Iyz	= 0.0000 mm <sup>4</sup>
alpha1	= 0.0000°
I1	= 33460267 mm <sup>4</sup>
W1 min	= 273704 mm <sup>3</sup>
W1 max	= 273704 mm <sup>3</sup>
i1	= 84.25 mm
S1	= 178770 mm <sup>3</sup>
So1	= 178769 mm <sup>3</sup>
c1	= 1.306
Rho 1	= 0.5006
alpha2	= 90.00°
I2	= 33460267 mm <sup>4</sup>
W2 min	= 273704 mm <sup>3</sup>
W2 max	= 273704 mm <sup>3</sup>
i2	= 84.25 mm
S2	= 178770 mm <sup>3</sup>
So2	= 178770 mm <sup>3</sup>
c2	= 1.306
Rho 2	= 0.5006

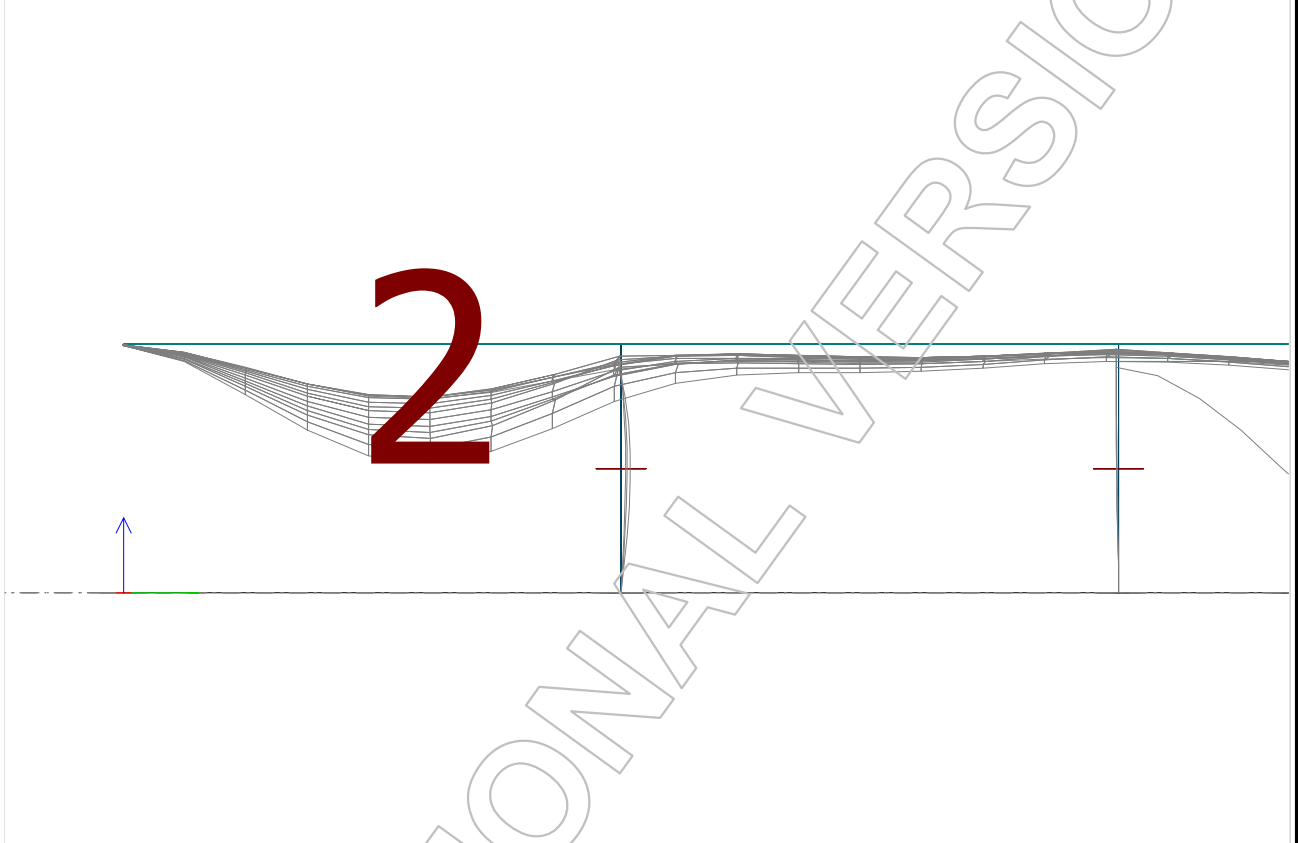




## 6 Nedbøyning

### 6.1 Nedbøyning plate

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand plate - Displacements - Graph - [mm]



Krav til nedbøyning plate (hovedrapport 2.6.6)  $L/350$

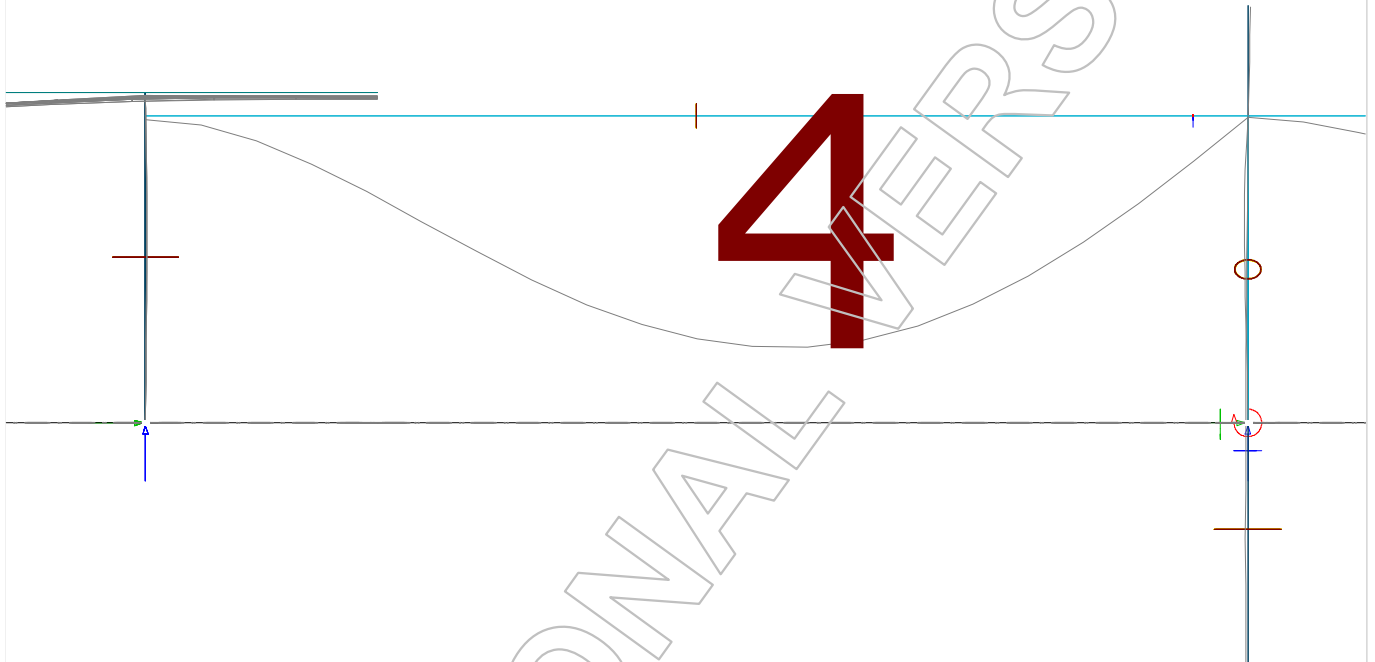
$$14\,105 / 350 = 40,3 \text{ mm}$$

Vi er altså godt innenfor kravet

Project: <b>Bacheloroppgave 2016</b>	Designer: <b>GOT/SH</b>	
Description: <b>Midlertidig ferjekai</b>	<b>FEM-Design 15 © StruSoft</b>	
Signature:	Date: 21.05.2016	Page: 27 / 29

## 6.2 Nedbøyning horisontale stålprofiler

Eurocode (NA: Norwegian) code: 1st order theory - Load combinations - Bruddgrensetilstand tilleggskai - Displacements - Graph - [mm]



Krav til nedbøyning (hovedrapport 2.6.6) stålprofiler er  $L/200$

$$10\ 000 / 200 = 50\ \text{mm}$$

Vi er altså godt innefor kravet.

Project:

Bacheloroppgave 2016

Designer:

GOT/SH

Description:

Midlertidig ferjekai

FEM-Design 15 © StruSoft

Signature:

Date: 21.05.2016

Page: 28 / 29

## 7 Konklusjon

Ut fra dimensjonerende laster har vi gjort følgende dimensjoneringer

Plate:

Betong - B45 - H:500 mm - Cnom 60 mm  
Armering - B500C -  $\varnothing 32/125$  i bunn X retning  
 $\varnothing 32/125$  i bunn Y retning  
 $\varnothing 32/160$  i topp X retning  
 $\varnothing 32/160$  i topp Y retning

Peler under plate:

Betong - B45 - D:600 mm - Cnom 60 mm  
Armering - B500C - Lengdearmering 7  $\varnothing 32$   
- Bøylearmering 8  $\varnothing 8/464$

Stålprofiler:

Horisontale staver: CHS 219.1-5.9

Vertikale peler: CHS 610-12.5

Skråstag: CHS 244.5-6.3

Project: <b>Bacheloroppgave 2016</b>	Designer: <b>GOT/SH</b>	
Description: <b>Midlertidig ferjekai</b>	<b>FEM-Design 15 © StruSoft</b>	
Signature:	Date: 21.05.2016	Page: 29 / 29

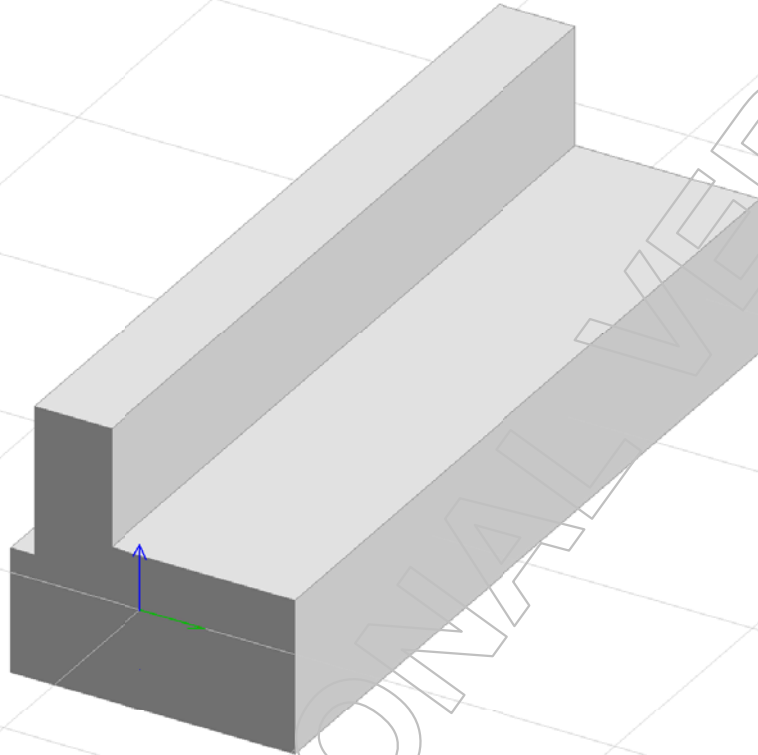
# Vedlegg 5.1

**FEM-Design Rapport landkar**

# VEDLEGG 5.1

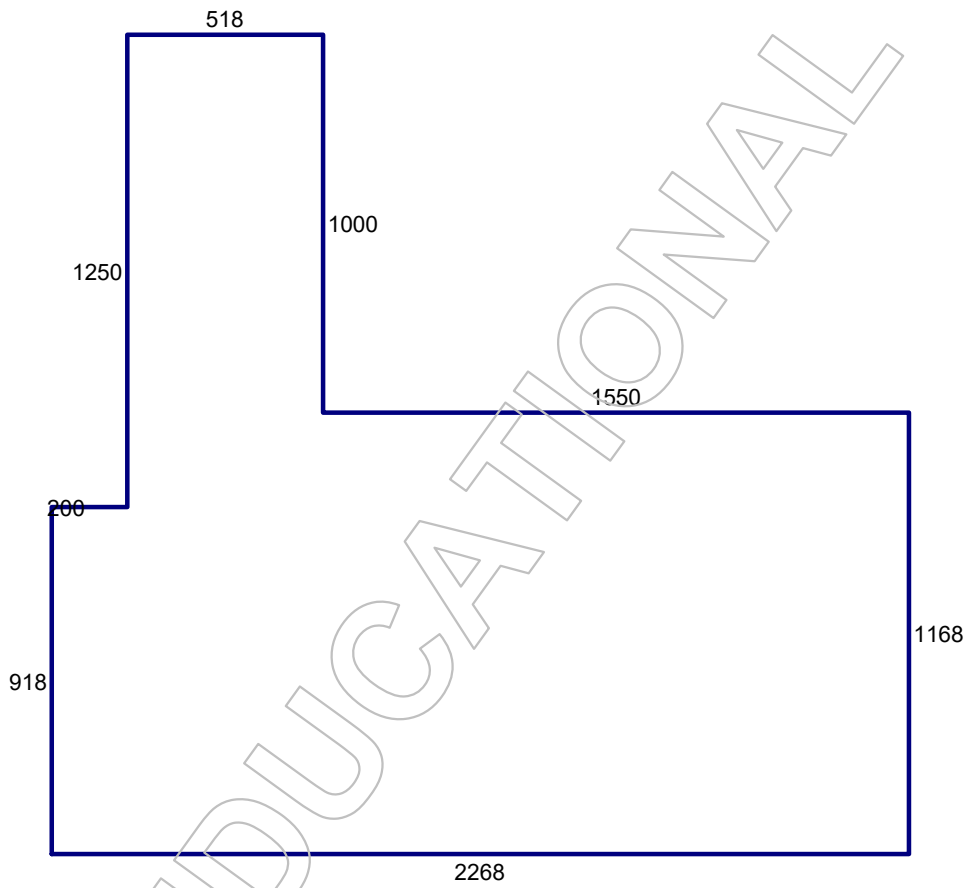
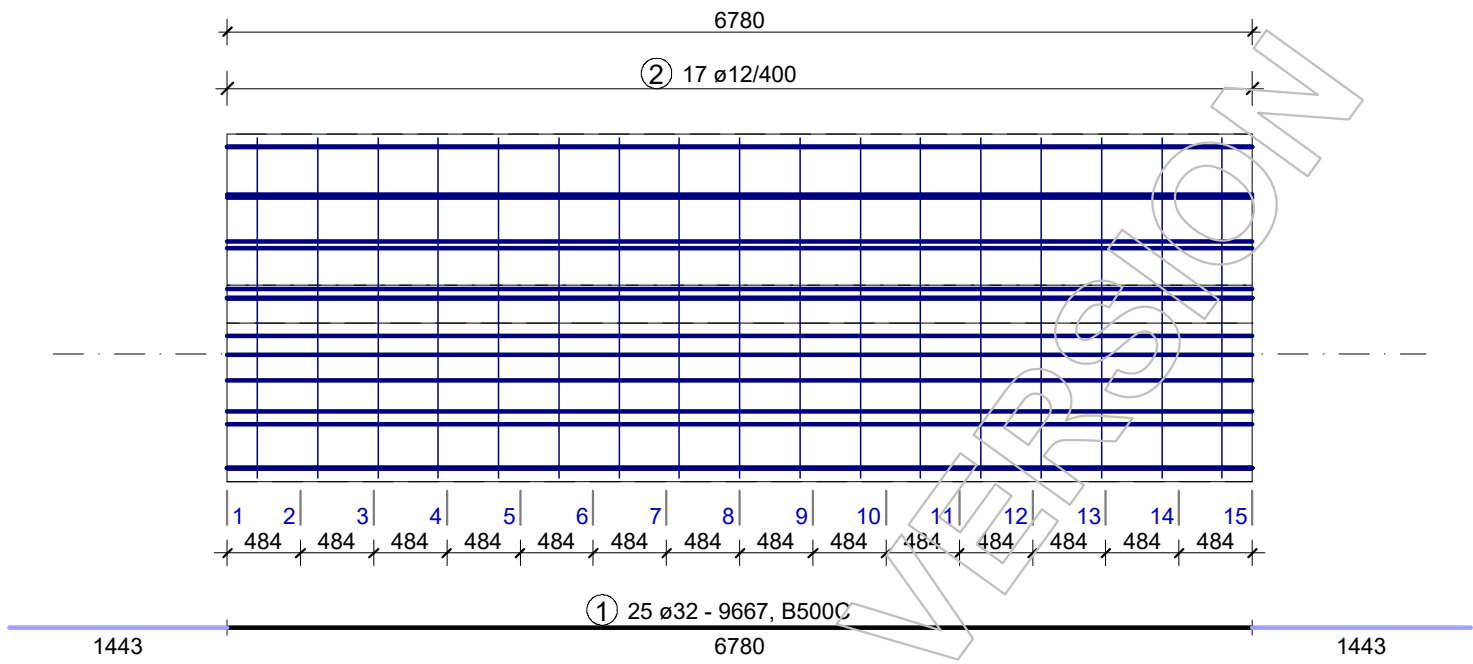
## Rapport landkar FEM-Design

Eurocode (NA: Norwegian)



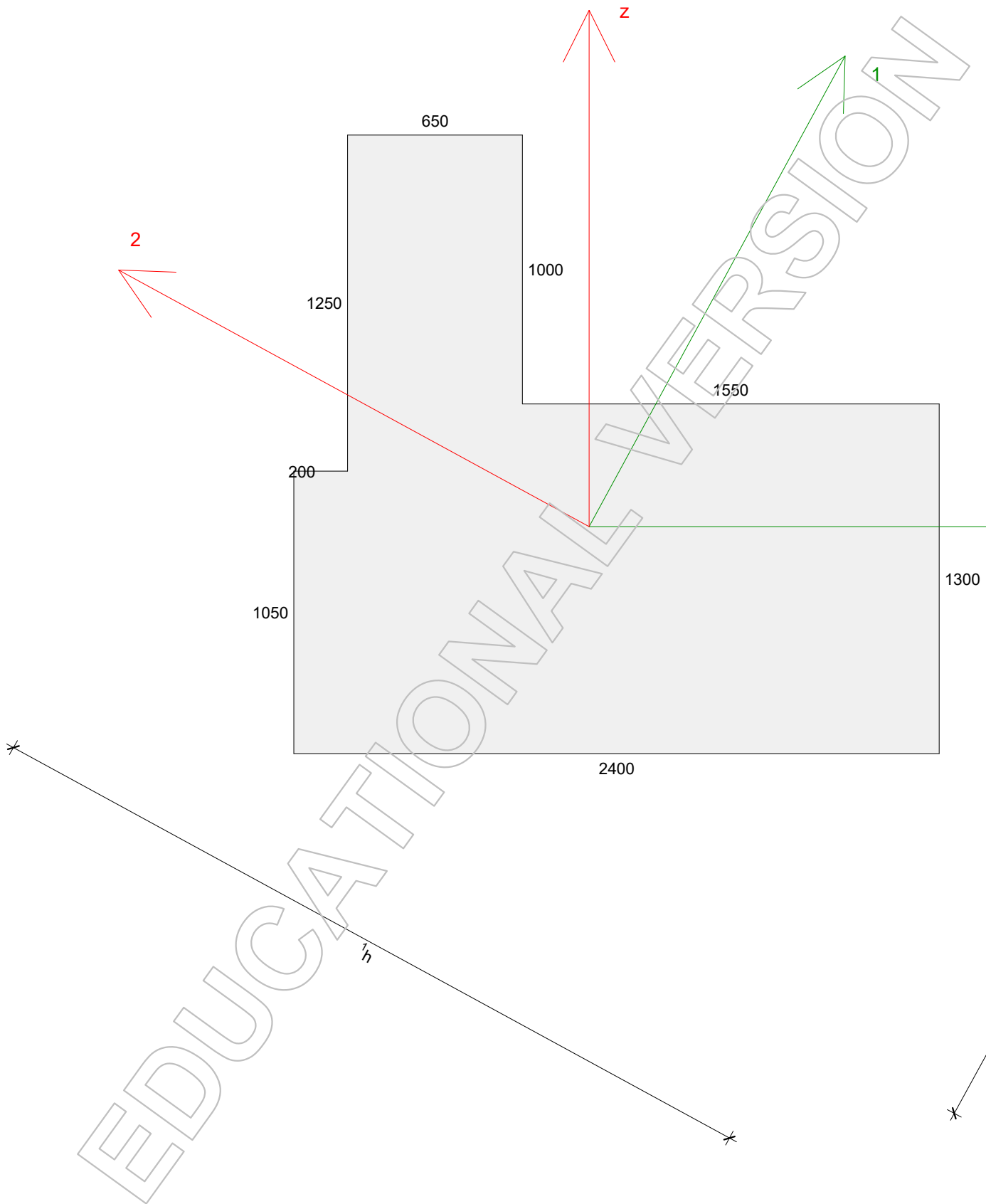
**F.1.1**  
**Maximum of load combinations**

# Reinforcement



②  
17  $\phi$ 12 - 8872  
B500C

# Cross-section



**Materials****C45/55**

$f_{ck}$	=	45.00 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctm}$	=	3.80 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctk,0.05}$	=	2.70 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cm}$	=	36000.00 N/mm <sup>2</sup>
$\alpha_{cc}$	=	0.85 N/mm <sup>2</sup>
$\alpha_{ct}$	=	0.85 N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	=	1.50
$\gamma_{CE}$	=	1.20
$\gamma_s$	=	1.15
$\varphi_{ef}$	=	0.00
$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	=	25.50 N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd} = \alpha_{ct} f_{ctk} / \gamma_c$	=	1.53 N/mm <sup>2</sup>
$E_{cd} = E_{cm} / \gamma_{CE}$	=	30000.00 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{c2}$	=	0.00200 (Table 3.1)
$\epsilon_{cu2}$	=	0.00350 (Table 3.1)
$\cot(\Theta)$	=	1.00 (Eq. 6.8)

**B500C**

$f_{yd} = f_{ywd}$	=	434.78 N/mm <sup>2</sup>
$E_s$	=	200000.00 N/mm <sup>2</sup>
$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$	=	0.00217
$\epsilon_{ud}$	=	0.03000

**Section utilization for axial effects (Part 1.1: 5.8, 6.1)**

Consideration of second order effects

2nd order effect is considered according to nominal curvature method. (Part 1.1: 5.8.8)

Sections	8
2nd order effect in analysis	not considered
$\lambda_{lim}$ [-]	-
$l_{0,1}$ [mm]	-
$i_1$ [mm]	-
$\lambda_1$ [-]	-
2nd order effect in direction 1	not considered
$l_{0,2}$ [mm]	-
$i_2$ [mm]	-
$\lambda_2$ [-]	-
2nd order effect in direction 2	not considered

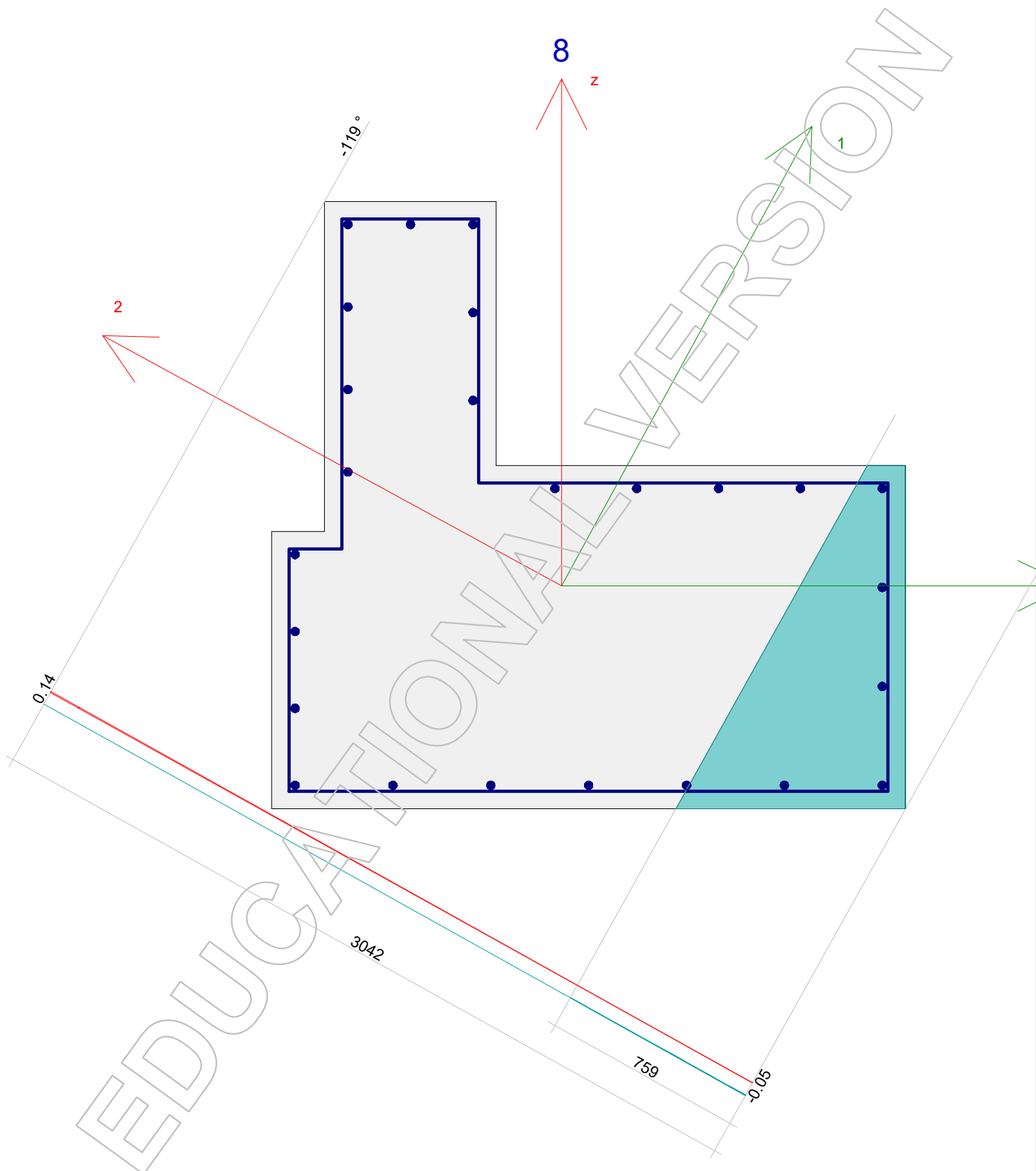
Sections	8
LC	Brudgrænsetilstand
$A_s$ [mm <sup>2</sup> ]	-
$\omega$ [-]	-
$n_u$ [-]	-
$N_{Ed}$ [kN]	0.00
$n$ [-]	-
$K_r$ [-]	-



Sections	8
$\beta_1$ [-]	-
$K_{\varphi,1}$ [-]	-
$i_{s,1}$ [mm]	-
$d_1$ [mm]	-
$1/r_{0,1}$ [1/mm]	-
$1/r_1$ [1/mm]	-
$e_{2,1}$ [mm]	-
$s_1$ [-]	0.00
$M_{0Ed,1}$ [kNm]	0.00
$M_{Ed,1}$ [kNm]	0.00
$\beta_2$ [-]	-
$K_{\varphi,2}$ [-]	-
$i_{s,2}$ [mm]	-
$d_2$ [mm]	-
$1/r_{0,2}$ [1/mm]	-
$1/r_2$ [1/mm]	-
$e_{2,2}$ [mm]	-
$s_2$ [-]	0.00
$M_{0Ed,2}$ [kNm]	0.00
$M_{Ed,2}$ [kNm]	0.00

Stresses and strains (Part 1.1: 6.1(2), 6.1(8), 3.1.7)

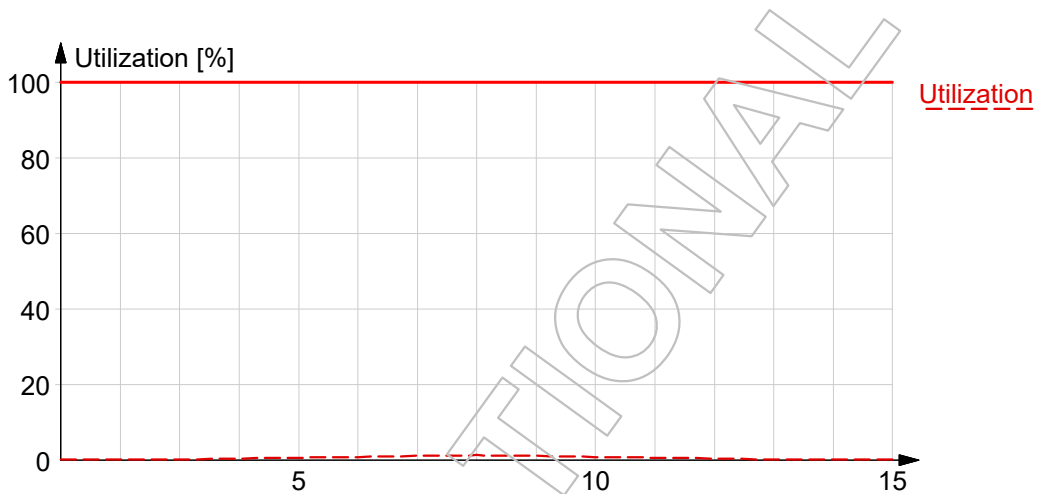
Ultimate limit state



Sections	8
LC	Bruddgrensetilstand
$\epsilon_{\text{steel}} [-]$	0.00014
$\epsilon_{\text{steel,lim}} [-]$	0.03000

Sections	8
$(\epsilon_{\text{steel}}/\epsilon_{\text{steel,lim}})_{\text{max}} [-]$	0.00
$\epsilon_{\text{c,max}} [-]$	-0.00005
$\epsilon_{\text{c,comp}} [-]$	0.00003
$\max(\epsilon_{\text{c,max}}/\epsilon_{\text{cu2}}, \epsilon_{\text{c,comp}}/\epsilon_{\text{cu2}}) [-]$	0.01

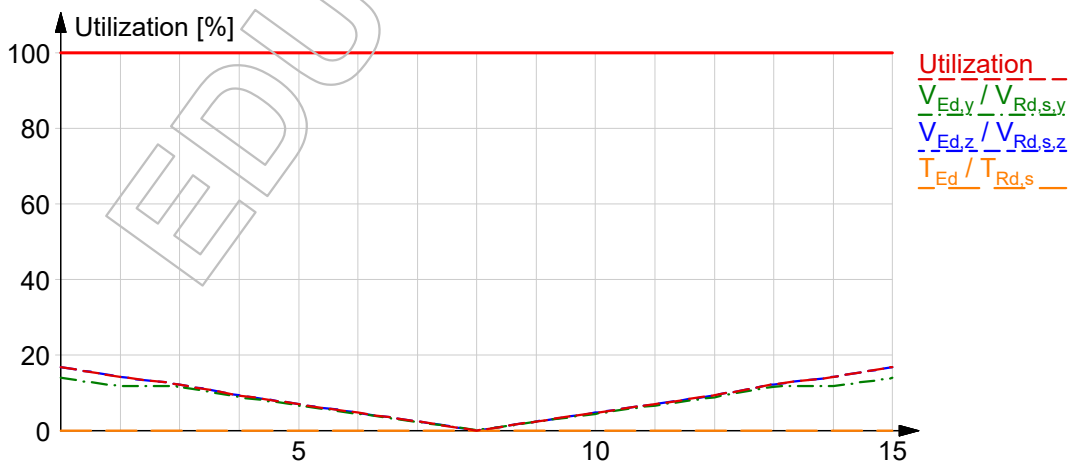
Sections	8
LC	Bruddgrensetilstand
$N_{\text{Ed}}$ [kN]	0.00
$M_{\text{Ed},1}$ [kNm]	0.00
$M_{\text{Ed},2}$ [kNm]	0.00
Utilization [%]	1



### Stirrup utilization for shear and torsion (Part 1.1: 6.2, 6.3)

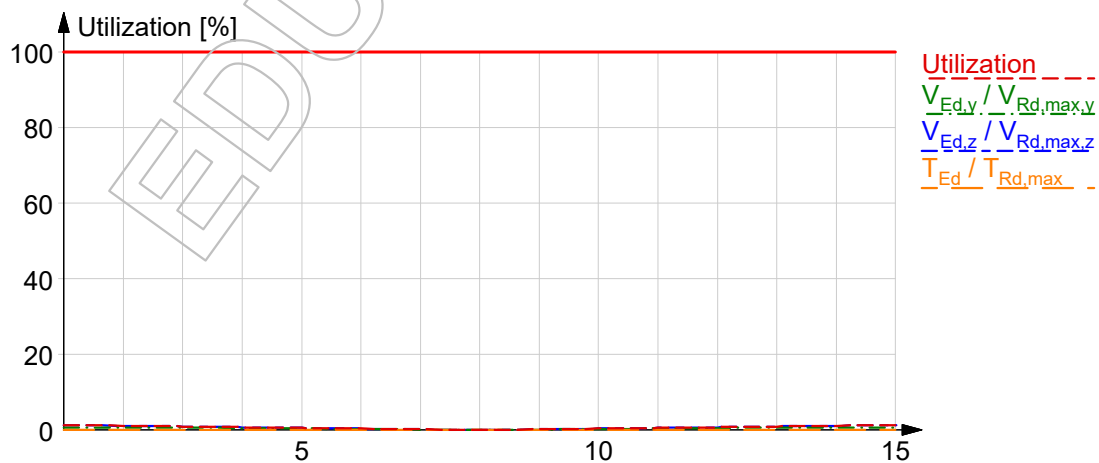
Sections	15
LC	Bruddgrensetilstand
$N_{\text{Ed}}$ [kN]	0.00
$V_{\text{Ed},y}$ [kN]	149.90
$V_{\text{Ed},z}$ [kN]	126.12
$T_{\text{Ed}}$ [kNm]	0.00
$\sigma_{\text{cp}}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.00
$A_{\text{sl}}$ [mm <sup>2</sup> ]	14476
$d_y$ [mm]	2312
$k_y$ [-]	1.29
$b_{w,y}$ [mm]	1300
$\rho_{1,y}$ [-]	0.00482

Sections	15
$v_{\min,y}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.34
$V_{Rd,c,y}$ [kN]	1084.47
$(A_{sw,y}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	245.86
$z_y$ [mm]	2081
$V_{Rd,s,y}$ [kN]	1084.47
$V_{Ed,y}/V_{Rd,s,y}$ [-]	0.14
$d_z$ [mm]	2212
$k_z$ [-]	1.30
$b_{w,z}$ [mm]	650
$\rho_{1,z}$ [-]	0.01007
$v_{\min,z}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.34
$V_{Rd,c,z}$ [kN]	753.64
$(A_{sw,z}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	245.86
$z_z$ [mm]	1991
$V_{Rd,s,z}$ [kN]	753.64
$V_{Ed,z}/V_{Rd,s,z}$ [-]	0.17
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	2016614
$t_{ef}$ [mm]	396
$T_{Rd,c}$ [kNm]	2442.08
$(A_{sw,min}/s) f_{ywd}$ [kN/mm]	122.93
$T_{Rd,s}$ [kNm]	2442.08
$T_{Ed}/T_{Rd,s}$ [-]	0.00
Utilization [%]	17



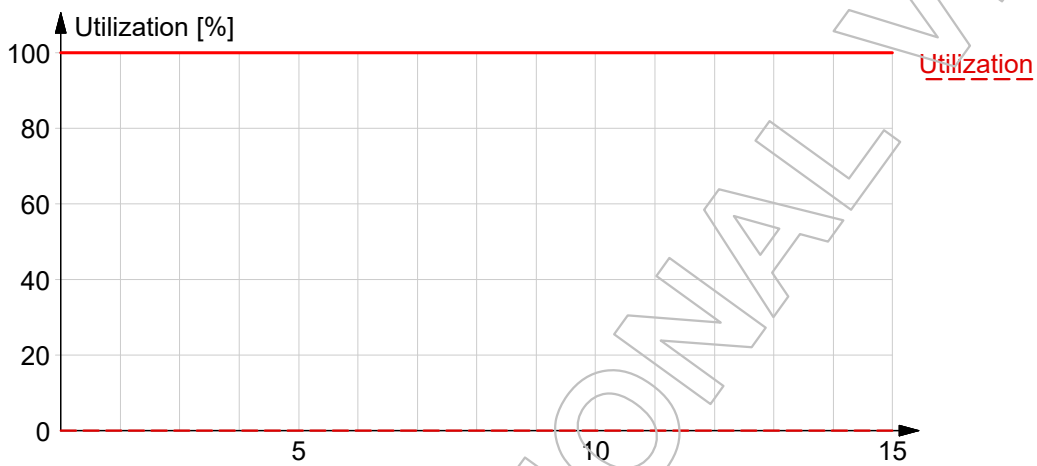
### Concrete utilization for shear and torsion (Part 1.1: 6.2, 6.3)

Sections	1	15
LC	Bruddgrensetilstand	Bruddgrensetilstand
$N_{Ed}$ [kN]	0.00	0.00
$V_{Ed,y}$ [kN]	149.90	149.90
$V_{Ed,z}$ [kN]	126.12	126.12
$T_{Ed}$ [kNm]	0.00	0.00
$\sigma_{cp}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	0.00	0.00
$\alpha_{cw}$ [-]	1.00	1.00
$v_1$ [-]	0.57	0.57
$d_y$ [mm]	2312	2312
$b_{w,y}$ [mm]	1300	1300
$V_{Rd,max,y}$ [kN]	19831.32	19831.32
$V_{Ed,y} / V_{Rd,max,y}$ [-]	0.01	0.01
$d_z$ [mm]	2212	2212
$b_{w,z}$ [mm]	650	650
$V_{Rd,max,z}$ [kN]	9486.78	9486.78
$V_{Ed,z} / V_{Rd,max,z}$ [-]	0.01	0.01
$v$ [-]	0.44	0.44
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	2016614	2016614
$t_{ef}$ [mm]	396	396
$T_{Rd,max}$ [kNm]	9035.68	9035.68
$T_{Ed} / T_{Rd,max}$ [-]	0.00	0.00
Utilization [%]	1	1

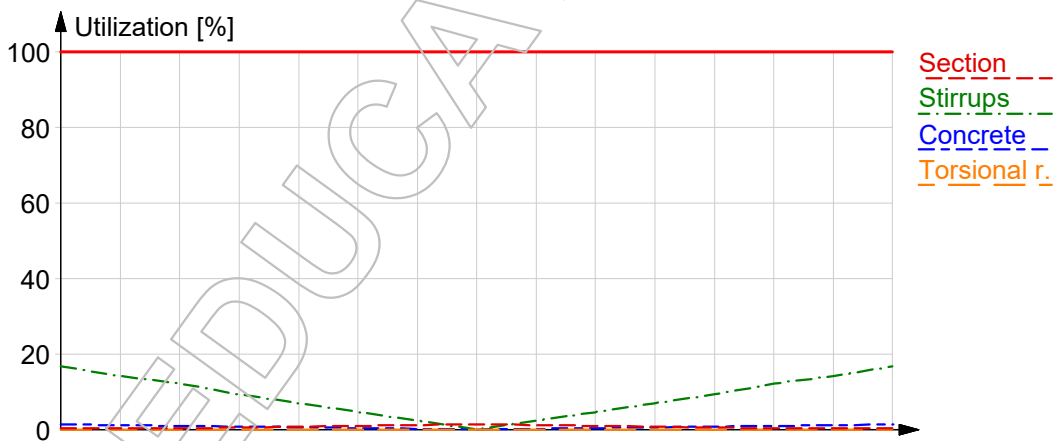


### Torsional reinforcement utilization (Part 1.1: 6.3)

Sections	15
LC	Bruddgrensetilstand
$T_{Ed}$ [kNm]	0.00
$A_k$ [mm <sup>2</sup> ]	2016614
$u_k$ [mm]	7817
$\Theta(A_{sl}f_{yd})$ [N]	8741823
$T_{Rd,sl}$ [kNm]	4510.38
Utilization [%]	0



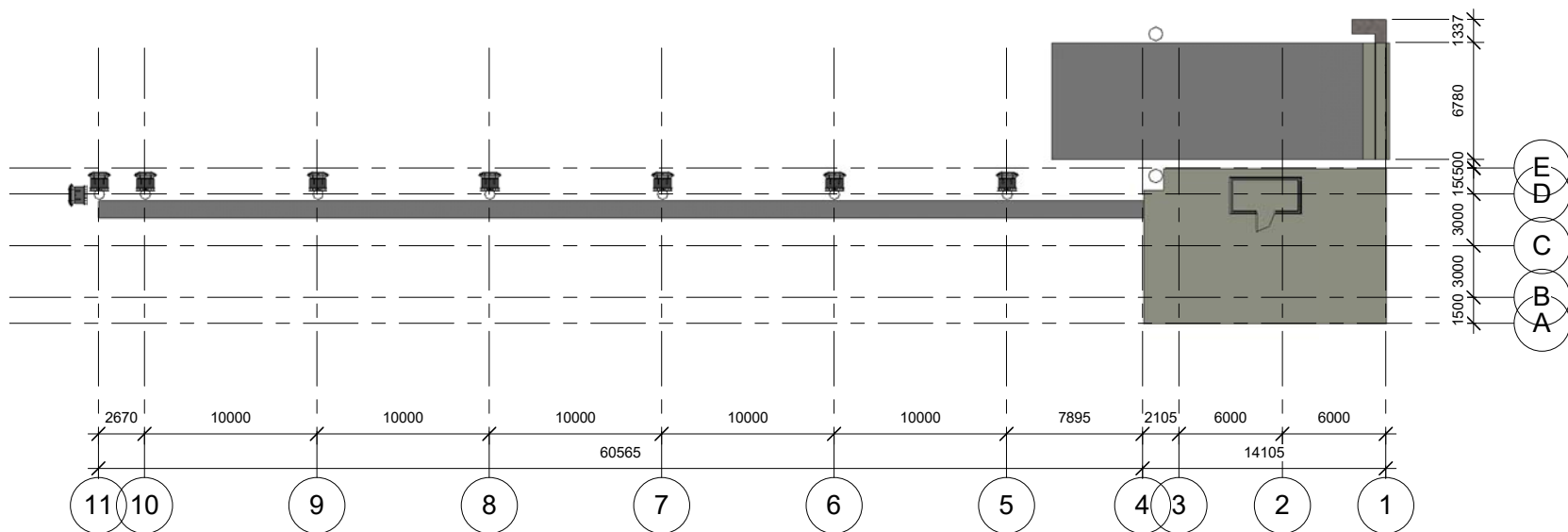
### Summary



# Vedlegg 6

## Tegninger

<b>Tegnings nr.</b>	
A101	Plantegning
A102	Snitt plan
A103	Snitt plate + armering
A104	Snitt søyle + armering
A105	Snitt landkar + armering



1 Plan  
1 : 250



www.autodesk.com/revit

Midlertidig ferjekai

Bacheloroppgave 2016

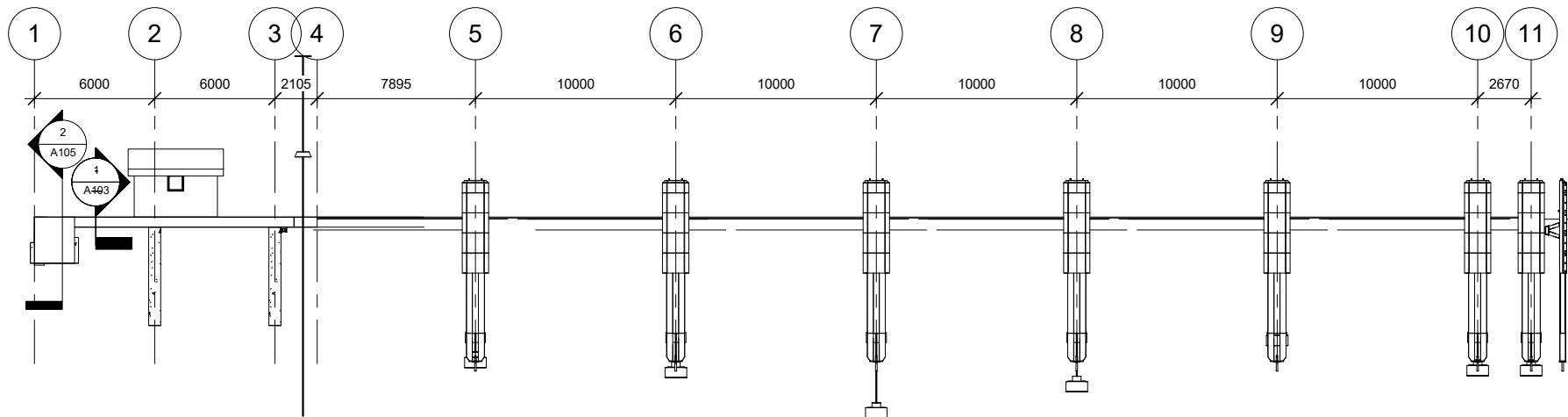
Plantegning ferjekai

Project number	1
Date	21.05.2016
Drawn by	GOT

A101

Scale	1 : 250
-------	---------





1 Snitt  
1 : 200



www.autodesk.com/revit

Midlertidig ferjekai

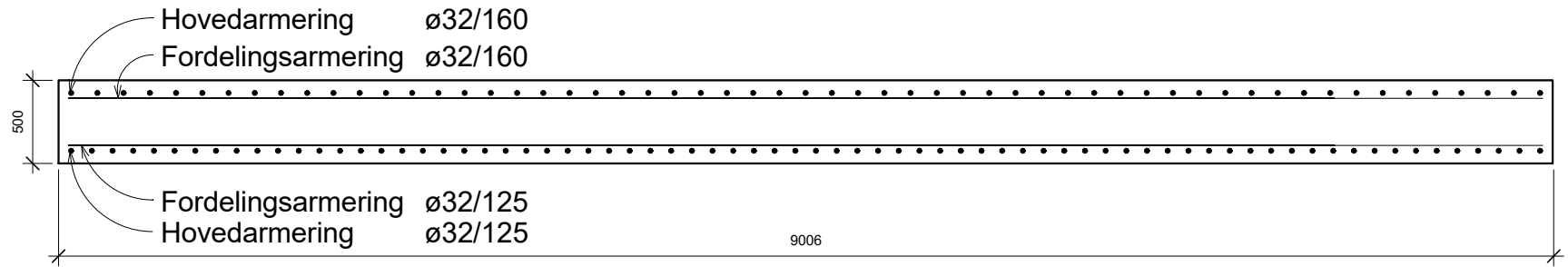
Bacheloroppgave 2016

Snitt

Project number	1
Date	21.05.2016
Drawn by	GOT

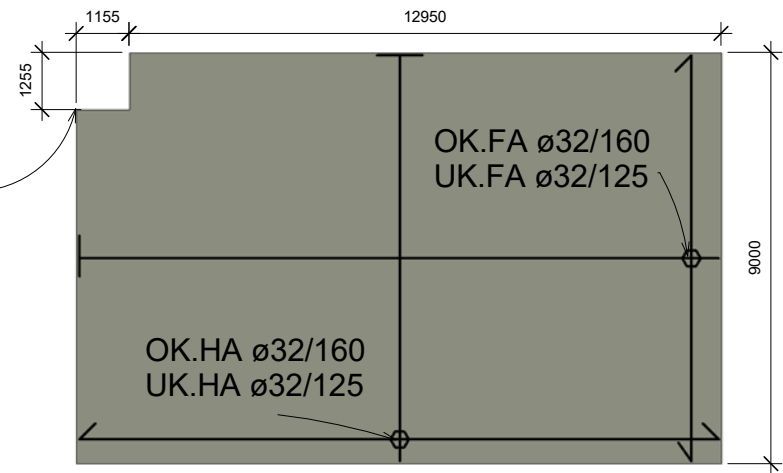
A102

Scale 1 : 200



1 Armering plate  
1 : 25

Utsparring for heisesylinder

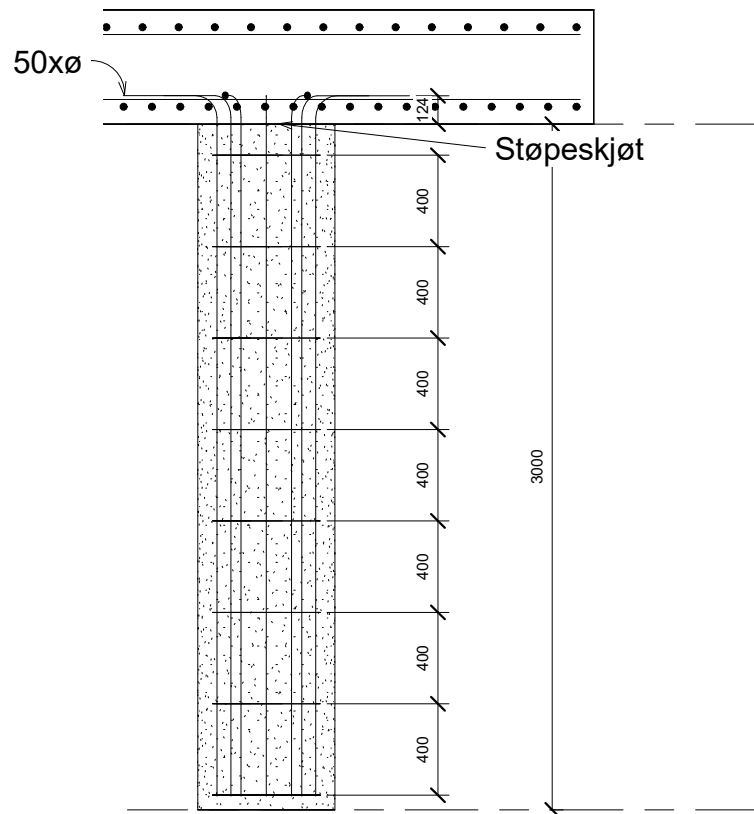


2 Plate plan  
1 : 100

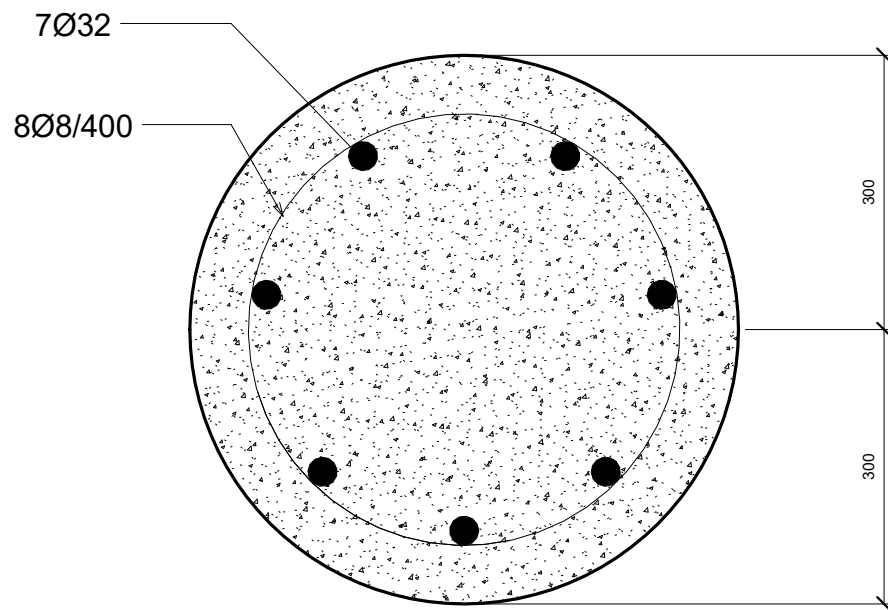
Betong B45  
 Bestandighetsklasse XS3  
 Overdekning Cnom 60 mm  
 Armering B500C



Midlertidig ferjekai		Detaljer plate	
Bacheloroppgave 2016		Project number 1	A103
		Date 21.05.2016	
		Drawn by GOT	
		Scale	As indicated



1 Armering søyle  
1 : 20



2 Armering søyle  
1 : 5

Betong B45  
 Eksponeringsklasse XS3  
 Armering B500C  
 Overdekning Cnom 60 mm



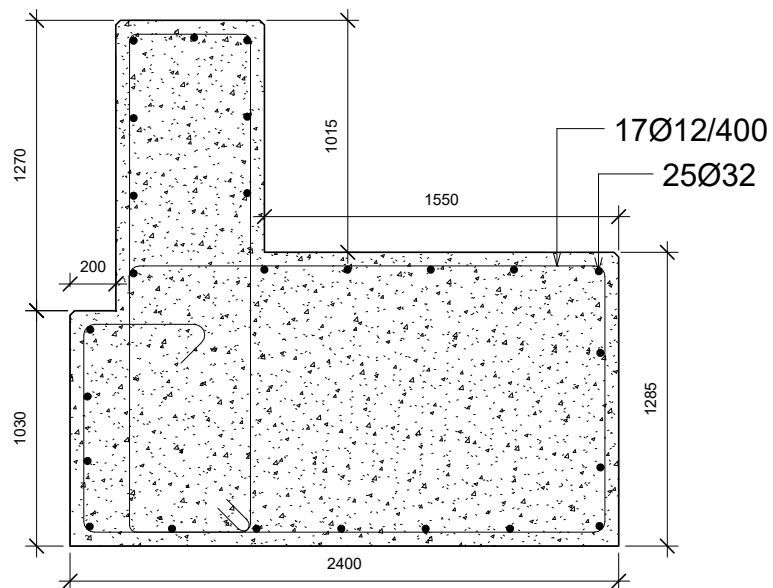
www.autodesk.com/revit

Midlertidig ferjekai

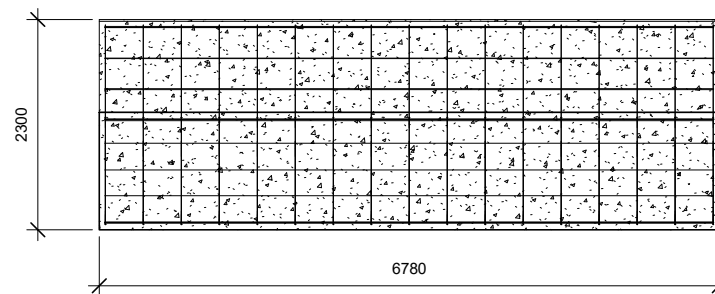
Bacheloroppgave 2016

Detaljer søyle

Project number	0001	A104
Date	21.05.2016	
Drawn by	GOT	Scale
Checked by	Checker	
		As indicated



1 Armering landkar - snitt  
1 : 20



2 Detaljer landkar snitt  
1 : 50

Betong :B45  
 Eksponeringsklasse :XS3  
 Overdekning :Cnom 60 mm  
 Armering :B500C



www.autodesk.com/revit

Midlertidig ferjekai

Bacheloroppgave 2016

Detaljer landkar

Project number	1	A105
Date	21.05.2016	
Drawn by	GOT	
Scale	As indicated	

# Vedlegg 7

Avviksmelding

# SKJEMA FOR AVVIKSMELDING

---

**Dato:** 05.04.16

**Hvem oppdaget feil:** Gruppen

**Beskrivelse av avviket :**

Menglende tid på beregningsdelene i tidsplanleggingen

**Dokumenter der avviket fremkommer** (angi tegningsnr. / evt. sidenr. i annet dokument):

Tidligere Fremdriftsplan.

**Antatt årsak til avviket:**

Lite kunnskap om hvor lang tid dette ville ta.

**Mulige konsekvenser av avviket:**

Tekniske: Lite tid på andre aktiviteter som er satte opp.

Tidsmessige:

Kansje for kort tid til de andre aktivitetene som skal utføres.

**Forslag til utbedring/oppretting/:**

Har en del å gå på når vi kommer til tid ved andre aktiviteter så vi kan skyve de litt frem.

**Forslag til interne forbedringstiltak for å hindre gjentakelser:**

**Dato:**

05.04.16

**Underskrift oppdr. ansv.:**

# Vedlegg 8

Logg og fremdriftsrapport







# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG uke 4

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
4	25/01	Rapportskriving	6	6		
4	26/01	Justering av rapport etter kommentarer fra veileder SVV	6	6		
4	27/01	Ferdigstilling av rapport	6	6		
4	28/01	Justering av rapport etter kommentarer fra veileder NTNU i Ålesund	0	2		
4	29/01	Levering av rapport	0	1		
		Sum timer	18	21		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

5	Uke 5 vil bli benyttet til informasjonsinnhenting og arbeide med det teoretiske grunnlaget i rapporten.
---	---









# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 8

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
8	22/2	Innhenting av Dimensjoneringsdata	5	5		
8	23/2	Innhenting av Dimensjoneringsdata / møte med Kristian	8	8		
8	24/2	Innhenting av Dimensjoneringsdata	5	5		
8	25/2	Innhenting av Dimensjoneringsdata	5	5		
8	26/2	Innhenting av Dimensjoneringsdata	5	5		
		Vi har slitt litt med å finne frem de rette faktorene og lastene som vi må bruke under dimensjoneringene. Det har her blitt litt frem og tilbake på hva vi skal bruke. Det vil da si at beregningene blir utsatt litt, til vi er sikker på at vi har rette laster og faktorer.				
Sum timer			28	28		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

9		Innhenting av Dimensjoneringsdata/ dimensjonering				
---	--	---	--	--	--	--

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 9

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
9	29/2	Innhenting av dimensjoneringsdata	6	6		
9	01/3	Innhenting av dimensjoneringsdata	8	8		
9	02/3	Innhenting av dimensjoneringsdata	6	6		
9	03/3	Innhenting av dimensjoneringsdata	6	6		
9	04/3	Innhenting av dimensjoneringsdata	6	6		
		Sum timer	32	32		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

10		Innhenting av dimensjoneringsdata/ Dimensjonering av plate og tilleggskai/ møte med Kristian Normann angående dimensjonering av kaien				







# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 13

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
13	28/03	Dimensjonering plate/peler, Rapport	6	6		
13	29/03	Dimensjonering plate/peler, Rapport	6	6		
13	30/03	Dimensjonering plate/peler, Rapport	6	6		
13	31/03	Dimensjonering plate/peler, Rapport	6	6		
13	01/04	Dimensjonering plate/peler, Rapport	0	6		
Sum timer			24	30		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

14		Dimensjonering plate/peler, Rapport skriving, Tegning
----	--	---

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 14

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
14	4/04	Beregning/rapport	4	6		
14	5/04	Beregning/rapport	6	6		
14	6/04	Beregning/rapport	6	6		
14	7/04	Beregning/rapport	6	6		
14	8/04	Beregning/rapport	6	6		
Sum timer			28	30		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

15		Rapport/ beregning
----	--	--------------------





# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 17

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
17	25/04	Rapport/ Beregning	6	6		
17	26/04	Rapport/ Beregning	6	6		
17	27/04	Rapport/ Beregning	6	6		
17	28/04	Rapport/ Beregning	6	6		
17	29/04	Rapport/ Beregning	6	6		
Sum timer			30	30		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

18		Rapport/ Beregning
----	--	--------------------

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 18

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
18	02/05	Rapport/Beregning og tegning	6	8		
18	03/05	Rapport/Beregning og tegning	6	6		
18	04/05	Rapport/Beregning og tegning	6	6		
18	05/05	Rapport/Beregning og tegning	6	6		
18	06/05	Rapport/Beregning og tegning	6	6		
Sum timer			30	32		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

19		Rapport/ Muligens noe dimensjonering
----	--	--------------------------------------



# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 19

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
19	09/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	6	6		
19	10/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	6	6		
19	11/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	6	6		
19	12/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	4	6		
19	13/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	4	6		
19	14/05	Rapport/ finpuss på tegninger og beregninger	4	6		
Sum timer			30	36		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

20		Ferdigstilling av rapport/ lage Poster
----	--	--

# IB303312 Bacheloroppgave

## LOGG UKE 20

### Utført arbeid i perioden

Navn på studenter:

Stud1: Sigbjørn Hagen

Stud2: Geir Ove Torgersen

Navn på bedrift/organisasjon: Statens Vegvesen

Navn på veileder ved bedrift/organisasjon: Robin Birkelund Holvik

#### Aktivitetsplan

Uke	Dato	Gjennomført arbeid/Tema/aktivitet	Stud1 Timer	Stud2 Timer	Stud3 Timer	Stu 4 Timer
20	16/05	Ferdigstilling av arbeid	6	6		
20	17/05	Ferdigstilling av arbeid				
20	18/05	Ferdigstilling av arbeid	6	6		
20	19/05	Ferdigstilling av arbeid	6	6		
20	20/05	Ferdigstilling av arbeid	6	6		
20	21/05	Ferdigstilling av arbeid	6	6		
Sum timer			30	30		

Plan for neste uke, tema (aktivitetsplan)

21		Powerpoint
----	--	------------

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt: midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 2	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Statens Vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 2-3	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn): SH/GOT	Dato 22.01.16

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden Fokuset denne perioden har vært på Forprosjektet	
Planlagte aktiviteter i denne perioden Informasjonsinnhenting, målsetting, fremdriftsplan, rapportskrivning	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden Informasjonsinnhenting, målsetting, fremdriftsplan, rapportskrivning	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden Fått erfaring i å skrive forprosjektrapport, samt vite litt om hva en slik rapport skal inneholde. Fått litt erfaring innen prosjektstyring også.	
Hovedhensikt/fokus neste periode Forprosjektrapport innlevering, Begynne på Hovedprosjekt.	
Planlagte aktiviteter neste periode Ferdigstille forprosjektrapport, levere forprosjektrapport, hovedprosjekt, informasjonsinnhenting,	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppedeltaker	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 0	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Statens vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 4-5	Antall timer denne per. (fra logg) Ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH/GOT	Dato 11.02

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Fokuset denne perioden har vært på å opparbeide det teoretiske grunnlaget</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Levere forprosjektrapporten, informasjonsinnhenting til hovedoppgaven.</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Levere forprosjektrapporten, informasjonsinnhenting til hovedoppgaven.</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden <b>Utarbeidelsen av det teoretiske grunnlaget kan være utfordrerne</b>	
Hovedhensikt/fokus neste periode <b>Videre arbeid med de teoretiske grunnlaget, samt begynne å se på valg av løsning.</b>	
Planlagte aktiviteter neste periode <b>Informasjonsinnhenting, Valg av løsning</b>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312</b> <b>Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 1	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Statens vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess</b> <b>Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 6-7	Antall timer denne per. (fra logg) Ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH/GOT	Dato 23.02

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden  Fokuset denne perioden har vært på å opparbeide det teoretiske grunnlaget, samt gjort valg av løsning	
Planlagte aktiviteter i denne perioden  Teoretisk grunnlag, Valg av løsning	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden  Teoretisk grunnlag, Valg av løsning, Skissetegning.	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden  Tungt å komme i gang med arbeidet. Vanskelig å se fremdriften.	
Hovedhensikt/fokus neste periode  Dimensjonering av laster som virker på kaien.	
Planlagte aktiviteter neste periode  Handberegning	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 1	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Statens vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 8-9	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH/GOT	Dato 07.03

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Dimensjonering, Innhenting av dimensjoneringsdata</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Dimensjonering</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Innhenting av dimensjoneringsdata</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter <b>Vi har slitt litt med å komme i gang med dimensjoneringen, og så det at vi måtte hente inn mer informasjon angående laster og faktorer som vi skal bruke.</b>	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden <b>Mye å sette seg inn i når det er helt nytt for begge.</b>	
Hovedhensikt/fokus neste periode <b>Dimensjonering av kaien kontroll</b>	
Planlagte aktiviteter neste periode <b>Dimensjonering av kaien kontroll</b>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers <b>Dimensjonering</b>	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 1	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund /Statens vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 10-11	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH/GOT	Dato 28.03

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Dimensjonering, Innhenting av dimensjoneringsdata</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Dimensjonering</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Innhenting av dimensjoneringsdata</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter <b>Vi har slitt litt med å komme i gang med dimensjoneringen, og så det at vi måtte hente inn mer informasjon angående laster og faktorer som vi skal bruke.</b>	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen <b>Vi vil endre litt på fremdriftsplanen p.g.a at vi har brukt lengre tid på å finne ut hva som måtte være med for at vi kunne starte beregningen, så vi kommer til å forskyve dimensjoneringen.</b>	
Erfaring fra denne perioden <b>Mye å sette seg inn i når det er helt nytt for begge.</b>	
Hovedhensikt/fokus neste periode <b>Dimensjonering av kaien</b>	
Planlagte aktiviteter neste periode <b>Dimensjonering av kaien</b>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers <b>Dimensjonering</b>	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312</b> <b>Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund/Statens vegvesen	Side 1 av 2
<b>Rapport fra prosess</b> <b>Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 13-14	Antall timer denne per. (fra logg) Ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH-GOT	Dato 12.04

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Dimensjonere, Skrive Rapport</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Dimensjonere</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Dimensjonering av plate/tilleggskai, samt noe rapportskrivning</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter <b>Litt mindre dimensjonering av tilleggskai en planlagt</b>	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden	
Hovedhensikt/fokus neste periode Dimensjonering/ Rapportskrivning	
Planlagte aktiviteter neste periode Dimensjonering/ Rapportskrivning	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere



<b>IB303312</b> <b>Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1).	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund/Statens vegvesen	Side 2 av 2
<b>Rapport fra prosess</b> <b>Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 13-14	Antall timer denne per. (fra logg) Ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH-GOT	Dato 12.04

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 1	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund / Statens vegvesen	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 15-16	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH.GOT	Dato 26.04

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Skrive rapport/ Dimensjonering av brubås</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Skrive rapport/ dimensjonering</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Rapportskrivning og dimensjonering</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden	
Hovedhensikt/fokus neste periode Dimensjonering og rapportskrivning Vil prøve å blir ferdige med dimensjoneringen slik at vi kan fokusere mer på rapporten og få sett sammen alt.	
Planlagte aktiviteter neste periode <b>Dimensjonering og rapport skrivning</b>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

<b>IB303312 Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 0	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund / Statens vegvesen	Side 1 av 2
<b>Rapport fra prosess Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 17-18	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH GOT	Dato 12/05

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden <b>Rapport/Beregning og tegning</b>	
Planlagte aktiviteter i denne perioden <b>Rapport/Beregning og tegning</b>	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden <b>Rapport/Beregning og tegning</b>	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden	
Hovedhensikt/fokus neste periode <b>Hovedsakelig skriving av rapport, men de vil også muligen være noe beregning og tegning som gjenstår.</b>	
Planlagte aktiviteter neste periode <b>Rapport og tegning</b>	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

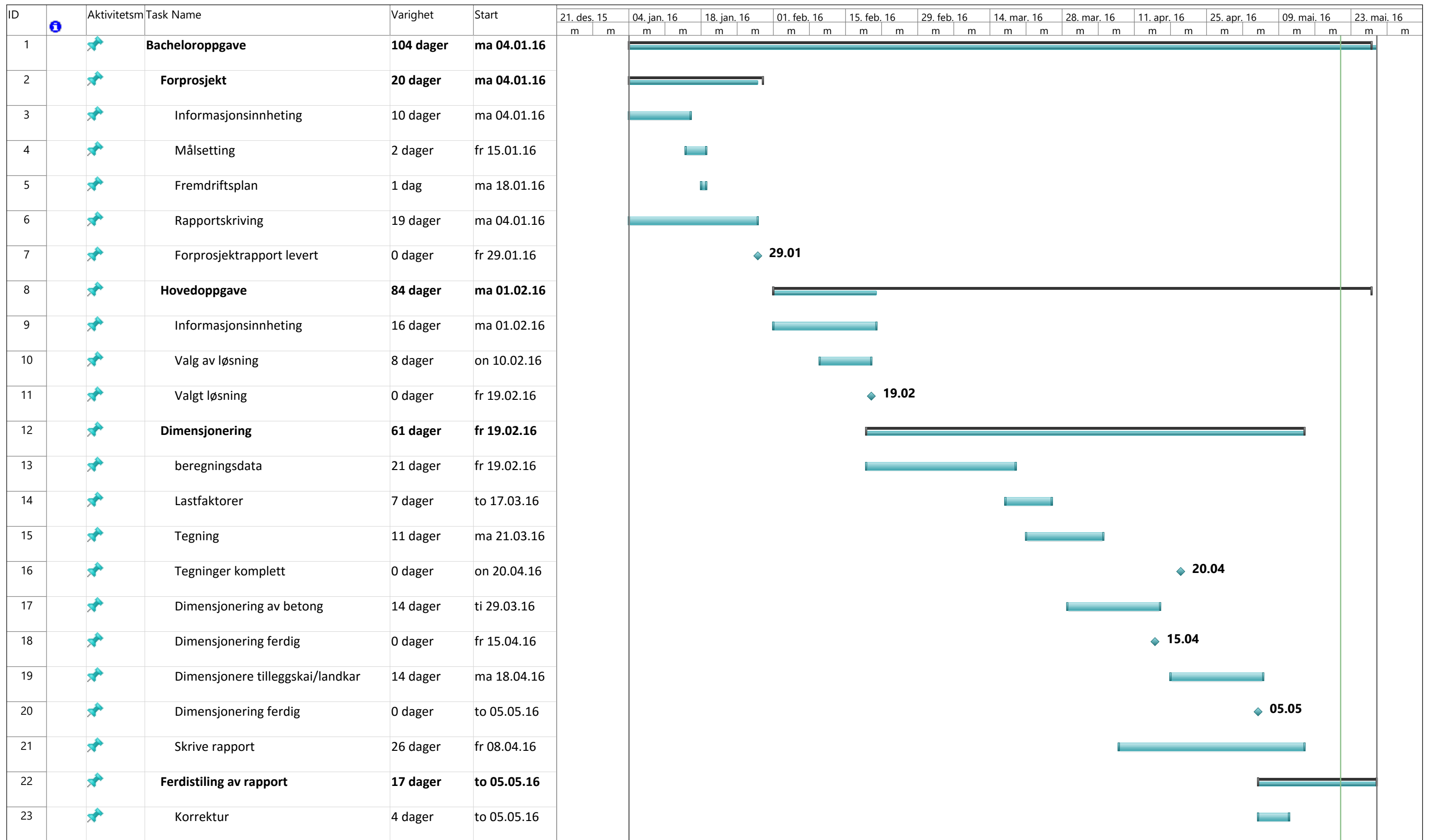
<b>IB303312</b> <b>Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). 0	Firma - Oppdragsgiver NTNU i Ålesund / Statens vegvesen	Side 2 av 2
<b>Rapport fra prosess</b> <b>Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 17-18	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH GOT	Dato 12/05

<b>IB303312</b> <b>Bacheloroppgave</b>	Prosjekt Midlertidig ferjekai	Antall møter denne periode 1). samtaler	Firma - Oppdragsgiver Høgskolen i Ålesund /	Side 1 av 1
<b>Rapport fra prosess</b> <b>Framdriftsrapport</b>	Periode/uke(r) 19-20	Antall timer denne per. (fra logg) ca. 6 timer	Prosjektgruppe (navn) SH GOT	Dato 20/05

Hovedhensikt / fokus for arbeidet i denne perioden  Ferdigstilling av rapport	
Planlagte aktiviteter i denne perioden  Ferdigstilling av arbeid	
Virkelig gjennomførte aktiviteter i denne perioden  Ferdigstilling av arbeid	
Beskrivelse av/begrunnelse for eventuelle avvik mellom planlagte og virkelige aktiviteter	
Beskrivelse av /begrunnelse for endringer som nå ønskes i selve prosjektets innhold eller i den videre framgangsmåten - eller framdriftsplanen	
Erfaring fra denne perioden	
Hovedhensikt/fokus neste periode  Powerpoint og fremføring	
Planlagte aktiviteter neste periode  Powerpoint og fremføring	
Annet	
Ønske om /behov for veiledning, tema i undervisningen – drøfting ellers	
Godkjenning/signatur gruppeleder	Signatur øvrige gruppedeltakere

# Vedlegg 9

**Fremdriftsplan**



Project: Fremdriftsplan bachelo Date: lø 21.05.16	Task		Project Summary		Manual Task		Start-only		Deadline	
	Split		Inactive Task		Duration-only		Finish-only		Progress	
	Milestone		Inactive Milestone		Manual Summary Rollup		External Tasks		Manual Progress	
	Summary		Inactive Summary		Manual Summary		External Milestone			

ID	Aktivitetsm	Task Name	Varighet	Start	21. des. 15		04. jan. 16		18. jan. 16		01. feb. 16		15. feb. 16		29. feb. 16		14. mar. 16		28. mar. 16		11. apr. 16		25. apr. 16		09. mai. 16		23. mai. 16	
					m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
24		Kopiering	3 dager	on 18.05.16																								
25		Powerpoint	6 dager	fr 13.05.16																								
26		Levering av bachelor	2 dager	to 26.05.16																								
27		Levering	1 dag	fr 27.05.16																								
28		Presentasjon	2 dager	to 26.05.16																								
29		Fremføring	0 dager	to 26.05.16																								

Project: Fremdriftsplan bachelo Date: lø 21.05.16	Task		Project Summary		Manual Task		Start-only		Deadline	
	Split		Inactive Task		Duration-only		Finish-only		Progress	
	Milestone		Inactive Milestone		Manual Summary Rollup		External Tasks		Manual Progress	
	Summary		Inactive Summary		Manual Summary		External Milestone			