

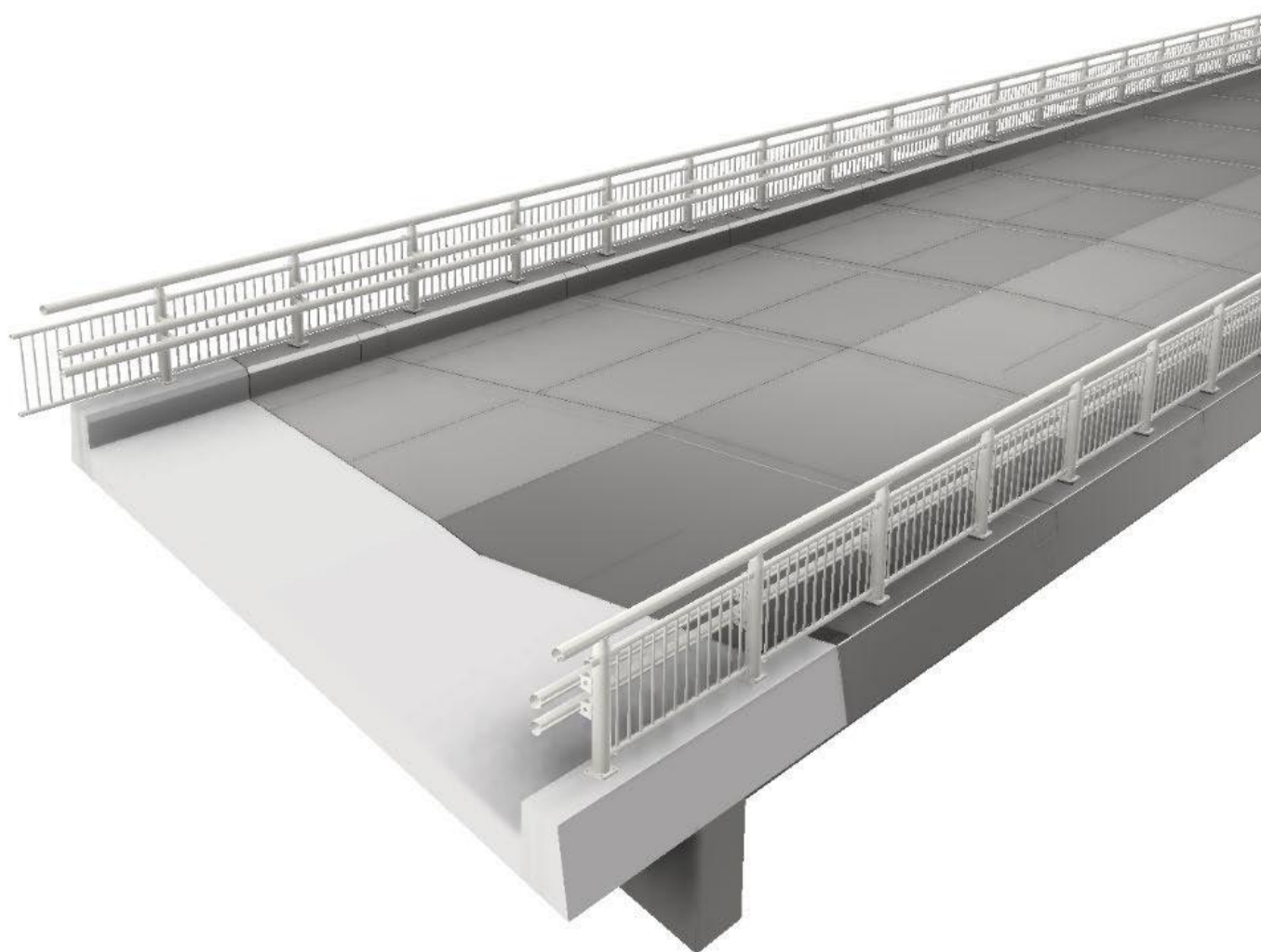


# Ya bru - Erfaringsrapport

Automatisert produksjon basert på lasersveis for bygging av stålbruer

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 923



**Tittel**

Ya bru - Erfaringsrapport

**Undertittel**

Automatisert produksjon basert på lasersveis for bygging av

**Forfatter****Avdeling**

Teknologi og utvikling Utbygging

**Seksjon****Prosjektnummer****Rapportnummer**

923

**Prosjektleder**

Cato Dørum

**Godkjent av****Emneord**

Stålbru lasersveis erfaringsrapport Ya  
Utbygging automatisert stål

**Sammendrag**

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med et FoU-arbeid for å utvikle en automatisert produksjonsprosess for bygging av stålbruer basert på laser- og laser-hybridsveising. Målet med dette arbeidet er å vise at automatisert produksjon med bruk av lasersveis kan gi gevinster både med tanke på kvalitet, økonomi og miljø. Arbeidet har bestått i bygging av overbygning i stål til Ya bru i Kvikne kommune, og har vært gjennomført som et samarbeid mellom Statens vegvesen Divisjon Utbygging og Prodtex. DNV har bidratt som rådgiver på områder som kvalifisering, kvalitetskontroll og kvalitetssikring av laser- og laser-hybrid sveis.

**Title**

Ya bru - Experience report

**Subtitle**

Automated production based on laser welding for building of steel bridges

**Author****Department**

Technology and Development

**Section****Project number****Report number**

923

**Project manager**

Cato Dørum

**Approved by****Key words**

Steel bridge structures laser welding Ya

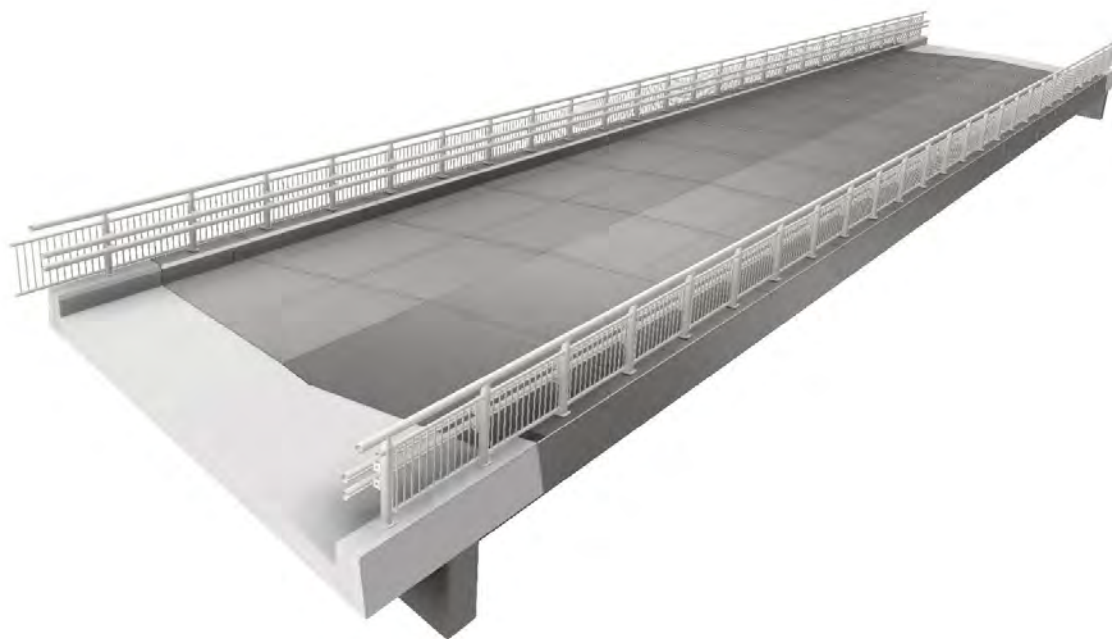
**Summary**

## Forord

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med et FoU-arbeid for å utvikle en automatisert produksjonsprosess for bygging av stålbruer basert på laser- og laser-hybridsveising. Målet med dette arbeidet er å vise at automatisert produksjon med bruk av lasersveis kan gi gevinster både med tanke på kvalitet, økonomi og miljø. Arbeidet har bestått i bygging av overbygning i stål til Ya bru i Kvikne kommune, og har vært gjennomført som et samarbeid mellom Statens vegvesen Divisjon Utbygging og Prodtex. DNV har bidratt som rådgiver på områder som kvalifisering, kvalitetskontroll og kvalitetssikring av laser- og laser-hybrid sveis.

Erfaringsrapporten fra byggingen av Ya bru er skrevet av Emilie Roppen Bjåstad, Prodtex. Det er også gitt et vedlegg til rapporten, skrevet av DNV, ved Stian Gurrik og Tone Hasle.

## ERFARINGSRAPPORT YA-BRU – PRODTEX



Revisjon	Kommentar	Dato	Ansvarleg
0	Første utgave		ERB
1	Andre utgave	16/06/23	ERB
2			
3			
4			

## INNHOLDSLISTE

INNHOLDSLISTE.....	2
1 SAMMENDRAG.....	4
2 INNLEDNING.....	5
3 BESKRIVELSE AV KONSTRUKSJONEN.....	6
3.1 SANDWICHDEKKET .....	7
3.2 STÅLBJELKER .....	10
3.3 ENDETVERRBÆRER .....	11
3.4 TRANSPORT .....	11
3.5 SAMANSTILLING BRU-STED .....	11
4 PRODUKSJONSFORBEREDELSE.....	15
4.1 KVALIFISERING AV SVEIS .....	15
4.2 SKJÆRLÅS.....	17
5 PRODUKSJON .....	19
5.1 SOFTWARE .....	19
5.2 PRODUKSJONSUTSTYR (HARDWARE).....	20
5.3 LAGER OG LOGISTIKK.....	21
5.4 PREFABRIKASJON AV PLATER.....	21
5.5 PREFABRIKASJON AV T-PROFILER .....	21
5.6 PRODUKSJON SANDWICHELEMENT .....	21
5.7 STÅLBJELKE.....	26
5.8 UTFORDRINGER I PRODUKSJONEN.....	26
6 HELSE, MILJØ OG SIKKERHET (HMS) .....	28
6.1 MONTERING MED ROBOT.....	28
6.2 SVEISING MED LASER OG LASERHYBRID .....	28
6.3 ARBEIDSMILJØ.....	28
7 KVALITET .....	29
7.1 SERTIFISERING.....	29
7.2 ENGINEERING.....	29
7.3 MATERIALE.....	29
7.4 SKJÆRING/FUGING .....	29
7.5 NDT.....	29
8 FREMDRIFT.....	30
8.1 PRODUKSJONSFORBEREDENDE FASE.....	30
8.2 PREFAB .....	30
8.3 DECKSEGMENT.....	31
8.4 BJELKER .....	31
8.5 OVERFLATEBEHANDLING OG MEMBRAN.....	31
8.6 MONTASJE BRUSTED .....	31
9 MILJØ .....	33
9.1 OPPSUMMERING MILJØ .....	34
9.2 MODERNE TEKNOLOGI SOM FORBRUKER MINDRE ENERGI. ....	39
9.3 BRUK AV REN, FORNYBAR ENERGI. ....	41
9.4 VALG AV MILJØVENNLIGE INNSATSMATERIALER.....	42
9.5 KORT AVSTAND TIL MARKEDET .....	42
10 VEDLEGG .....	43

11 REFERANSER.....44

## 1 SAMMENDRAG

---

Ya-prosjektet er fortsettelsen på et utviklingsprosjekt mellom Statens Vegvesen, Prodtex og DNV. Målet er å vise at automatisert produksjon med laser- og laserhybridsveis av store stålkonstruksjoner til bru gir bedre kvalitet, redusert miljøavtrykk og har en lavere kostnad enn tradisjonell produksjon i Europa og Asia. Utviklingsprosjektet startet med bygging av Frønesbrua (Gangbru Åfjord, 2021). Både Frønesbrua og Ya-bru er FoU-prosjekt finansiert av Ferjefri E39.

Ya bygger videre på produksjonsmetodikken som var utprøvd i Frønesprosjektet. En viktig lærdom fra Frønesprosjektet er at alle langsgående profiler i sandwichdekket må monteres og punktsveises før fullsveising for å redusere deformasjon og «innebygde» spenninger.

I produksjonen benyttes automatisert montering og punkting i sandwichdekket, prefabrikasjon av t-profiler til både sandwichdekket og tverrammene i stålbjerkene er automatisert. Offline- og onlinesveising med laser, laserhybrid og robotisert MIG benyttes i hele konstruksjonen. Det er spesielt lite manuelt sveisearbeid i sandwichdekket og noe mer i de underliggende stålbjerkene.

Nye sveiseprosedyrer for laser, laserhybrid og MIG er utarbeidet og kvalifisert. I tillegg er sveiseprøver av lapweld sendt til Swerim for analyse og testing av utmattingsegenskaper i sveisen.

Den automatiserte sveisingen gir redusert sveisetid og eliminerer mulighet for menneskelige feil uavhengig av om det er robotisert MIG, laserhybrid- eller lasersveis. I tillegg er energiforbruket og graden av deformasjon lavere ved bruk av laser og laserhybridsveis enn ved manuell sveising.

Elementene til broen ble produsert uten forsinkelser av betydning for leveringsfristen, og de automatiserte prosessene oppnådde ønsket produksjonsflyt.

## 2 INNLEDNING

---

Rapporten beskriver prosessen med utvikling og produksjon av brukasse i stål til Ya-bru på Riksveg 3 i Nord-Østerdalen. Broen krysser elva Ya på tettstedet Kvikne i Tynset kommune og erstatter en eldre bru.

Etter avtale med Statens Vegvesen leverer Prodtex ferdig sammenstilt brukasse i stål, prefabrikkert ved Prodtex sin fabrikk på Fiskå. Leveransen inkluderer også overflatebehandling på områder av bunnplaten i sandwichdekket til stålkassen, samt membran på topplaten.

Prosjektet er et FOU-prosjekt finansiert av Ferjefri E39, målet er å verifisere at automatisert produksjon i Norge er konkurransedyktig med stål levert fra verft i Asia og Europa.

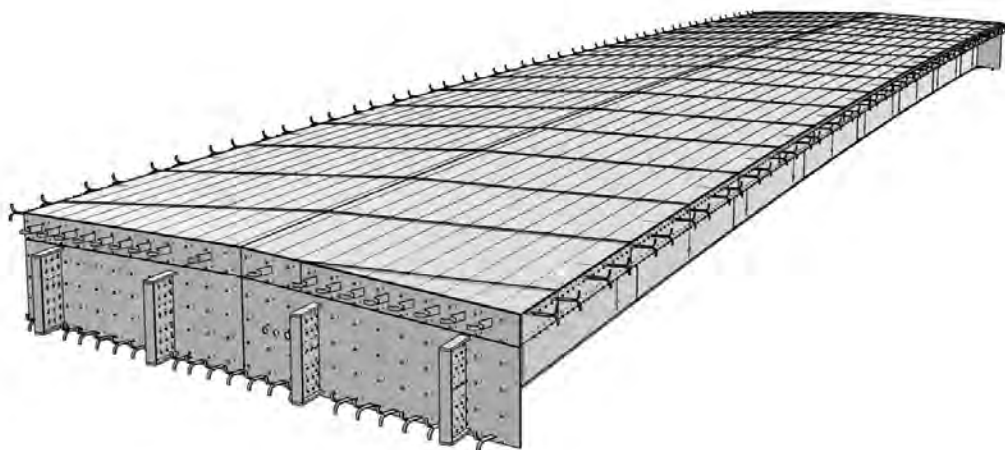


### 3 BESKRIVELSE AV KONSTRUKSJONEN

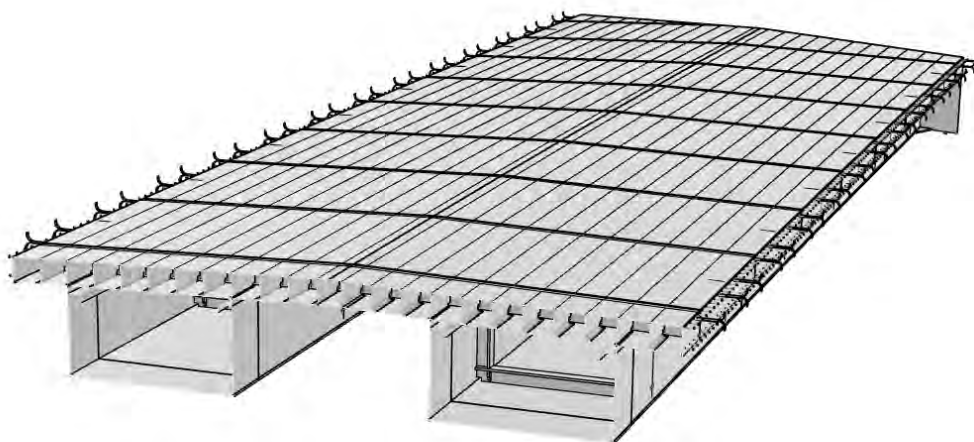
Broen består av et sandwichdekke og to parallelle stålbjelker. Konstruksjonen er lukket i hver ende av en endeplate med fire konsoller som utgjør endetverrbæreren.

Hoveddimensjoner.:	Lengde	48m
	Bredde	9m
	Høyde	1.7m
	Vekt	213.5t

De prefabrickerte elementene av sandwichdekket, stålbjelkene og endeplatene er dimensjonert slik at de kan transporteres på vei til montasjestedet. Det er også lagt vekt på at de prefabrickerte elementene skal være relativt enkle å sammenstille.



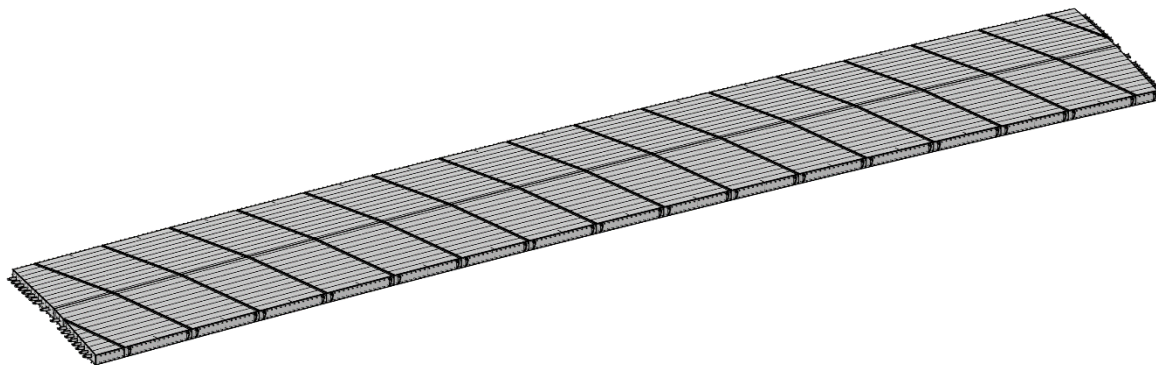
Figur 1.: Stålkasse bru



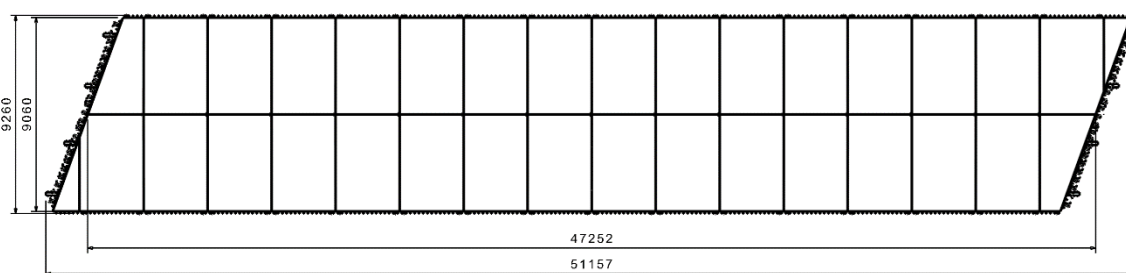
Figur 2.: Snitt Stålkasse bru

### 3.1 SANDWICHDEKKET

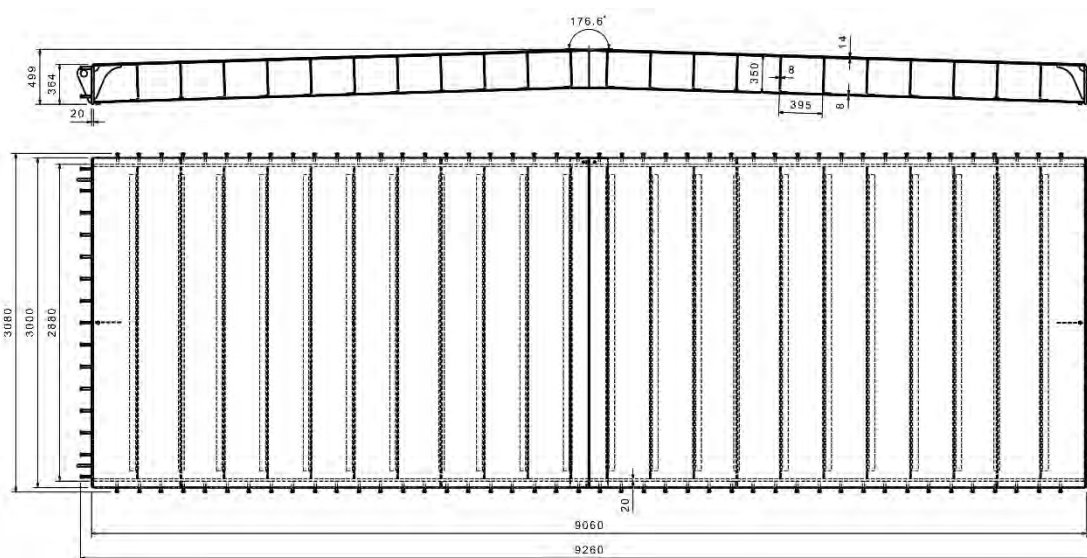
Sandwichdekket består av 18 sammenføyede Decksegment. To av segmentene, Endesegmentene, er ulike de resterende 14. Endesegmentene er tilpasset opplagringspunktene og endeskjørtet i betong som har en vinkel mot stålkassen på 20 grader.



Figur 3.: Sandwichdekket



Figur 4.: Hoveddimensjoner bru

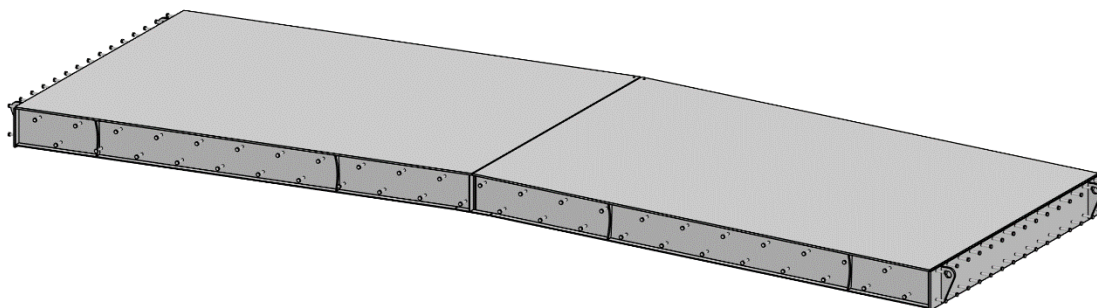


Figur 5.: Hoveddimensjoner Decksegment

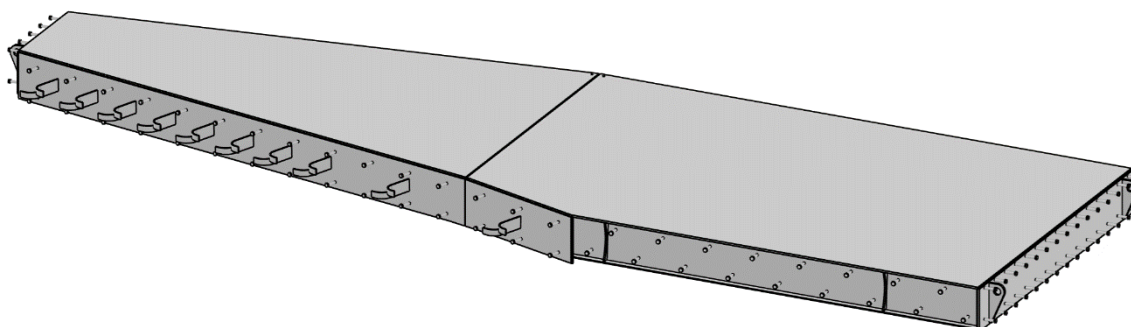
### 3.1.1 Decksegment

Decksegmentene, med unntak av «Endesegment Type 2», består av to sammenføyede paneler skjøtet i senter. Standard Decksegment er sammensatt av to speilede paneler og Endesegment Type 1 er sammensatt av to ulike paneler.

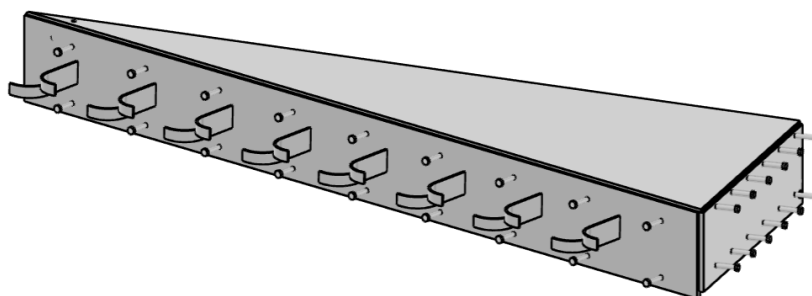
Decksegmentene skjøtes mot hverandre i tverrgående retning. Segmentene er lukket og tverrsteget er utstyrt med dybler. Etter skjøting fylles hulrommet mellom segmentene med støpemasse. Ref.: /Kap. 4.2/.



Figur 6.: "Standard" Decksegment



Figur 7.: Endesegment Type 1

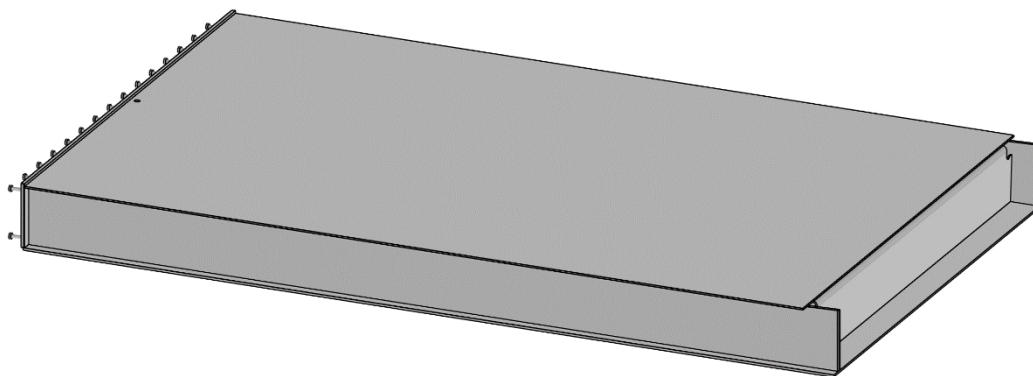


Figur 8.: Endesegment Type 2

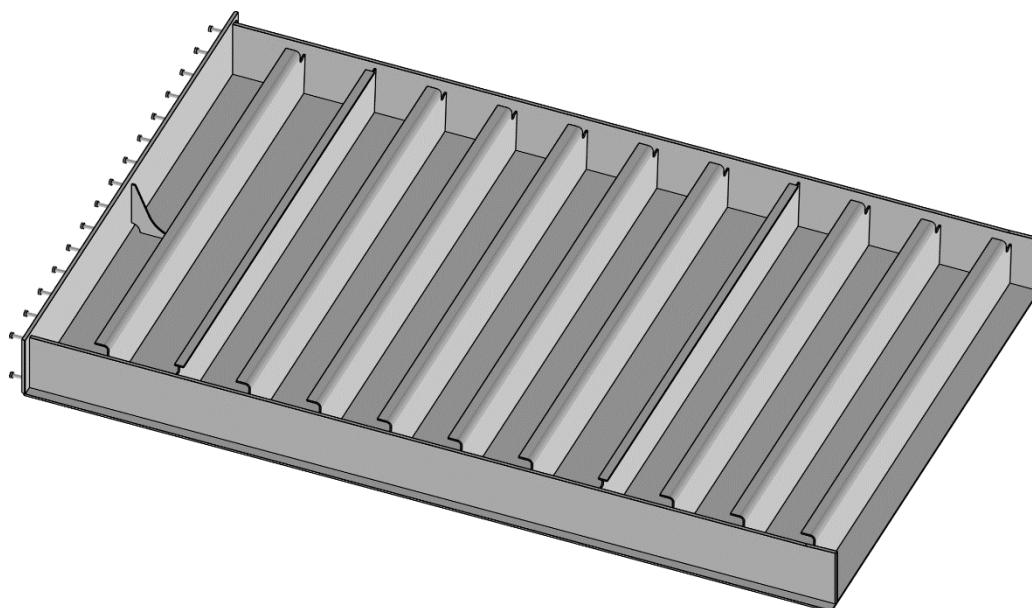
### 3.1.2 Sandwichpanel

Sandwichpanelene består av en topplate med 11 langsgående stivere, 9 av stiverne har knekt flens og to stivere har t-flens. Stiverne med t-flens er plassert direkte over stegene i stålkassen under. Panelet er lukket i tverrgående retning av to tverrsteg. I langsgående retning er panelet åpent mot senter av brudekket og det er lukket av en sideplate med dybler der kantdrager i betong skal festes etter ferdig montasje av stålkassen.

Når alle komponentene over er plassert og sveiset, lukkes panelet med en bunnplate.



Figur 9.: Standard Sandwichpanel med bunnplate

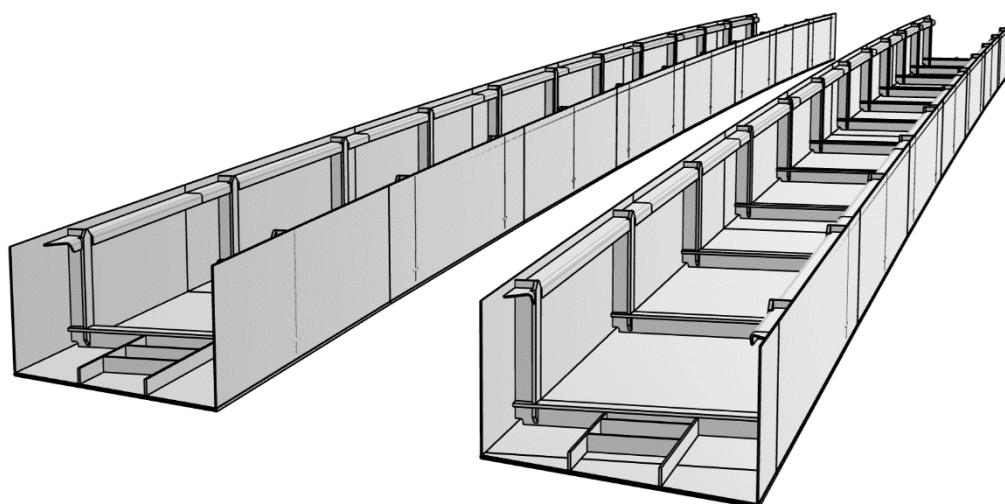


Figur 10.: Standard Sandwichpanel uten bunnplate

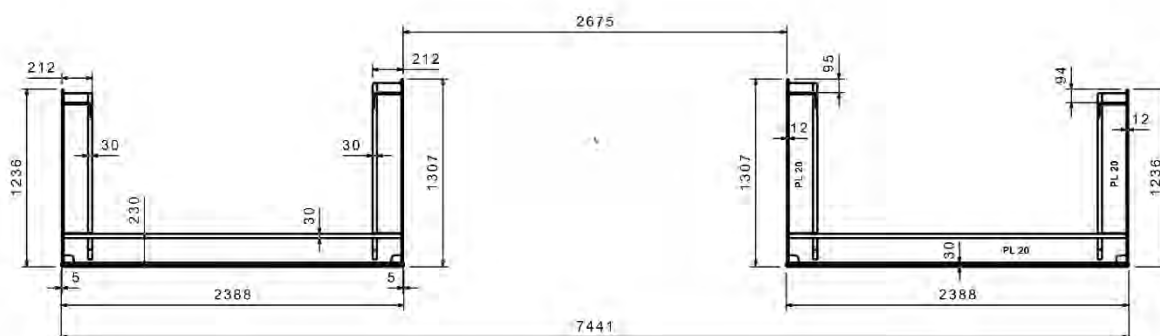
### 3.2 STÅLBJELKER

De to parallelle stålbjelkene er U-formet. De har tverrgående rammer av T-profiler hver fjerde meter i hele lengden. I tillegg har de vertikale stegene i bjelken steg-stivere innvendig mellom hver tverrramme langs hele bro lengden. Stålbjelkene er utstyrt med mannhull for å muliggjøre inspeksjon. Totalt fire mannhull er montert, ett i hver ende av hver bjelke.

Stålbjelkene er identiske, men rotert 180 grader i forhold til hverandre. En stålbjelke består av to prefabrikkerte elementer. Det ene elementet er 23 meter langt, det andre er 25 meter, disse elementene har en vekt på henholdsvis 21,1tonn og 22.6tonn.



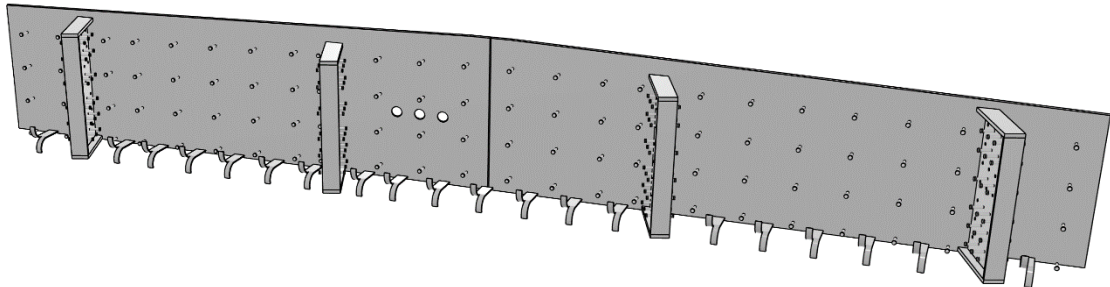
Figur 11.: Stålbjelker



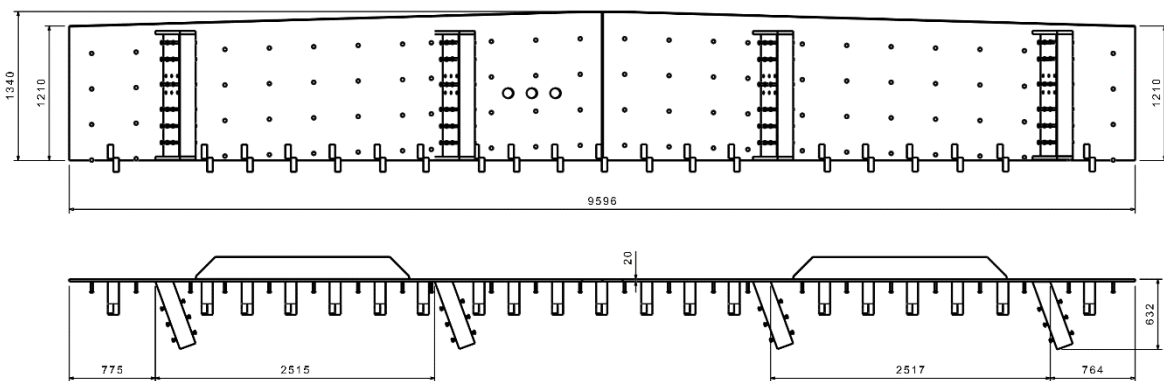
Figur 12.: Målsatt skisse Stålbjelker tverrsnitt

### 3.3 ENDEVERRBÆRER

Endetverrbærere består av to plater som er sveiset sammen til en hel plate. Platen dekker tverrsnittet til stålkassen og den har fire flensede konsoller med dybler og hull til armering er montert. I tillegg er dybler montert på selve platen sammen med bøyde flattjern for heft til endeskjørtet.



Figur 13.: Endetverrbærer



Figur 14.: Målsatt skisse Endetverrbærer

### 3.4 TRANSPORT

Alle elementene til stålkassen er transportert på vei fra fabrikk til montasjested. Hjørungavåg Transport står for transporten.

Elementene til stålbejken sendes på første forsendelse, etterfulgt av Decksegment og endetverrbærere.

### 3.5 SAMANSTILLING BRU-STEDE

Det er i prosjektet estimert at løft av ferdig sammenstilt bru fra riggplass og ut i elv vil gi en høyere total kost enn sammenstilling av bru direkte i elv. Dette på grunn av høye kostnader knyttet til leie av kran med kapasitet til å løfte ca. 215 tonn med utlegg på over 25m. Det er derfor bestemt at montasje og sammenstilling av stålkassen skal foregå i elv.

I elven er det lagt fylling og montert opp brureis, broen har tre midlertidige opplagringspunkt i elven, og to på land. Montasjen/Ferdigstilling av stålkassen er delt inn i fem etapper.

### 3.5.1 Etappe 1.: Plassering av Stålbjelker

Innløft, posisjonering og punktsveising av stålbjelker. Ett og ett element løftes inn og posisjoneres. Begge elementene til første stålbjelke legges ut og er punktet sammen før første element på neste stålbjelke løftes inn.



Figur 16.: Montasje av stålbjelker



Figur 15.: Montasje av Decksegment

### 3.5.2 Etappe 2.: Plassering av Decksegment

Innløft, posisjonering og punktsveising av Decksegment. Det første segmentet er plassert på toppen av stålbjelnene i senter av brukassen, resterende segmenter er lagt ned fra midten og ut på hver side. Segmentene er punkt-sveiset mot motstående segment og stålkassene.



Figur 17.: Montasje av Decksegment

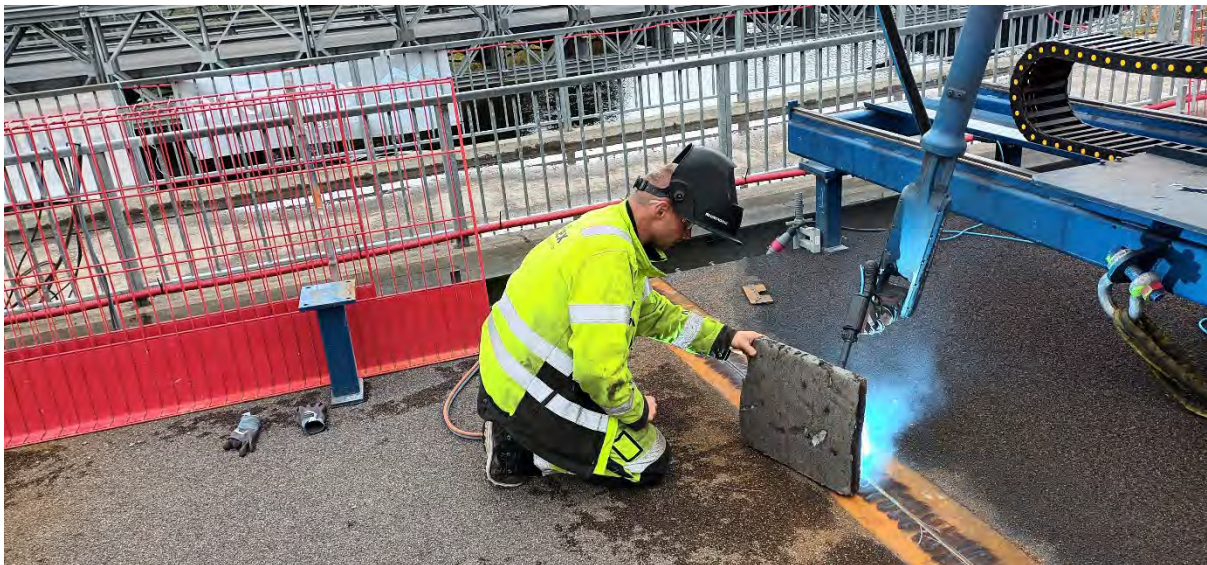
### 3.5.3 Etappe 3.: Sveising og NDT

Når alle elementene til stålbejlen og Decksegmentene er posisjonert og punktet sammen sveises konstruksjonen.

Det er lagt bunntråd i topp- og bunnplatene til Sandwichdekket, samt i skjøytene mellom stålbejelkeelementene og i skøyten mellom stålbejlen og sandwichdekket. Etter bunntråden er lagt fylles fugene opp.

Sveiserobot er tatt i bruk for å fylle fugene i topplatene på sandwichdekket, resterende sveisearbeid er manuelt utført.

Det er utført NDT-arbeid i henhold til WIC på sveiser lagt på stålbejlen, der det er nødvendig er reparasjoner utført i henhold til kontroll og inspeksjonsplan.



Figur 18.: Sveis av skjøtesone i toppdekket



#### **3.5.4 Etappe 4.: Støp av skjøtesoner**

Støp av skjøtesoner i Sandwichdekket starter først når sveisingen av Decksegment og Stålkasser er fullført. Sementblanding av Norcem STD FA med tilsetningsstoffet Weber V-ga er pumpet inn i de to langsgående hulrommene mellom to og to Decksegment. Sementblandingen er pumpet inn på laveste punkt i sidekanten på Decksegmentene, og luften slippes ut gjennom en åpning i topplaten.

#### **3.5.5 Etappe 5.: Ferdigstilling**

Endetverrbærer med konsoller og resterende komponenter (Diverse braketter, flattstål, mannhull og profiler) er det siste som monteres og sveises på stålkassen. Stålbjelker med mannhull trykk-testes og resterende NDT og sveisereparasjoner utføres. Når alt av sveisearbeider og NDT er fullført repareres og ferdigstilles overflatebehandlingen og membranarbeidet.

## 4 PRODUKSJONSFORBEREDELSE

### 4.1 KVALIFISERING AV SVEIS

Kvalifisering av sveis er tidkrevende og medfører kvalifiseringskostnader i form av medgått arbeidstid, produksjonsressurser til testing og utarbeiding av prosedyre, samt tredjepartskontroll. Erfaringsmessig kreves det mer tid og ressurser til testing av laser- og laserhybridsveiser enn MIG. MIG er en utbredt sveisemetodikk i Norge. Laser- og laserhybridsveis er fortsatt relativt nytt og lite brukt, spesielt utenfor laboratorier.

Et estimat over antall sveisemetere i konstruksjonen er tatt i bruk for å få oversikt over forbindelser hvor det er gunstig å benytte laser- eller laserhybridsveis. (Estimatet tar ikke hensyn til antall strenger per sveis). Oversikten viser at to forbindelser utgjør ca. 65% av alle estimerte sveiseforbindelser.

Disse to forbindelsene er.:

- Langsgående stiver mot topplate
- Langsgående stiver mot bunnplate

Det er besluttet at henholdsvis laserhybrid- og lasersveis kvalifiseres og benyttes på disse forbindelsene. Det reduserer produksjonstiden til sandwichdekket samt kostnader knyttet til bearbeiding av plater. I tillegg er varmepåvirkningen av stålet mindre enn ved bruk av MIG, noe som reduserer behovet for retting av komponenter.

Tabellen under viser forskjeller mellom MIG-sveis og Laser-/Laserhybridsveis av de to forbindelsene.:

Forbindelse	Sveisemetodikk
Langsgående stiver mot topplate	<b>Robot MIG – Sveisehastighet 0,5m/min.:</b> <i>Nødvendig med sveisefuge og åpning for å oppnå full gjennombrenning. Dette kan gjøres fra en eller begge sider. Estimert at forbindelse krever tre sveisestrenger for å fylle ensidig fuge.</i>
	<b>Laserhybrid – Sveisehastighet 1m/min.:</b> <i>Ingen fuge nødvendig for full gjennombrenning med baksveis. Forbindelse krever en sveisestreng og kontakt mellom stiver og topplate.</i>
Langsgående stiver mot bunnplate	<b>Robot MIG – Sveisehastighet 0,5m/min.:</b> <i>Bunnplaten må deles mellom hver langsgående profil og fuges. Det er nødvendig med sveisefuge i hver skøyt og full gjennombrenning. Estimert at hver forbindelse krever tre sveisestrenger.</i>
	<b>Lasersveis (lapweld) – Sveisehastighet 2m/min.:</b> <i>Ikke nødvendig å dele opp bunnplate mellom hver langsgående profil. Lapweld sveiser gjennom bunnplate og ned i underliggende flens på langsgående stivere. For hver stiver kreves to strenger i hele lengden, i tillegg til en tredje streng i hver ende av stiverne, der må være kontakt mellom flens og bunnplate.</i>

#### 4.1.1 Generelt

Sveisekvalifiseringen utføres på plasma-kuttete plater som er slyngrenset og har ruhet SA 2.5. Materialkvalitet er SSAB Weathering 355 ML, materialet viste seg å være godt egnet til laser- og laserhybridsveising. Platebestillingen til sveisekvalifiseringen har samme spesifisering som plater bestilt til produksjon.

##### 4.1.1.1 Rensing av sveisesoner

Sveisesoner blir renset med trykkluft før sveising.

Sveisesonene til lapwelden blir i tillegg behandlet med «Binzel anti spatter spray» for å redusere forekomst av sveisesprut.

##### 4.1.1.2 Sveiseparametere

Sveiseparameter som justeres i testing av sveis til kvalifisering. For sveiseparameter brukt i prosjektet se vedlegg for WPS

Sveiseparameter.:

- Sveisegass
- Sveisehastighet
- Lasereffekt
- MIG spenning/effekt
- Fokus
- Sveisevinkel
- Buelengde
- Avstand laserlys til MIG-tråd (Gjelder kun laserhybridsveis)
- Ledende laser eller tråd (Gjelder kun laserhybridsveis)

##### 4.1.1.3 Typiske sveisefeil

Ved sveisefeil er det typisk disse feilene som oppstår.:

- Manglende baksveis
- Undercut
- Porer (Minimalt)
- Sveisesprut

#### 4.1.2 Laserhybridsveis

Laserhybridsveis benyttet i prosjektet.

Type	Platetykkelse	Beskrivelse
T-forbindelse	8mm mot 8mm	Horisontal, ingen fuge. Full gjennombrenning med baksveis.

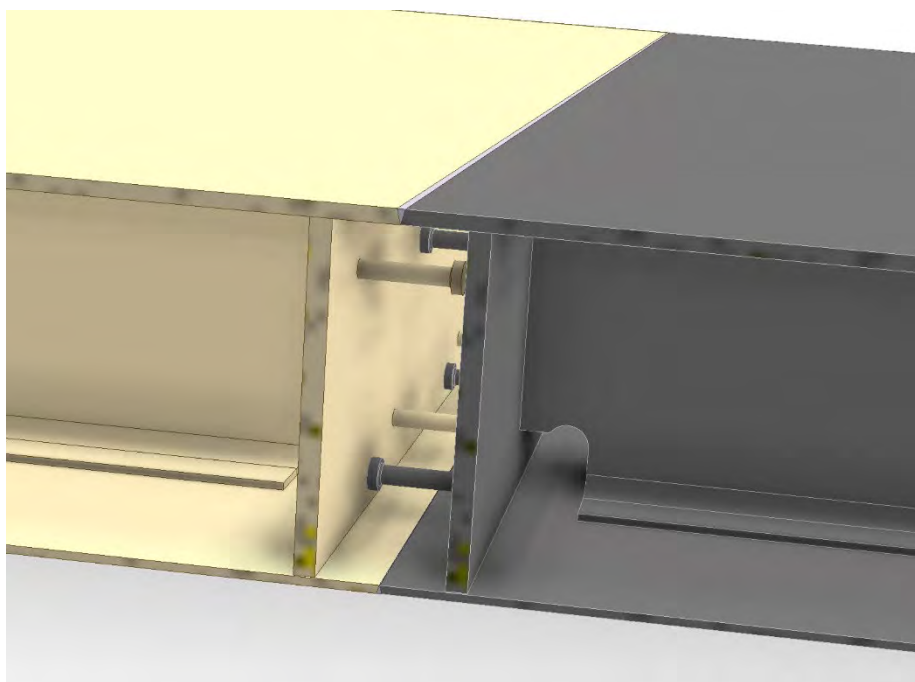
#### 4.1.3 Lasersveis

Lasersveis benyttet i prosjektet.

Type	Platetykkelse	Beskrivelse
Lapweld	8mm mot 8mm, 8mm mot 20mm	Horisontal, ingen fuge. Innbrenning 2mm.

## 4.2 SKJÆRLÅS

Transport av bruelement på vei setter begrensninger for størrelse og vekt. Elementene er derfor mindre enn om de hadde blitt fraktet sjøveien, noe som fører til flere skjøtesveiser på montasjested. På Ya ble det gjort et valg om å produsere topp-dekke i full bredde og lengde på 3 meter. For å unngå sveising av alle langsgående stivere ved sammenstilling på brusted ble det utviklet en skjøtemetode der en støpemasse tar alle trykk og skjærkrefter. Det er da bare topp- og bunnplate på sandwichdekket som må sveises på brusted. Når støpemasse er herdet vil den ta både trykk og skjærkrefter.

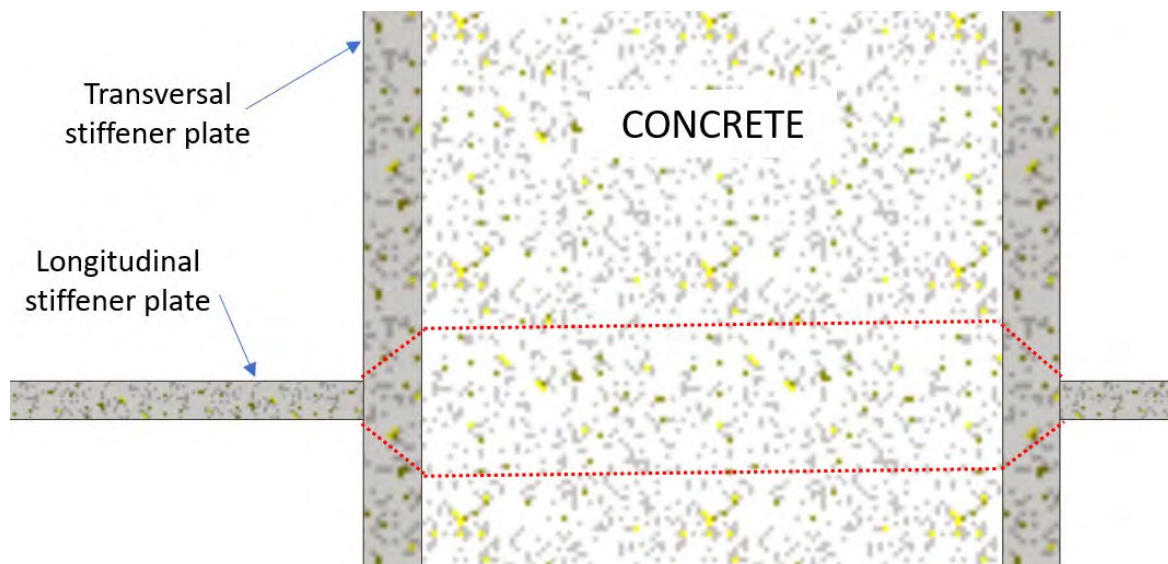


Figur 19.: Snitt gjennom skjøtesone før fylling av støpemasse

Det ble satt inn sveisedybler i skjøtesone for å ta skjærkrefter. Sveisedybler er mye brukt for å ta skjærkrefter i samvirkekonstruksjoner. For mer informasjon om teststykker se egen rapport.

Bilde under viser et horisontalsnitt gjennom skjøtesone. Det er brukt en tykk plate til tverrgående avstivning slik at krefter vil fordele seg ut på et større areal i støpemasse og gi spenninger langt under det som er kapasitet.

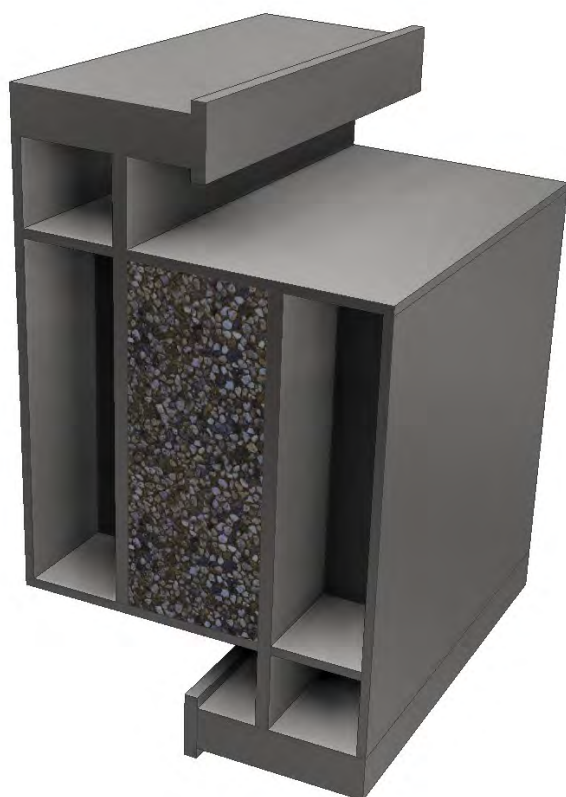
Forbindelsen kan ikke brukes på bruer med globalt strekk i sandwich, så foreløpig kan den kun brukes på ettspenns bruer.



Figur 20.: Horisontal snitt gjennom skjøtesone

#### 4.2.1 Test av skjærlås

For å verifisere styrke i skjærlås ble det laget fire teststykker med lengde på 500 mm. Ett av teststykkene hadde sveisedybler og tre var uten sveisedybler. Alle fire ble fylt opp med støpemasse som herdet i fire uker før belastningsprøve.



Figur 21: Test av skjærlås

Belastningsprøving ble gjort av KIWA, for resultat fra testing se vedlagt testrapport.

## 5 PRODUKSJON

---

### 5.1 SOFTWARE

Cloud-løsningen til Softwareprogrammet 3DEXPERIENCE fra Dassault Systems benyttes til 3D-modellering, simulering og robotprogrammering. 3DEXPERIENCE forenkler samarbeidet og kommunikasjonen mellom design og produksjon. Alle ansatte med viewerlisens har tilgang til 3D-modell og digitalt produksjonsunderlag.

Lisenser benyttet i prosjektet

Nr.	Beskrivelse	Lisens (Rolle)
1	3D-modellering	Civil Designer
2	Simulering og FEM-analyser	Structrual Engineer
3	Oppsett av robotcelle	Equiptment & Layout Engineer
4	Robotprogrammering	Fabrication Robot Programmer

## 5.2 PRODUKSJONSUTSTYR (HARDWARE)

Nr	Beskrivelse	Typebetegnelse
1	Sveisegantry	Prodtex design
2	Sveisejigg	Prodtex design
3	Sveiserobot 1 (Gantry)	Fanuc M-20iA 35M
4	Sveiserobot 2 (Gantry)	Fanuc M-20iA 35M
5	Laserkilde (Gantry)	Trumpf Trudisc10002
6	Sveisekilde MIG (Gantry)	Fronius tps/I 400
7	LaserHybrid Type A	Fronius tps/I 500
8	LaserHybrid Type C	Fronius tps/I 500
9	Lasertracker	Servorobot
10	Monteringsrobot	Fanuc M900iB-400L
11	Skinne for monteringsrobot	Prodtex design
12	Force/Torque sensor	ATI
13	PLC	Beckhoff IPC C6930
14	Sveisebord (Gantry)	Prodtex Design
15	Posisjoneringsverktøy langsgående stivere	Prodtex Design
16	Press-down tool	Prodtex Design
17	Manipulator	Fanuc
18	Sveiserobot 1 (MIG-celle)	Motoman MH50-20
19	Sveiserobot 2 (MIG-celle)	Motoman MH50-20
20	Sveisekilde (MIG-celle)	Fronius tps 5000
21	Skinnesystem MIG-celle	Prodtex Design
22	Sammenføynings-jigg	Prodtex Design
23	Flyttbar robot	Fanuc Arc Mate 120iD

## 5.3 LAGER OG LOGISTIKK

Alle innkjøpte stålplater og ståldeler til produksjonen lagres tørt og innendørs. Stålplater grovsorteres etter bruksområde ved levering. Det etterstrebes at plater lagres nær området hvor de skal benyttes/behandles i produksjonen.

Deler som skal monteres med robot blir sortert ut og lagt i kassetter. Kassetten har faste plasser ved monteringsroboten. Når en kassett er tom for deler, byttes den ut med en ny. Den tomme kassetten fylles opp med nye deler og lagres til det er behov for den.

Prefabrikkerte elementer lagres i samlet og i stabler, slik de etter forholdene er lette å transportere i fabrikk. Paneler og Decksegment er også lagret samlet og i stabler på forhåndsbestemte områder som er satt av til disse. De plasseres slik det er mulig å utføre NDT på dem etter de er satt bort til lagring.

## 5.4 PREFABRIKASJON AV PLATER

For å oppnå tilfredsstillende styrke i flere av sveiseforbindelsene i konstruksjonen er det nødvendig med sveisefuger. Tidligere erfaring tilsier at plater ikke nødvendigvis må skjæres med laser. Det er derfor besluttet å bestille fugede plater skjært med plasma til testingen i sveisekvalifiseringsarbeidet. Resultatene fra testene var positive.

Med unntak av de langsgående stiverne i Sandwichdekket og plater som ble etterbestilt er alle plater i broen skjært med plasma. Platene er sandblåst til SA 2.5.

De langsgående stiverne er laserskjært på grunn av krav til nøyaktighet på høyde og lengde.

## 5.5 PREFABRIKASJON AV T-PROFILER

### 5.5.1 T-profiler, Sandwichpanel

T-profiler til sandwichpanel, Langsgående stiver med T-flens, prefabrikkeres i sveisejigg i Gantry. Steg og flens spennes fast i jiggen og sveises med laserhybrid.

### 5.5.2 T-profiler, Stålkasse

T-profiler til tverrammer i Stålkassene prefabrikkeres i sveisejigg i Gantry. Steg og flens spennes fast i jiggen og sveises med MIG.

## 5.6 PRODUKSJON SANDWICHELEMENT

### 5.6.1 Sandwichpanel

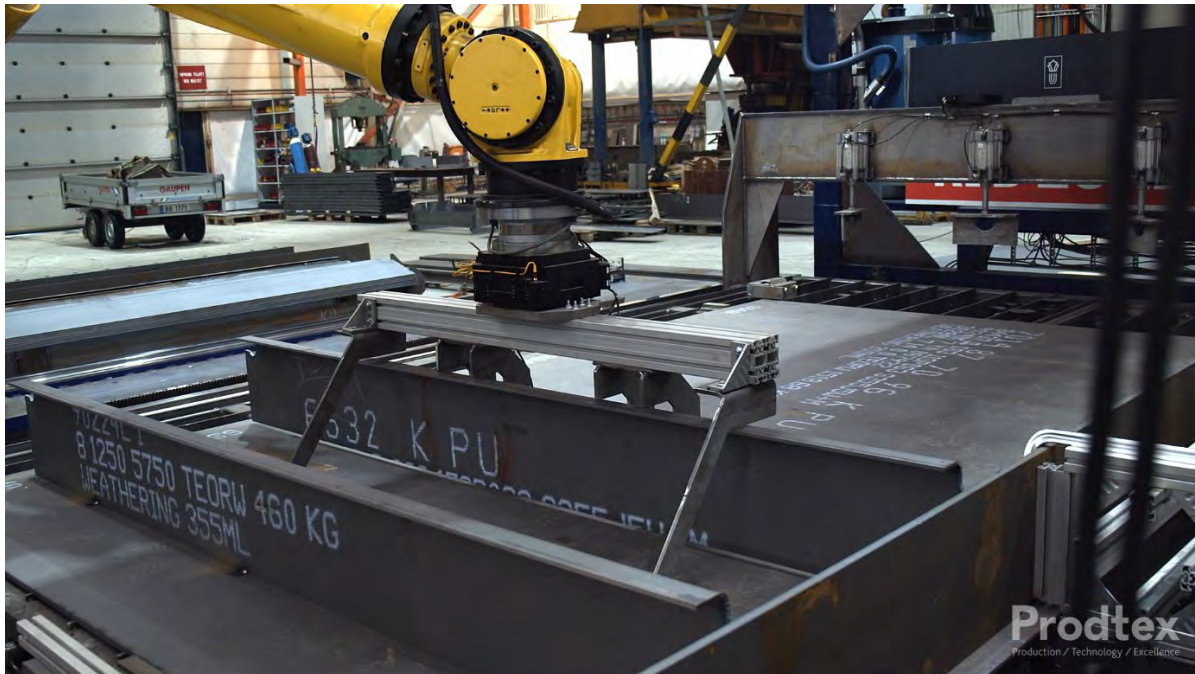
Sandwichdekket består av totalt 34 Sandwichpanel, 28 av dem er serieprodusert. De seks resterende panelene har en tilpasset produksjon med manuell sveising der robotene ikke har tilstrekkelig med tilkomst.

Produksjonen av Sandwichpanel er delt i tre faser.



#### 5.6.1.1 FASE 1.: Montering og laserhybridsveis

Topplaten til panelet løftes inn i Gantryen med kran og posisjoneres på sveisebordet. Et tverrgående steg monteres og punktes, deretter monteres langsgående stivere med monteringsrobot. Et posisjoneringsverktøy sørger for at stivere monteres og punktes med lik avstand hver gang. Til slutt monteres og punktes det andre tverrgående steget og sidekanten.



Når monteringen er avsluttet starter laserhybridsveisingen av langsgående stivere mot topplaten. For å redusere deformasjoner i stivere og topplate sveises halve stiveren med full gjennombrenning fra midten og ut på hver side.



#### 5.6.1.2 FASE 2.: MIG-sveis av panel

Panelet flyttes fra gantryen til MIG-Cellen. Panelet legges på Decksegment-jiggen og det sveises med to MIG-roboter. MIG-robotene sveiser tverrgående steg og sidekant mot toppplate, samt alle vertikale sveiser på profiler. I tillegg sveises de langsgående profilene med MIG 150mm ut fra tverrgående steg på begge sider.

Når panelet er ferdigsveiset blir det satt til lagring. Det står lagret i minimum 48t før NDT utføres. NDT utføres i henhold til inspeksjon og testplan.



#### 5.6.1.3 FASE 3.: Sveis av bunnplate

Når NDT og reparasjoner er utført plasseres panelet tilbake i Gantryen. Bunnplaten monteres og blir punktet mot en og en langsgående stiver samtidig som pressverktøyet presser bunnplaten mot den aktuelle stiveren for å oppnå full kontakt.

To strenger med lapweld legges gjennom bunnplaten og inn i hver profil med knekt flens, en tredje streng sveises på disse stiverne med lengde 150mm fra tverrsteg mot senter bru. Det legges tre lengder med lapweld på stiverne med T-flens.

Når profilene er ferdigsveiset legges to strenger med lapweld gjennom bunnplaten og inn i de to tverrgående stegene.

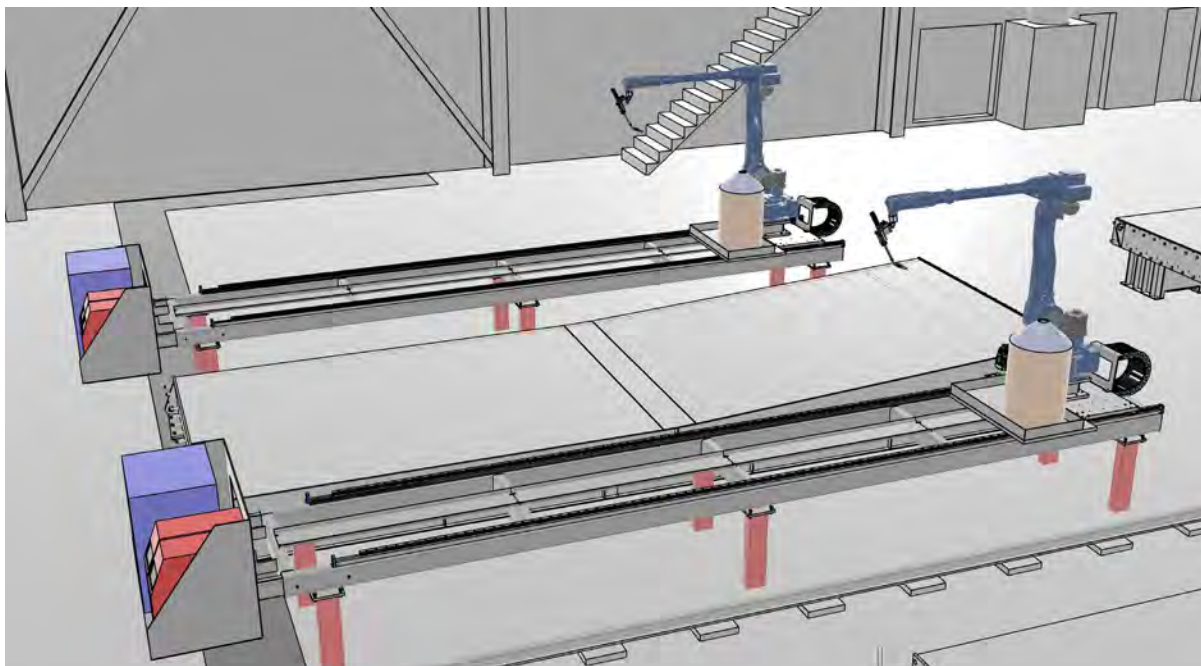


## 5.6.2 Sammenføring av sandwichpanel

### 5.6.2.1 Montering og sveising av bunnplate i senter

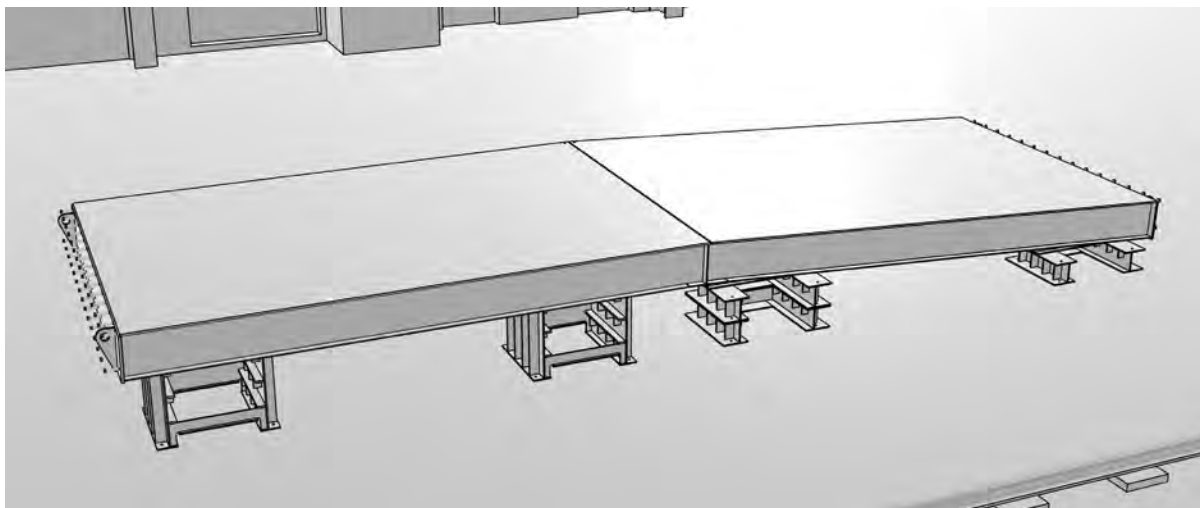
To og to panel posisjoneres i Sammenførings-jiggen i MIG-cellen med topplatene vendt mot gulvet. Bunnplaten i senter av Decksegmentet monteres og panelene sveises sammen.

Bunnstrenger mellom bunnplatene i senter legges manuelt. MIG-Roboter fyller deretter opp sveisefugene og sveiser sideplater mot bunnplater.



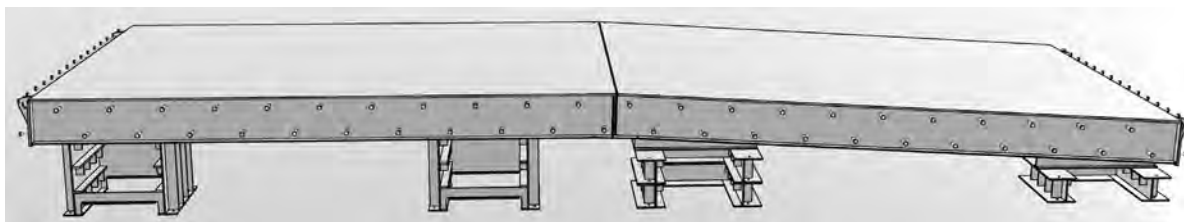
### 5.6.2.2 Skjøt av topplate

Når sveisearbeidet i Sammenføyings-jiggen er fullført flyttes Decksegmentet ut av jiggen. 48timer senere er segmentet klar for NDT. Dersom NDT resultatet viser at det er nødvendig, utføres reparasjoner i henholdt til inspeksjon og testplan. Når NDT og reparasjoner er fullført vendes segmentet slik skjøten mellom topplatene blir tilgjengelig for sveising. Topplaten sveises, NDT og reparasjon utføres.



### 5.6.2.3 Dybler i skjøtesone

Det siste som blir utført av sveisearbeid på Decksegmentene i fabrikk er montering og sveising av dybler i skjøtesonen på segmentene.



## 5.6.3 Overflatebehandling

### 5.6.3.1 Membran

Før påføring av primer og membran, renses toppdekket med laser. Avtrekkstest på laserrenset prøveplate er utført for å sikre at heften er god nok.

Topplatene på sandwichdekket primes med Safeprime, deretter påføres membranen Safegrip. Primer og membran påføres i produksjonshallen på Fiskå med unntak av skjøtesonene. Skjøtesonene mellom Decksegmentene behandles etter montering av stålkassen på brostedet.

Safeprime og Safegrip er produkter levert av Fjerby v/Gunnar Østby. Produktene er påført av WestCoat AS etter instruks fra Fjerby.

### 5.6.3.2 Maling

Området i underkant av Sandwichdekket mellom stålbjolkene males. Malingssystemet benyttet er.:

- NORSOK M-501 System nr 1. uten metallisering, men med sinkrik primer.
- RAL-kode 9001.

## 5.7 STÅLBJELKE

### 5.7.1 Prefabrikasjon steg

De vertikale T-profilene i tverrammen monteres på stegplatene til stålbjelken manuelt, deretter plasseres stegplatene i MIG-Cellen, som sveiser T-profiler mot stegplatene.

### 5.7.2 Prefabrikasjon bunnflens

De horisontale T-profilene i tverrammen monteres på bunnflensene og sveises manuelt med MIG.

### 5.7.3 Skjøt av bunnflenser

En halv stålkasse består av fire bunnflenser. Bunnflensene posisjoneres slik vinkelen mellom dem er riktig, deretter legges bunntråden manuelt før sveisefugene fylles opp. Noen fuger er sveiset med en flyttbar sveiserobot og andre er sveiset manuelt. Den flyttbare roboten benyttes for å redusere tidsbruken.

### 5.7.4 Sammenføring av halve stålbjelker

Siden T-profilene allerede er montert på bunnflenser og steg består sammenføyingen av å montere og sveise steg mot bunnflens i lengder på ca. 12meter og deretter skjøte to 12metringer. Alle bunntråder legges manuelt, annen sveising foregår både manuelt og med MIG-robot.

## 5.8 UTFORDRINGER I PRODUKSJONEN

### 5.8.1 Robotkapasitet / Manuelt sveisearbeid

Produksjonen har tre robotceller tilgjengelig.:

- Gantry med to roboter som kan sveise med laser, laserhybrid og MIG.
- MIG-cellen med to roboter som kan sveise MIG.
- Flyttbar robot som kan sveise MIG.

Under produksjonen av YA er elementer sveiset manuelt selv om det er mulig å sveise dem med robot. Alle celler var i arbeid, for å holde produksjonstakten og leveringsfristen var det nødvendig å tilføre manuell arbeidskraft. Manuelt sveisearbeid er mer tidkrevende enn robotsveising, det er preget av lavere sveisehastighet og varierende kvalitet.

Noe manuelt arbeid er nødvendig på områder hvor robotene ikke har tilkomst, men produksjonen har ikke hatt tilstrekkelig med robotkapasitet i dette prosjektet til å benytte robotsveising alle steder det er mulig. Decksegmentene har vært prioritert automatisert. Stålkassene har kommet i annen rekke og graden av manuelt sveisearbeid er høyere på stålkassene enn på Decksegmentene.

### 5.8.2 NDT

Det var tatt hensyn til NDT-omfanget og holdetider i produksjonsplanleggingen. Det er forsøkt å tilrettelegge produksjonen slik at NDT-arbeidet ikke fører til stans i produksjonslinjen. Til tross for dette har det vist seg å være en utfordring å balansere NDT-kapasitet med produksjonshastighet på grunn av omfanget. Behovet og mengden med NDT varierer gjennom produksjonstiden. Noen elementer har flere meter med sveis enn andre og inspeksjonskravene er ulike alt etter hvilken sveiseklasse de ulike sveisene er plassert i.

Utfordringen har i all hovedsak ligget i å anskaffe nok ressurser til riktig tid for å utnytte dem best mulig og opprettholde flyt i produksjonen og hindre uønskede opphold.

### **5.8.3 Håndtering**

Det har gått med en del tid til håndtering og logistikk i produksjonen. Flytt og vending av elementer inn og ut av produksjonsceller og sammenstillingsområder i tillegg til inn og ut av lagring. Det er mulig å optimalisere håndteringsarbeidet og utbedre produksjonslinjen til slik produksjon, men på grunn av størrelse og antall elementer som skal produseres må det forventes noe mer håndtering av en bro som består av element som skal transporteres på vei enn ved produksjon av en bro med større elementer.

Det er planlagt en utvidelse og utbedring av produksjonslinjen til neste prosjekt for å redusere håndteringstid.

### **5.8.4 Prefabrikasjon av T-profiler**

Under sveising av T-profiler til Sandwichpanelene oppstod deformasjoner i produktet som var større enn det som kunne tillates. Dette førte til at ekstra ressurser måtte benyttes for å forberede profiler for sveising, samt å rette profilene etter sveising.

### **5.8.5 Montering av langsgående profiler**

Under montering av langsgående profiler ble det oppdaget at verktøyet ikke var stivt nok og at det oppstod avvik i ønsket avstand mellom stiverne. For å sikre riktig plassering av profilene ble avstanden mellom profilene overvåket og korrigert ved behov.

### **5.8.6 Planlegging**

Det er i prosjektet brukt mer tid på planlegging av Decksegment-produksjon, enn produksjon av stålbjelker og endetverrbærer. Internt i bedriften er der høy kompetanse på produksjon av slike elementer. Byggingen var uproblematisk, men sett i ettertid kunne fremdriften hatt fordel av en mer detaljert planlegging av stålbjelker og endetverrbærere. Bedre koordinering og fordeling av robotressurser kunne redusert mengden med manuelt arbeid på stålbjelker og endetverrbærere.

## 6 HELSE, MILJØ OG SIKKERHET (HMS)

---

### 6.1 MONTERING MED ROBOT

Monteringsroboten er et effektivt verktøy, men den kan gjøre stor skade på personell og materiell ved feil bruk eller uaktsomhet. Det er nødvendig med personell i fabrikk under produksjon, de som jobber i området hvor monteringsroboten står har nødvendig opplæring og hastighet på robotbevegelser er redusert.

### 6.2 SVEISING MED LASER OG LASERHYBRID

Laserlyset til laser- og laserhybridsveiser kan gi skader på syn. I verste fall kan det føre til at vedkommende som utsettes direkte for lyset blir blind. Prodtex Industri har strenge rutiner for bruk av laserbriller i produksjonshallen. Det er påbudt med laserbriller i hallen, og når det sveises med laser- og laserhybrid varsles det med sirener og lys, alle innganger til hallen lukkes og låses.

Alle som skal arbeide eller oppholde seg i hall må fullføre en sikkerhetsbrifing.

### 6.3 ARBEIDSMILJØ

Prodtex Industri jobber aktivt for et godt arbeidsmiljø. Det er en prioritet å redusere farlige situasjoner, skader og ulykker og fremme trivsel og god helse på arbeidsplassen. Ulykker, skader og mulig farlige situasjoner skal registreres som avvik og behandles for å redusere risikoen for gjentakelser i fremtiden.

## 7 KVALITET

---

### 7.1 SERTIFISERING

Prodtex jobber aktivt med kvalitetssikring og er sertifisert i henhold til NS-EN 1090-serien og kan levere CE-merkede stålkonstruksjoner. I tillegg pågår arbeidet med å sertifisere Prodtex i NS-EN ISO 9001 og 14001.

Produksjonsutstyret Prodtex bruker er underlagt forskrift om maskiner og er CE-merket. Risikoanalyser er utført som en del av CE-merkingen av utstyret og tiltak er iverksatt for å redusere risikoen ved bruk.

### 7.2 ENGINEERING

Modellering, simulering, analyser og programmering er utført i Dassault Systems 3D Experience. Programvaren er mye brukt i bil- og flyindustrien. Mulige feilkilder reduseres når både design og produksjon jobber i samme program med samme modell.

### 7.3 MATERIALE

Benyttet materiale er S355J5W+M, levert av SSAB via Tibnor. Materialet er EN10204-3.1 sertifisert og levert med dokumentasjon på materialegenskaper og resultater fra materialtesting.

### 7.4 SKJÆRING/FUGING

Materialet er valset, skjært og fuget hos SSAB i Finland. Toleranser er bestemt ved innkjøp og alle plater kontrolleres. De som er utenfor toleransekravet, blir forkastet og erstattet med nye. Det har vært minimalt med feil på leveransen, og de få feilene som er funnet har vært relativt enkle å rette opp.

Hele plater som skal brukes til langsgående stivere i sandwichdekket er sendt fra Finland til IMS. Der er de skjært og knekket. Det er ikke funnet mangler eller feil på stivere som er mottatt.

### 7.5 NDT

NDT er beskrevet i kontroll og inspeksjonsplanen (Se vedlegg 6). Inspeksjonsomfanget baserer seg på sveiseklassene, WIC, i håndbok N400 og ISO. NDT er utført av tredjepart og i henhold til ISO sine sveiseklasser.

Hvilken sveiseklasse hver enkelt sveis skal ha er utarbeidet sammen med Statens Vegvesen.



## 8 FREMDRIFT

---

Planlagt produksjonsstart var satt til første uken i januar 2022. Produksjonsstarten ble forskjøvet to uker frem i tid.

### 8.1 PRODUKSJONSFORBEREDENDE FASE

Mer ressurser var tilgjengelig til produksjonsforberedelser i YA-prosjektet enn i foregående prosjekt og erfaringene fra Frønesprosjektet har lagt føringen på hvilke områder i produksjonen som prioriteres. Mindre justeringer på produksjonsutstyret ble utført og det ble laget verktøy til plassering og posisjonering.

#### 8.1.1 Produksjonsplanlegging

Produksjonen ble brutt ned og planlagt stegvis, verktøy og jigger ble utviklet og tilpasset behovet til de ulike produksjons-stegene. Sveisetabell og kontroll og inspeksjonsplan ble utformet.

#### 8.1.2 Sveisetester

En rekke sveisetester ble utført. Erfaring fra Frønes lettet arbeidet med testingen og det var mindre krevende å finne gode parameter til sveisene enn ved forrige prosjekt. Det var stor pågang og forlenget ventetid hos testlaboratoriet som ble benyttet, dette i tillegg til noe forsinkelse i materialleveransen til sveiseprøvene førte til at sveisekvalifiseringen pågikk lenger enn det som i utgangspunktet var planlagt.

#### 8.1.3 Skjærlås

De tre skjærlåstestene som ble bygget under produksjonsforberedende fase ble sendt til avtalt tid og bidro ikke til forsinkelser i prosjektet

#### 8.1.4 Ombygging

Ombygging og tilpassing av produksjonslinjen, verktøy og jigger var godt planlagt og utført uten nevneverdige hindringer.

#### 8.1.5 Materiallevering

Materialleveringen var noe forsinket.

## 8.2 PREFAB

### 8.2.1 Langsgående stivere

Endring i designet til utkappet på de knekte langsgående stiverne medførte en forsinkelse i oppstart av produksjonen. Profilene var allerede kuttet og levert fra IMS, og endringene måtte manuelt utføres i verkstedet.

I tillegg ble produksjonen noe forsinket av deformasjonsproblematikken som oppsto under prefabrikasjonen av de langsgående t-profilene.

### 8.3 DECKSEGMENT

Det ble brukt to uker på innkjøring av Decksegment-produksjonen. Etter innkjøringen økte produksjonstakten gradvis og målet om å produsere to sandwichpanel for dag ble oppnådd. Takten i panelproduksjonen var stabilt høy.

### 8.4 BJELKER

Bjelkeproduksjonen var preget av manuelt arbeid. Det er rom for forbedring av gjennomløpsti med bedre planlegging og bruk av robot. Selv med mer manuelt arbeid enn ønskelig medførte det ikke forsinkelser av leveranse.

### 8.5 OVERFLATEBEHANDLING OG MEMBRAN

Overflatebehandlingen er utført av WestCoat AS og ble utført på normert tid. Laserrensing av toppdekket til sandwichsegmentene var mer tidseffektivt enn det sandblåsing hadde vært. Arbeidet med å legge på membran ble utført på normert tid.

Overflatebehandlingen er utført i henhold til NORSOK M-501 system no.1, uten metallisering, men med sinkrik primer og har fargekode RAL 9001. Membranen som er brukt er Safegrip PU XD/HD med levert av Fjerby.

### 8.6 MONTASJE BRUSTED

Selve monteringen gikk raskt, det ble brukt 3 ½ dag på å legge ut alle Decksegmenter og stålbjelker. Bunntråder i skøyter ble lagt manuelt og sveiserobot ble brukt til å fylle opp fuger i topplaten. Det meste av sveisearbeidet i sammenstillingen gikk som planlagt, men på grunn av reparasjon av sveisefeil i bunntråden på topplaten og noe tilleggsarbeid tok sammenstillingen lenger tid enn forventet.





## 9 MILJØ

---

Å ta vare på miljøet får høyere og høyere prioritet, noe som må få konsekvenser for hvilke prosjekter som skal realiseres og hvordan disse skal gjennomføres.

Denne rapporten går ikke inn i vurdering på hvilke prosjekter som skal realiseres, dette er et altfor omfattende tema å vurdere her.

Utdrag fra artikkel på Statens Vegvesen sine nettsider den 03.12.2020:

### ***Vegvesenet skjerper klima- og miljøkrav***

***Statens vegvesen stiller nå krav til at alle prosjekter over 200 millioner kroner skal sertifiseres gjennom CEEQUAL.***

*Vegvesenet har vedtatt at alle prosjekter med en investeringsramme på over 200 millioner skal sertifiseres i tråd med Ceequal. Flere av etatens vegprosjekter er allerede sertifisert etter denne ordningen.*

*CEEQUAL (The Civil Engineering Quality Assessment & Awards Scheme) er et internasjonalt miljøsertifiseringssystem for anleggsprosjekter der målsetningen er å gjøre disse mer miljøvennlige og bærekraftige. Dette er en tilsvarende ordning som BREEAM, som er utbredt i byggsektoren. Ceequal er en bransjestandard som skal stille enhetlige og forutsigbare miljøkrav til anleggsbransjen.*

*Sertifiseringsordningen omfatter et bredt spekter av miljøhensyn, fra klima og energiforbruk, via arts mangfold og kulturminner til forholdet til naboer og andre interesseparter. Ordningen krever at anleggsprosjektet vurderes opp mot et sett av miljøkriterier, og hvert kriterium krever framlegging av dokumentasjon på oppfyllelse. Vurderinger og dokumentasjonen skal gjennomgås og godkjennes av en godkjent tredjepart. Kriteriene kan brukes på de ulike fasene i et anleggsprosjekt, fra planfase via prosjektering til utbygging separat, eller på prosjektet som helhet.*

Denne rapporten vil belyse fordeler og ulemper med en norsk automatisert produksjon sammenlignet med stål innkjøpt fra Europa eller Asia. Dette forutsetter at et prosjekt er vedtatt bygget og at miljøkonsekvenser av det er belyst tidligere.

Hvordan kan vi realisere et vedtatt prosjekt med minst mulige konsekvenser for miljø. Dette inkluderer stålbygging, transport og monteringsoperasjoner.

For å gi et bilde på miljøbelastning ved forskjellige byggemetoder kopierer vi inn en analyse som er gjort for bygging av Nerlandsøybrua. Den viser at en moderne byggemetode med bruk av materialer med gunstige CO<sub>2</sub> avtrykk er overlegen de metoder en sammenligner med.

Vår produksjon har halvparten av tilsvarende betongbru og en tredjedel av kinesisk bygd stålbru.

## 9.1 OPPSUMMERING MILJØ

Prodtex Industri AS skal være det mest miljøvennlige alternativet for produksjon av store stålkonstruksjoner. Virkemiddel for å nå dette målet er:

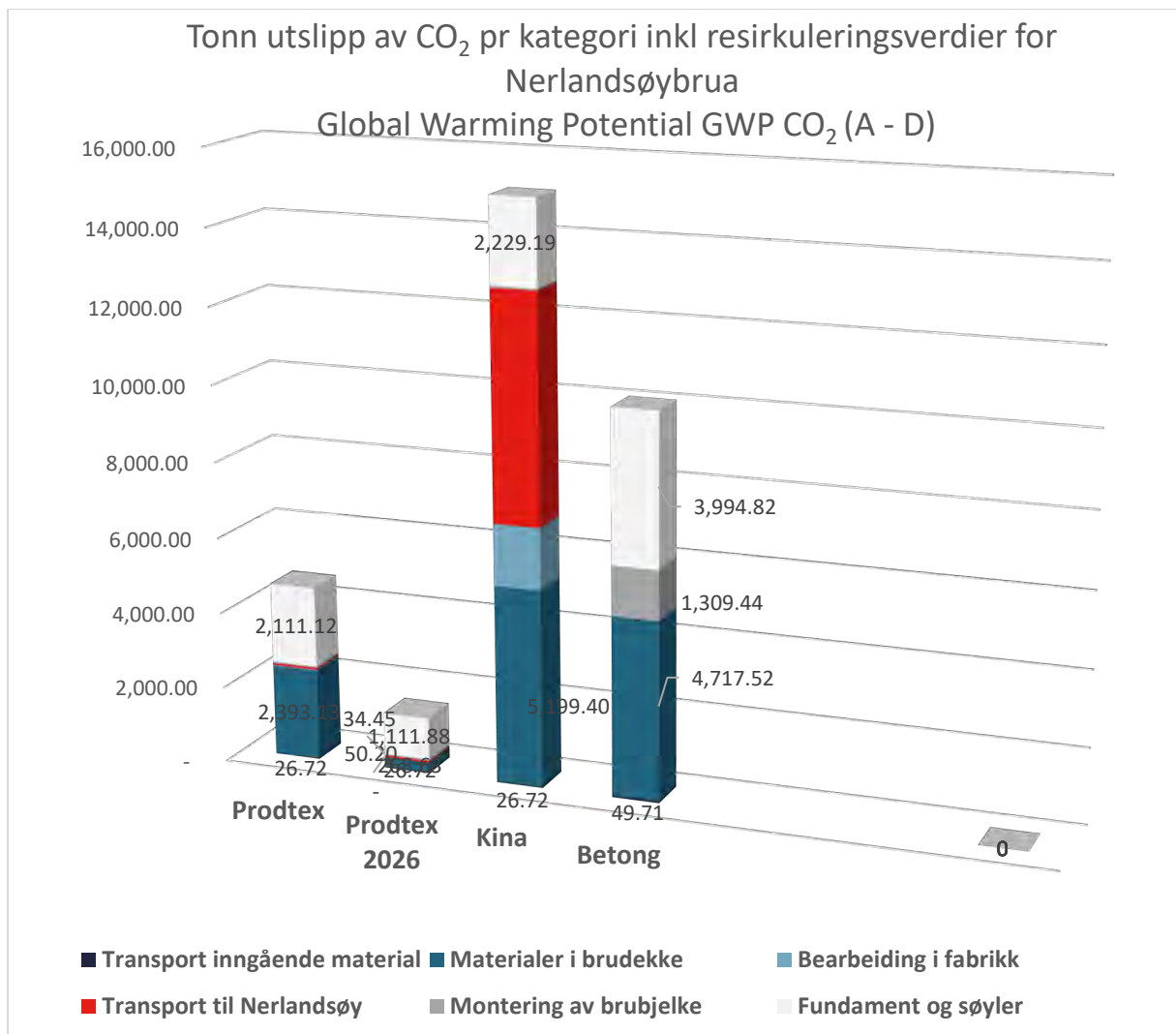
- Moderne teknologi som forbruker mindre energi
- Bruk av ren og fornybar energi
- Valg av de mest miljøvennlige innsatsmaterialer
- Kort avstand til markedet

Sammenlignet med konstruksjoner produsert i Asia og alternativ i betong er CO<sub>2</sub> avtrykket betydelig mindre. Alle de fire elementene over bidrar til denne konkurransekraften. Detaljer i sammenligning mot betong og Asiaproduksjon viser i Figur 21.

Som en ser av tabellen nedenfor, står CO<sub>2</sub> avtrykk av stål for mesteparten av avtrykket. Det er derfor viktig for Prodtex å ha nærhet til stålprodusenter som SSAB. Oppskriften på et miljøvennlig produkt er:

- Bruke de beste underleverandørene
- Nærhet i forsyningskjeden
- Moderne produksjonsutstyr og effektive produksjonsprosesser som i kombinasjon med godt design kan redusere bruk av materialer
- Tilgang til fossilfri energi
- Nærhet til markedet

Prodtex er god på alle punktene.



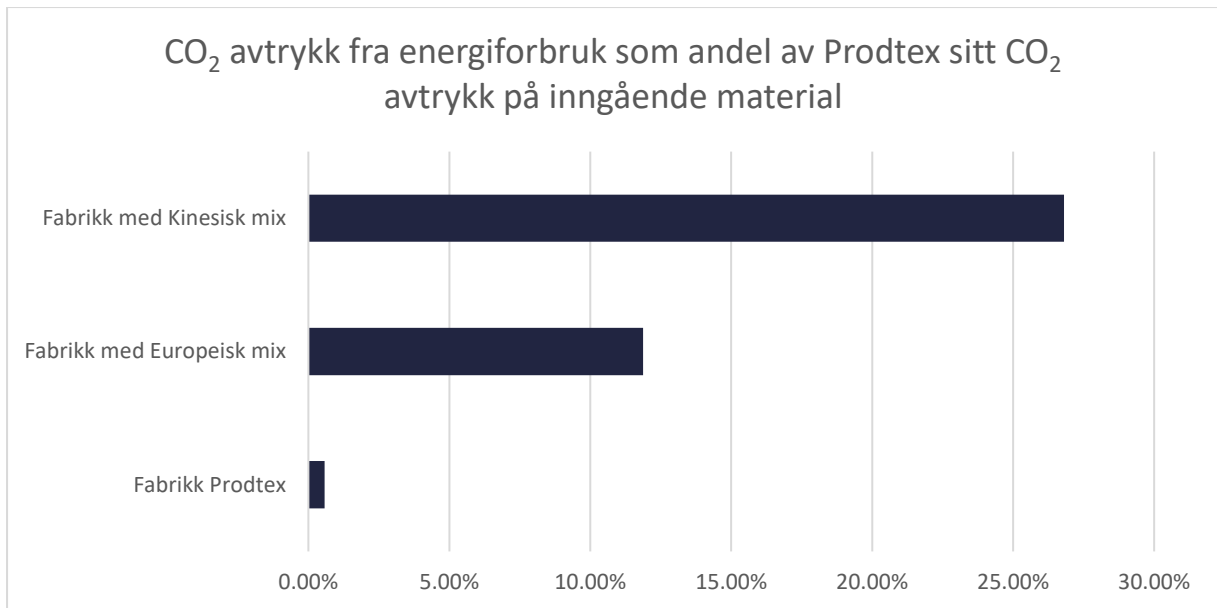
Co2 avtrykk for bru Nerlandsøy	Prodrex resirk	Prodrex	Prodrex 2026	Kina resirk	Kina	Betong Resirk	Betong
Transport inngående material	26,72	26,72	26,72	26,72	26,72	49,71	49,71
Materialer i brudekke	2 393,13	6 499,26	268,63	5 199,40	9 305,54	4 717,52	3 699,45
Bearbeiding i fabrikk	27,00	27,00	-	1 620,00	1 620,00	-	-
Transport til Nerlandsøy	50,20	50,20	50,20	5 953,65	5 953,65	-	-
Montering av brubjelke	34,45	34,45	34,45	48,61	48,61	1 309,44	1 309,44
Fundament og søyler	2 111,12	1 768,43	1 111,88	2 229,19	1 886,50	3 994,82	3 484,12
Sum	4 642,61	8 406,05	1 491,87	15 077,57	18 841,01	10 071,49	8 542,72

Figur 22 Utdrag fra miljørapport - ny bru til Nerlandsøy

Rapporten viser at vår produksjon har under 50% av belastningen til betongalternativ og 25% av belastningen til Asiaproduksjon når en tar med verdier for resirkulering.

NB! For at stål og betong skal kunne sammenlignes må resirkuleringsverdier vær hensyntatt. Dette fordi armeringsstål som i betongbru har nesten lik vekt med stålplater ikke får CO<sub>2</sub> belastning før ved resirkulering.

Mye av effekten i denne sammenligningen kommer fra material og transport. For å illustrere fabrikken sin betydning har vi satt opp tabellene i Figur 22 og Figur 23.



Figur 23 CO<sub>2</sub> avtrykk

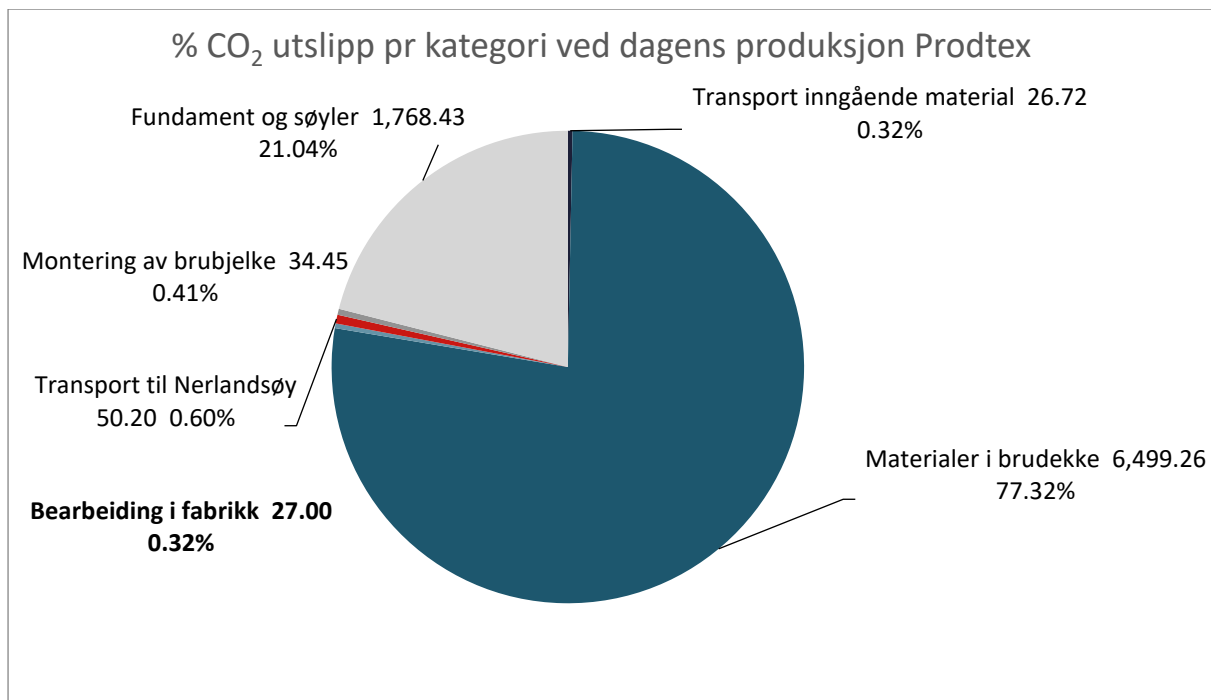
<i>Fabrikken sitt CO2 avtrykk i forhold til medgått material</i>			
	Prodtex	Manuell Europa	Manuell Kina
Årsforbruk KWh	900 000,00	1 800 000,00	1 800 000,00
Faktor	0,03		
Faktor Europa-mix		0,31	
Kina-mix			0,70
Utslipp pr år fabrikk sertifikat	27 000,00	-	-
Utslipp pr år Europa-mix	-	558 000,00	-
Utslipp pr år fabrikk Kina-mix	-	-	1 260 000,00
Årsproduksjon (ton)	2 000,00	2 000,00	2 000,00
Stålets sin CO <sub>2</sub> faktor	2 350,00	2 350,00	2 350,00
Utslipp pr år (kg)	4 700 000,00	4 700 000,00	4 700 000,00
Fabrikk sin andel Prodtex	0,57 %		
Fabrikk sin andel Europa-mix		11,87 %	
Fabrikk sin andel Kina-mix			26,81 %
NB! Fabrikken sin andel er basert på CO <sub>2</sub> avtrykk fra Prodtex sin stålleverandør. Kinesisk stål vil ha høyere verdi.			

Figur 24 CO2 avtrykk produksjon

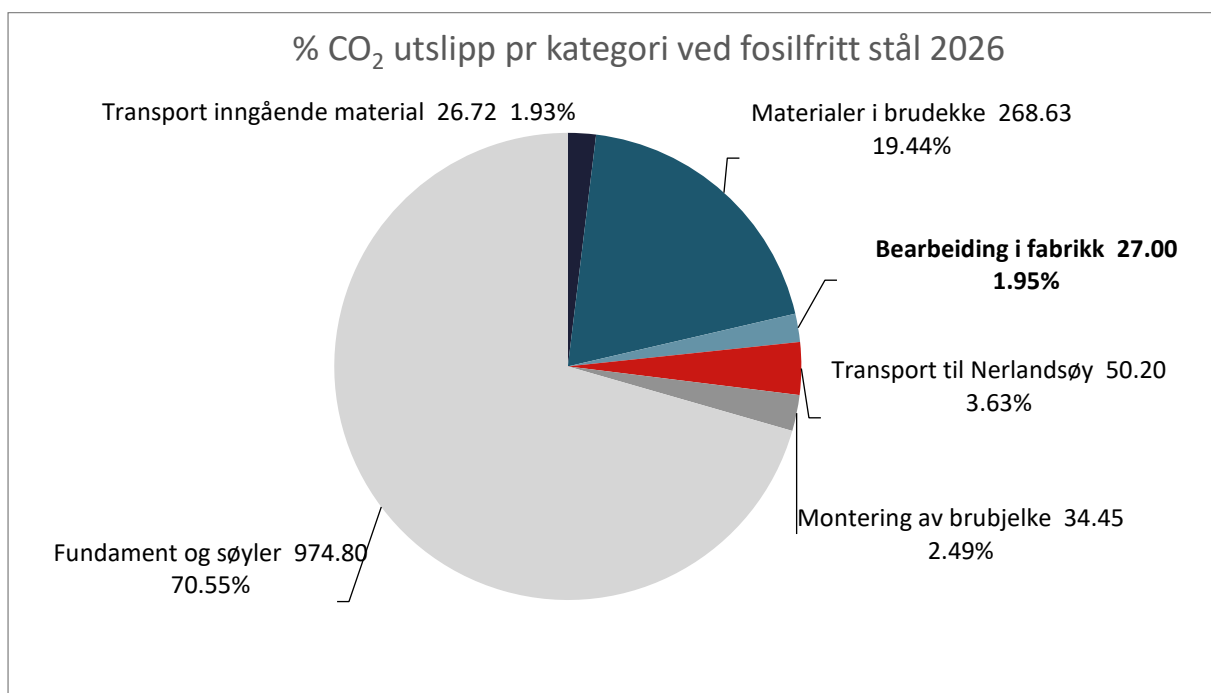
Illustrasjonen forutsetter at manuell fabrikk bruker dobbelt så mye energi på likt produksjonsvolum. Det er en veldig konservativ antagelse. Den manuelle fabrikken må smelte minst 5 ganger så mye material, slippe og varmrette samtidig som den vil trenge et betydelig større areal for å produsere samme mengde på grunn av lengre produksjonstid.

Når materialleverandørene lykkes med å redusere sitt miljøavtrykk og nærme seg en fossilfri produksjon vil fabrikken sitt avtrykk og de andre små utslippene få større betydning. En kan derfor ikke ta vekk oppmerksomheten fra de element som i dag har en liten andel.





Figur 25 CO<sub>2</sub> utslipp på bru (Totalt utslipp 8406.05 tonn CO<sub>2</sub>)



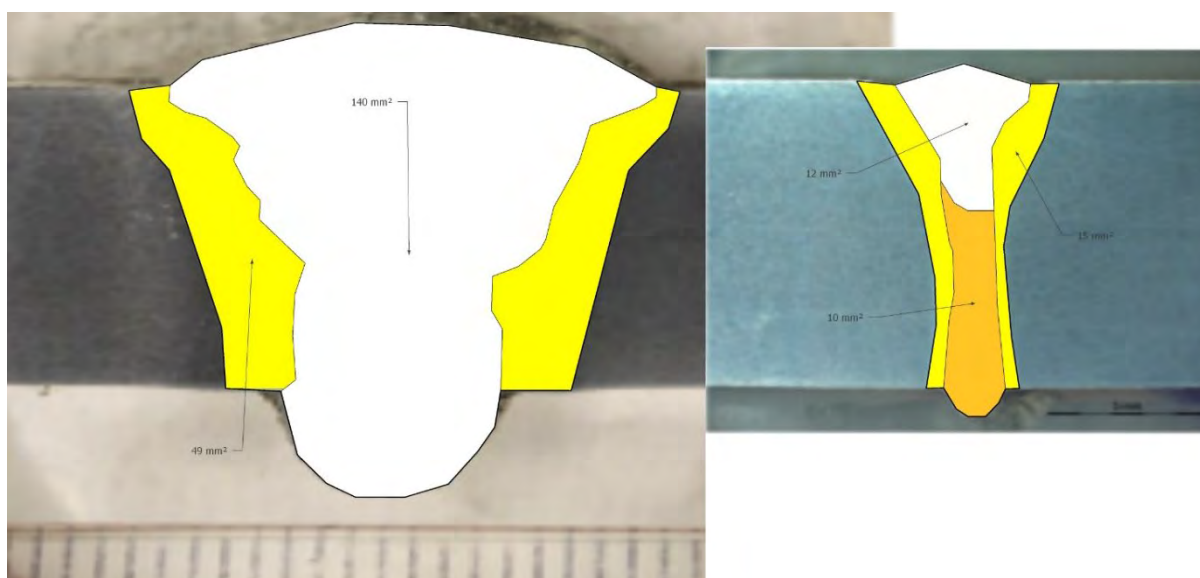
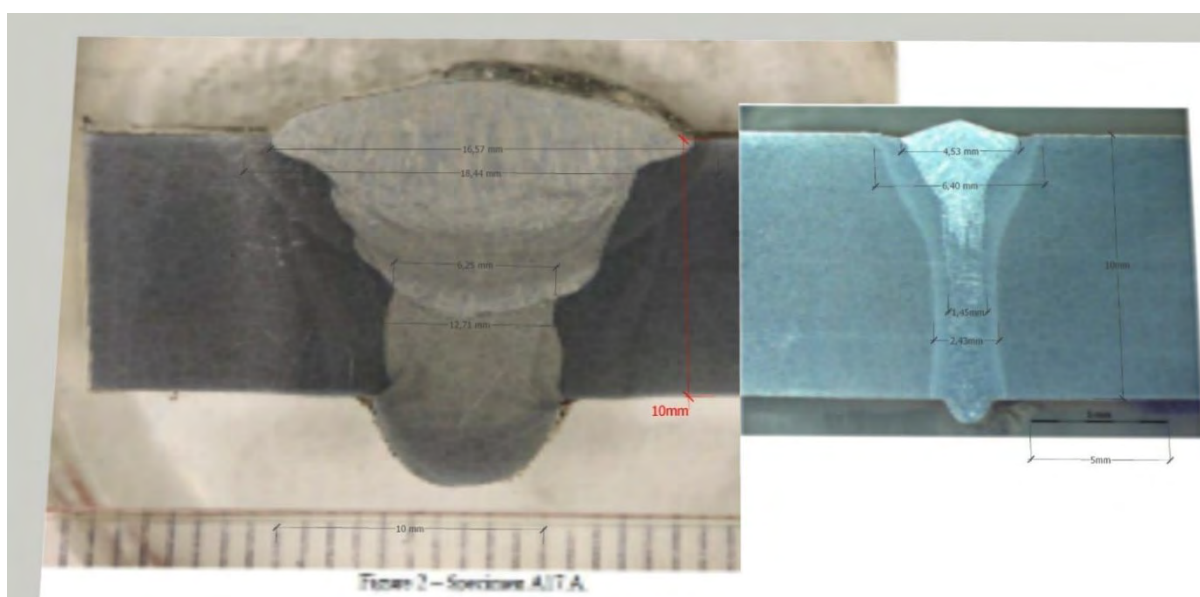
Figur 26 CO<sub>2</sub> utslipp på bru med fossilfritt stål (Totalt utslipp 1491.87 tonn CO<sub>2</sub>)

## 9.2 MODERNE TEKNOLOGI SOM FORBRUKER MINDRE ENERGI.

Bruk av robotisert montering og lasersveis er med på å øke gjennomstrømmingen i fabrikken betydelig. Det medfører at energibruk pr produsert enhet blir redusert fordi en stor del av energibruken ikke varierer med produksjonsmengde. Vi kan nevne element som.:

- Oppvarming av verkstedhaller og kontorer.
- Lys
- Ventilasjon
- Produksjon av trykkluft og gass (lekkasjer og svinn er ofte uavhengig av volum).

Lasersveis er en presis produksjonsprosess som reduserer varmepåvirkningen som trengs for å smelte materialer. Prosessen medfører også en betydelig reduksjon i behovet for sliping av sveiser og varmretting av konstruksjonen etter sveising.



Figur 27 Manuell og lasersveis av 10mm plate sveist butt i butt

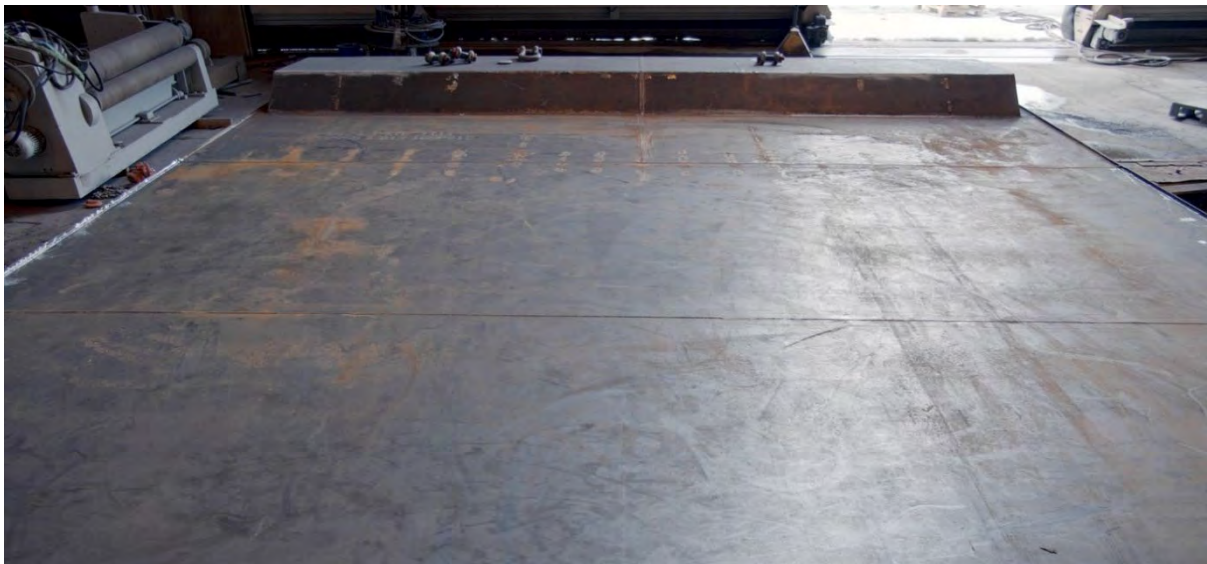
En vanlig skjõt av 10mm plate krever 3 sveistråder og gir et oppvarma areal som er nær 10 ganger større enn laserhybrid sveis. I tillegg er bruken av sveistråd 12 ganger større for manuell sveis. Sveistråd har større miljøavtrykk pr kilo enn stålplatene. Til tross for at vår produksjonsmetode gir nesten en dobling i antall meter sveis, er energibruken i prosessen mindre enn 20% av manuell prosess.

Moderne produksjon med lasersveis medfører også at antall sveise apparater rundt om i hallen blir sterkt redusert. Apparatene forbruker ofte energi også når en ikke sveiser, men har påslått apparat.



*Figur 28 Laser Hybrid sveis med full gjennombrenning*

Behov for å slippe sveis er ved laser nesten redusert til null. I prosjektet er slip av sveis kun brukt der en har feil i sveisen. Ved ordinær produksjonsmetode er slipemaskiner en betydelig bruker av energi.



*Figur 29 Dekksflate sveist med laser uten etterbehandling med varme*

Behovet for varmretting av produserte enheter er fraværende ved vår produksjonsmetode. Konstruksjonen har svært høy standard på presisjon uten bruk av varmretting. Slik varmretting krever normalt et høyt energiforbruk, enten til induksjonsvarme eller ved varming med gass.

### 9.3 BRUK AV REN, FORNYBAR ENERGI.

Prodtex AS og Prodtex Industri AS har innkjøpsavtale på strøm med Tussa. Dette er en avtale som sikrer at den energien som blir levert er basert på fornybar vannkraft.

Sertifikat for ren og fornybar strøm fra vannkraft betyr at vi i anbud får bruke 0,03 kilo CO<sub>2</sub> pr kilowatt time som er forbrukt. Uten sertifikat må det brukes faktor på 0,31. Ingen industri regioner i Kina som ligger ved kysten har verdier på under 0,6.



Figur 30 Miljøsertifikat

## 9.4 VALG AV MILJØVENNLIGE INNSATSMATERIALER

Prodtex Industri AS sin viktigste innsatsfaktor er stålplater. CO<sub>2</sub> avtrykket på platene er avhengig av mange faktorer som.:

- Hvor kommer malmen fra og hvor effektiv er prosessen i gruve
- Hvor stor andel er gjenbruk av skrap
- Hvilken prosess blir brukt
- Hvilken type energi blir brukt i prosessen

Prodtex Industri har i pilotprosjektet brukt material fra SSAB. Materialet har en lavere CO<sub>2</sub> avtrykk enn gjennomsnittet for denne type material og SSAB jobber aktivt for å redusere ytterligere. I 2026 vil de kunne levere ut i markedet 1 mill. tonn med material som er fossilfritt. I 2045 skal alt materiale være fossilfri.

Andersen, N. B., 2021. *Shear testing by compression 21NO-00493OR01*, s.l.: KIWA.

## 9.5 KORT AVSTAND TIL MARKEDET

I figuren som sammenligner CO<sub>2</sub> avtrykk for Nerlandsøy viser at transport fra Kina har et CO<sub>2</sub> avtrykk som er større enn Prodtex Industri sitt totale avtrykk når resirkulering er inkludert.

For å frakte 560 meter med brukonstruksjon er følgende data brukt.

- Fart: 12 knop
- Ytelse: 6000 kW (snitt for last og tom retur)
- Tidsbruk: 1875 timer (ikke hensyntatt ventetider)
- Distanse: 22500 nautiske mil tur retur
- Drivstoff forbruk: 1920 tonn – 200 gram pr kw/h
- CO<sub>2</sub> utslipp: 5928 tonn – 3,1 kg CO<sub>2</sub> pr liter

Det er svært lite sannsynlig at avtrykket fra transport over så lange distanser vil bli vesentlig redusert i de næreste årtier.

Kortreist produksjon er derfor en av de viktigste miljøtiltak. Det betyr også at dersom Prodtex Industri AS vil eksportere til Asia, Australia, Amerika eller Afrika så bør det skje ved etablering av lokal produksjon. Slik produksjonskapasitet kan være kopi av eksisterende fabrikk og styrt og programmert fra Prodtex Industri AS.

## 10 VEDLEGG

---

- [1] 20004\_Metodebeskrivelse.pdf
  - [2] 20004\_WPS.pdf
  - [3] 20004\_WeldingTable.pdf
  - [4] 20004\_Welding plan.pdf
  - [5] 20004\_Inspection and test plan.pdf
  - [6] 20004\_NDT Reports
  - [7] Swerim-2022-207 rev.2.pdf
  - [8] TestReport Concrete filled shear connection\_0.pdf
  - [9] 21NO-00493OR01 Test av skjærforbindelse.pdf
  - [10] 1903718 - DNVs vedlegg til erfaringsrapport på Ya bru.pdf
  - [11] DNV Test Report for full-scale fatigue testing of bridge panels Rev.A.pdf
-

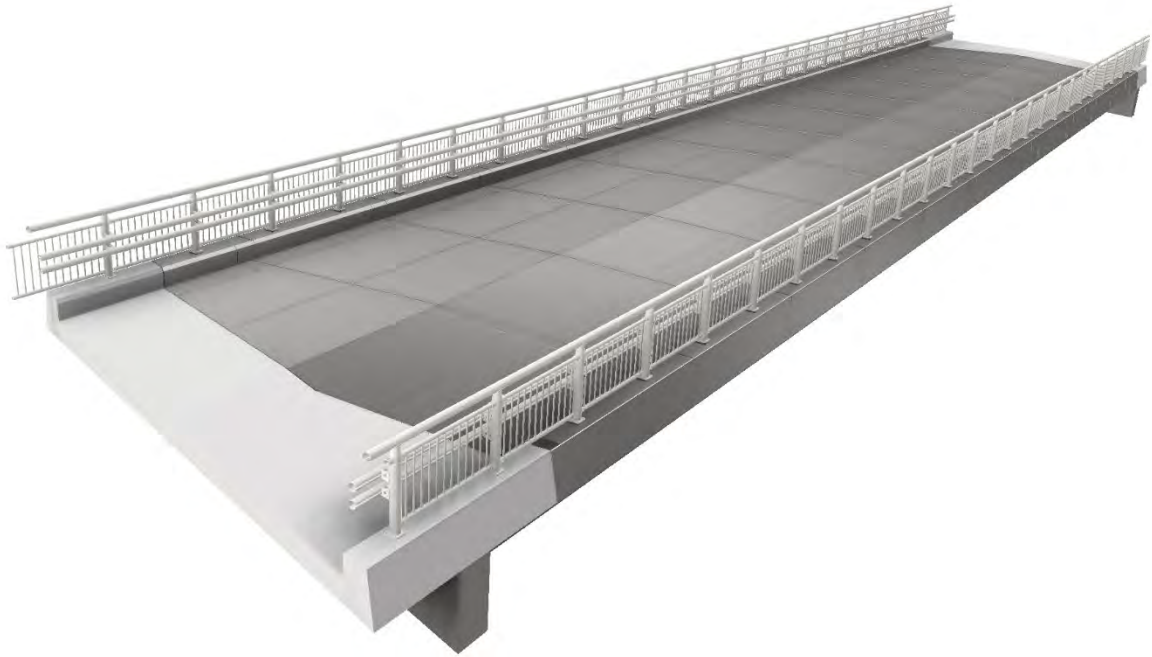
## 11 REFERANSER

---

Andersen, N. B., 2021. *Shear testing by compression 21NO-00493OR01*, s.l.: KIWA.

## Metodebeskrivelse

### Fabrikasjon og montering av Ya-bru



Revisjon	Kommentar	Dato	Ansvarleg	Kontrollert	Godkjent
0					
1	Oppdatert montering og støp	29/03/22	ERB		
2	Oppdatering støpemasse	04/10/22	ERB		
3					
4					



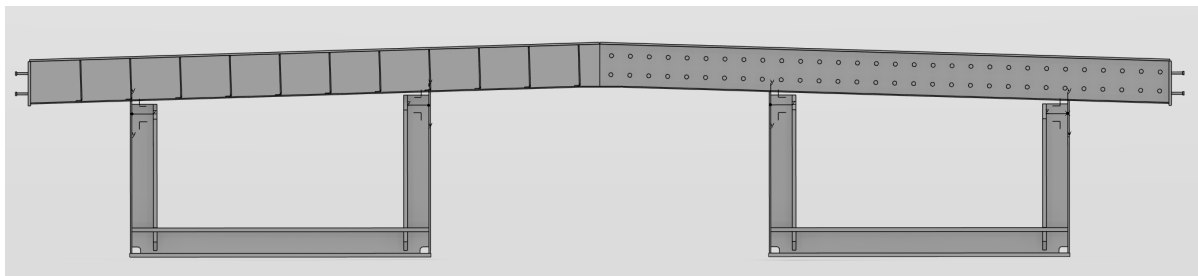
## INNHALDSLISTE

---

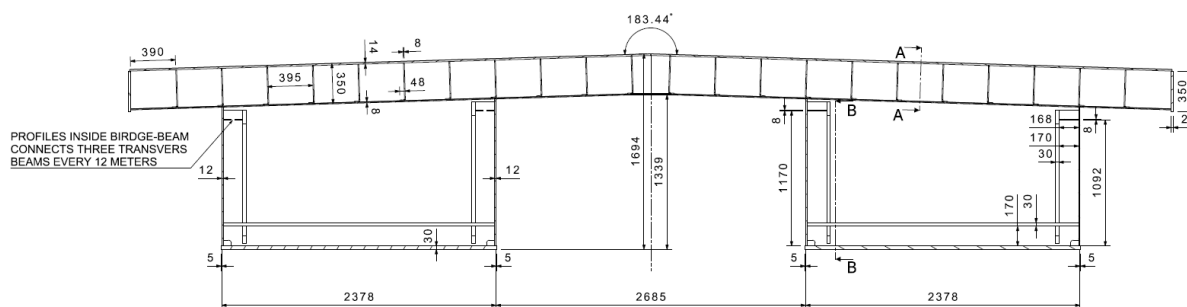
1	Innledning .....	3
1.1	Referansedokument .....	3
2	Produksjon sandwich .....	4
2.1	Montering panel .....	4
2.1.1	Montering topp-plate .....	4
2.1.2	Montering tverrgående avstivning .....	4
2.1.3	Montering langsgående stivere .....	5
2.1.4	Montering tverrgående avstivning .....	7
2.1.5	Montering av sidekant .....	7
2.2	Montering og sveis av bunnplate .....	9
2.2.1	Montering av bunnplate .....	9
2.3	Sammenstilling av sandwichpanel til brukasseseksjoner .....	11
3	Produksjon bærekasser .....	13
3.1	Prefabrikasjon av innvendige T-profiler .....	13
3.2	Sammenstilling av stålkasse .....	14
4	Produksjon endetverrbærere .....	14
5	Sammenstilling på Kvikne .....	15
5.1	Transport til Kvikne .....	15
5.2	Montering og sveis av stålkasser .....	16
5.3	Fylling av støpemasse .....	19

## 1 INNLEDNING

Ya bru på Kvikne skal erstattes av ny bru som er laget av sandwichdekke, 2 bærebjelker og endetverbærere.



Figur 1: Tverrsnitt stål Ya bru



Figur 2: Tverrsnitt stål Ya bru

### 1.1 REFERANSEDOKUMENT

Dette dokumentet må leses sammen følgende dokument:

- 20004\_Welding plan
- 20004\_Inspection and test plan
- 20004\_Sveisetabell

Disse dokumentene beskriver detaljert sveiseprosedyrer samt inspeksjon og kontroll av hele produksjonsprosessen.

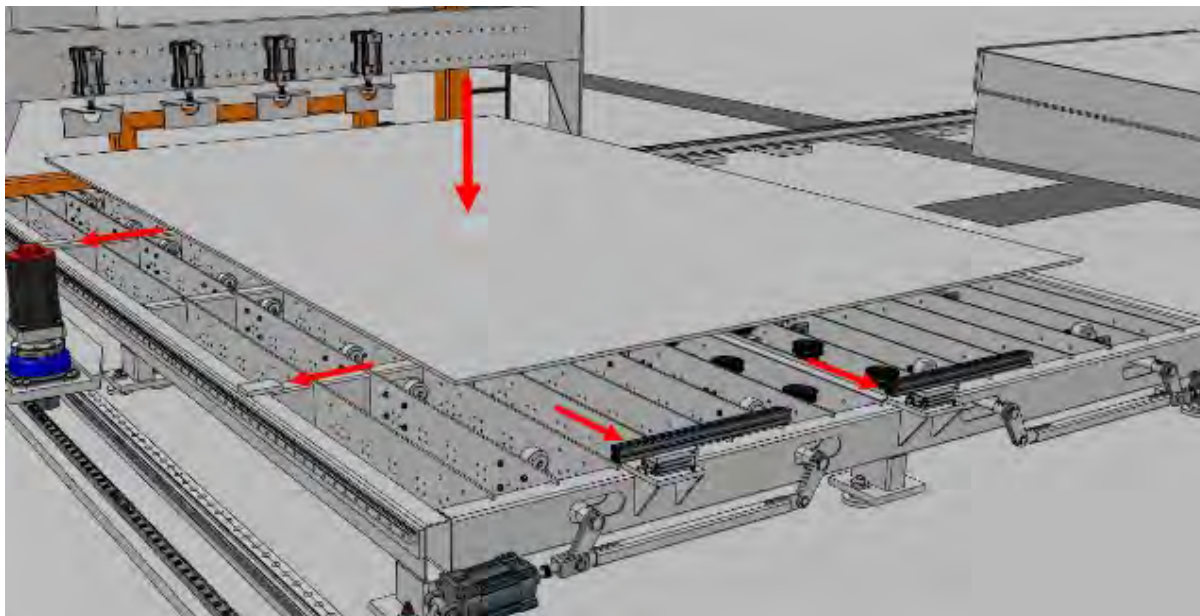
## 2 PRODUKSJON SANDWICH

### 2.1 MONTERING PANEL

Panel bygges opp-ned og derfor starter montering med topp-plate i sandwich og avsluttes med bunnplate. På grunn av stor vekt på plater blir mye montering manuelt på panel.

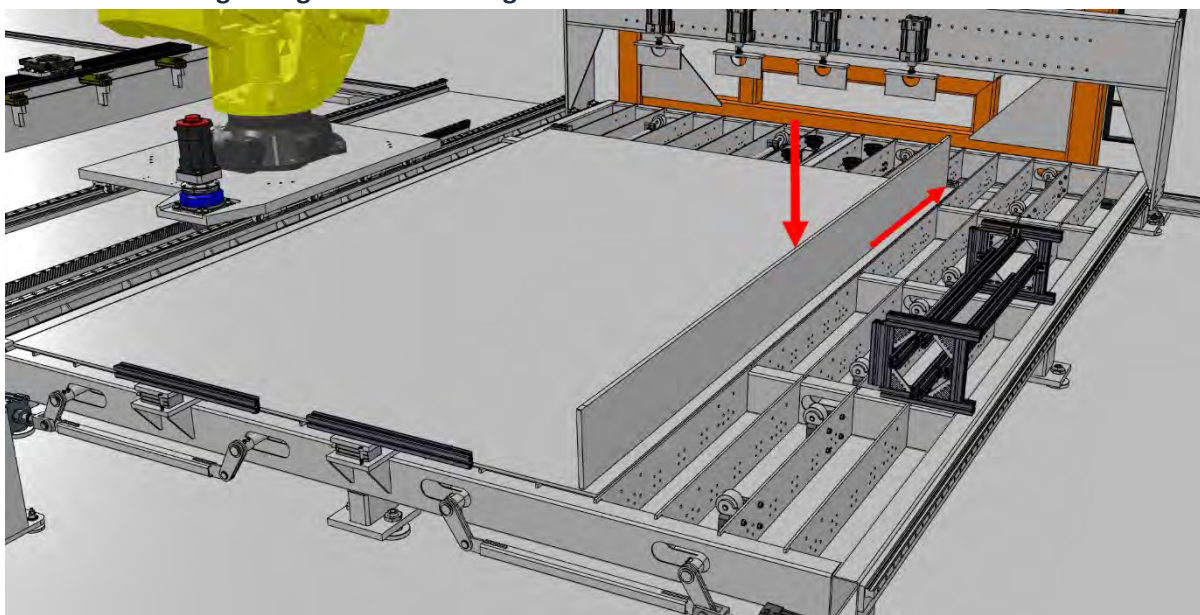
#### 2.1.1 Montering topp-plate

Topp-plate har vekt på over 1600 kg og er for tung for monteringsrobot. Det blir derfor manuell montering i jigg. Løftes på plass med løfteåk og posisjoneres manuelt inntil stoppere.



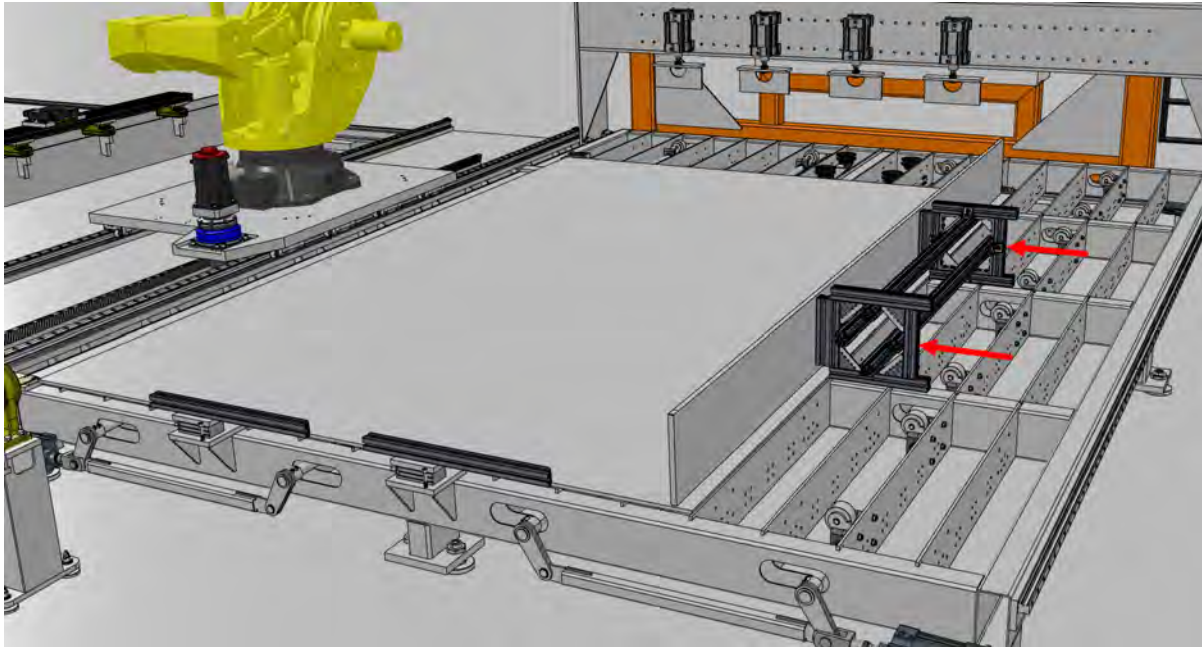
Figur 3: Montering topp-plate

#### 2.1.2 Montering tverrgående avstivning



Figur 4: Montering tverrgående avstivning

Montering av tverrgående avstivning lengst bort fra monteringsrobot må gjøres manuelt på grunn av rekkevidde til robot. Tverrgående avstivning blir anleggspunkt for alle langsgående stivere og nøyaktig posisjonering er viktig. Det er også viktig at vinkel er rett slik at det blir lik kontakt for sveising mot langsgående stivere. Punktssveises manuelt på innsiden slik at utside er fri for punktssveis. Da vil det legges en bedre LH sveis.

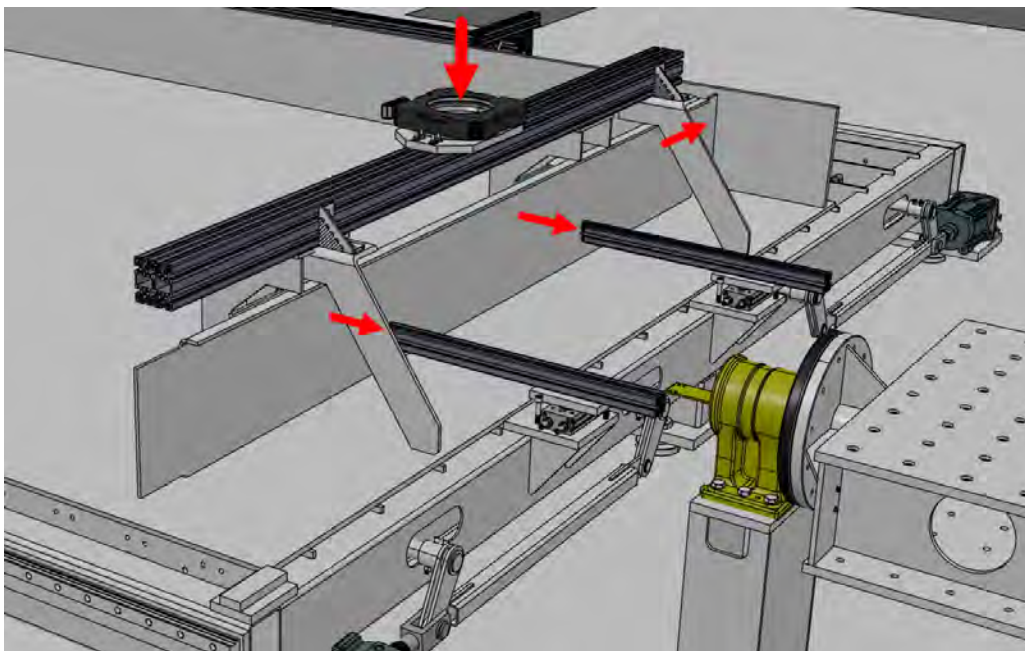


Figur 5: Montering tverrgående avstivning

Verktøy for montering av tverrgående avstivning føres på plass og holder posisjon før punktssveising.

### 2.1.3 Montering langsgående stivere

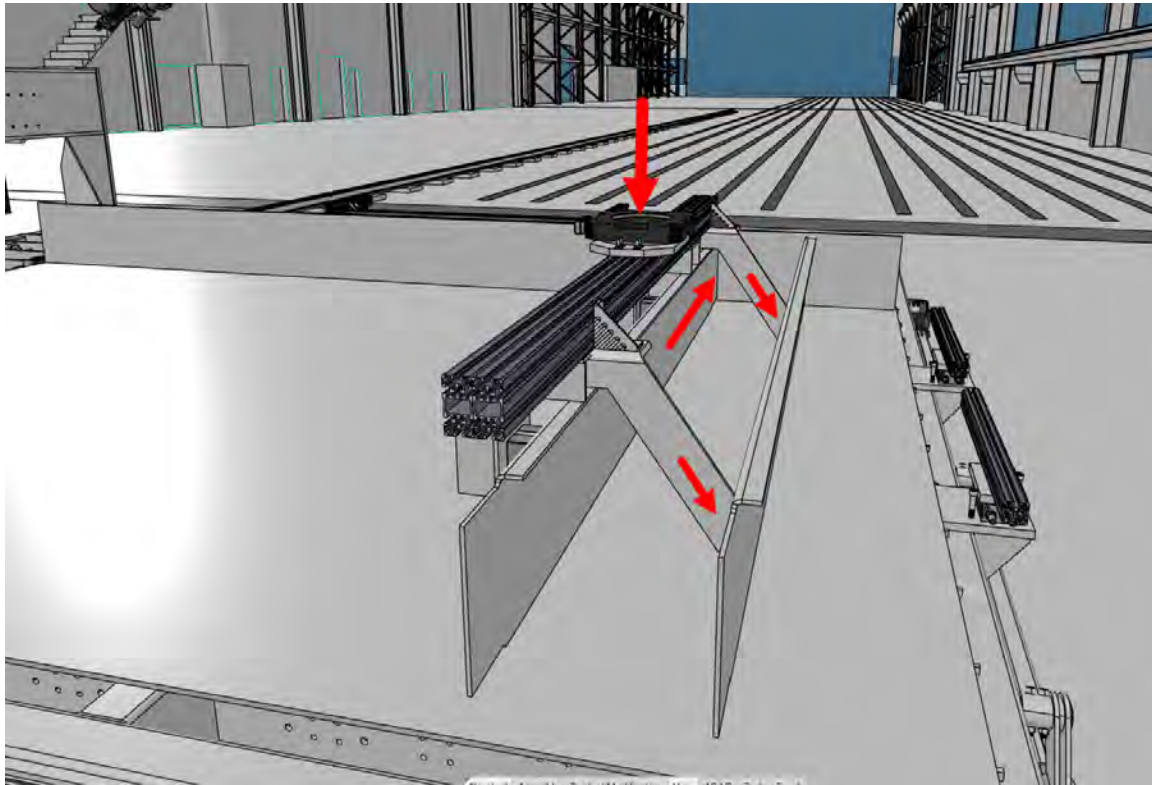
Langsgående stivere monteres med robot. Det er designet et verktøy som holder stivere i rett posisjon ved punktssveising. Punktssveises med laserhybrid mot topp-plate.



Figur 6: Montering første stiverprofil

Montering av første langsgående stiverprofil gjøres mot fast anlegg i monteringsjigg. Kraftcelle på robot plasserer den inntil og holder til punktsveising er utført.

Må også punktsveises mot tverrgående avstivning. Det vurderes etter hvert om det er mulig med automatisert punktsveis eller om det må gjøres manuelt for å sikre kontakt mellom plater.

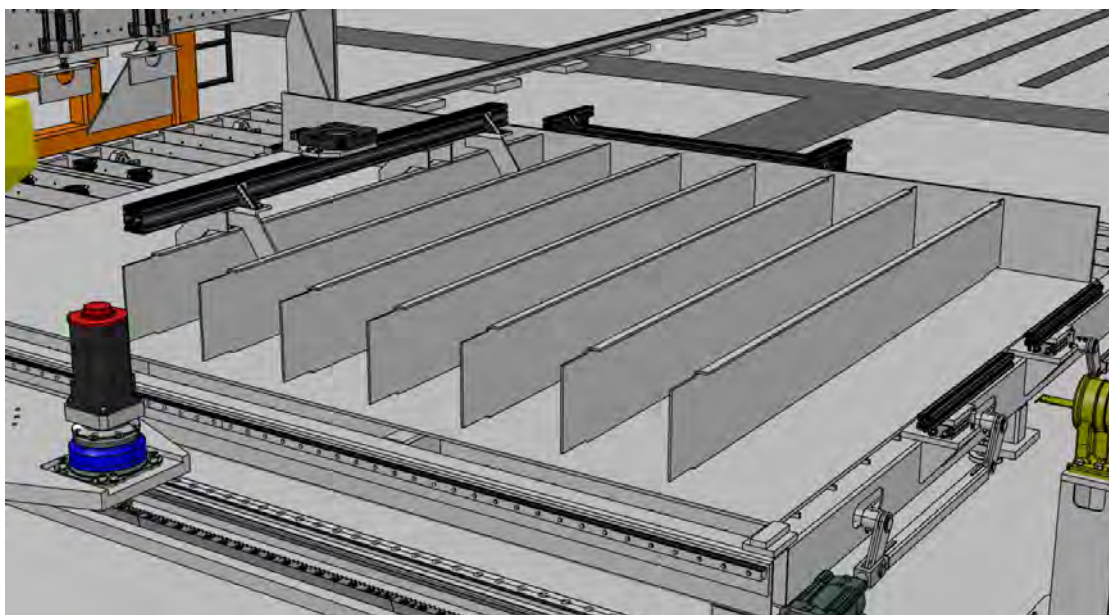


Figur 7: Montering andre profil

De neste stiverprofilene monteres ved å bruke kraftcelle og støtte seg til forrige monterte profil. Denne metoden fører til at vi får følgefeil. Feil avstand mellom to profiler vil følge videre i monteringen av de neste profilene.

Det er en del usikkerhet rundt metoden, men siden den gir mye mindre omfattende jiggbygging enn alternativ metode som gir større presisjon.

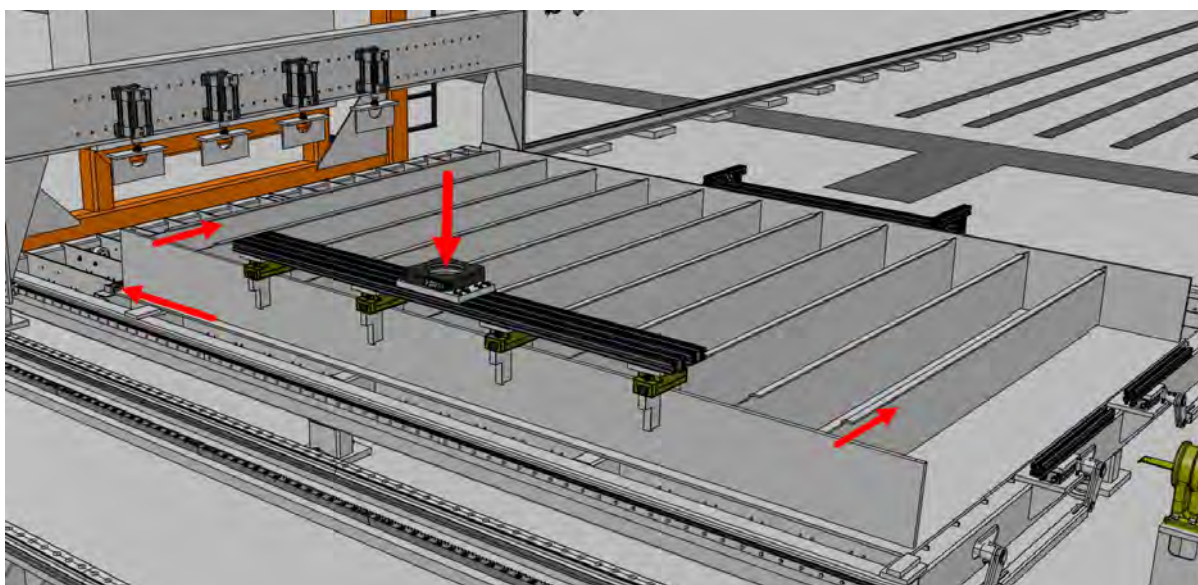
Posisjon som finnes ved hjelp av kraftcelle kontrolleres mot forventet posisjon fra 3D modell. Ved avvik større enn gitt toleranse vil videre arbeid stoppes inntil det er gjort manuell kontroll.



Figur 8: Montering langsgående stivere

#### 2.1.4 Montering tverrgående avstivning

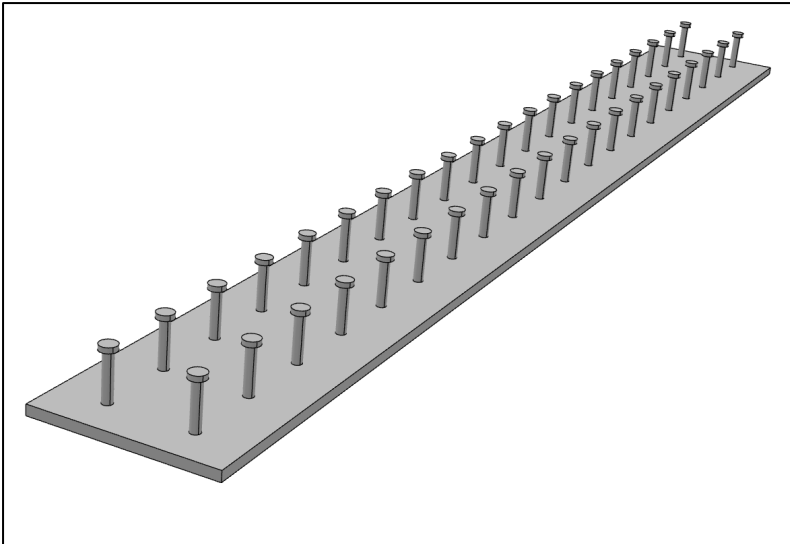
Den andre tverrgående avstivningen er nærmere monteringsrobot. Den kan derfor monteres med robot. Punktseises på innsiden mot topp-plate og mot langsgående stivere.



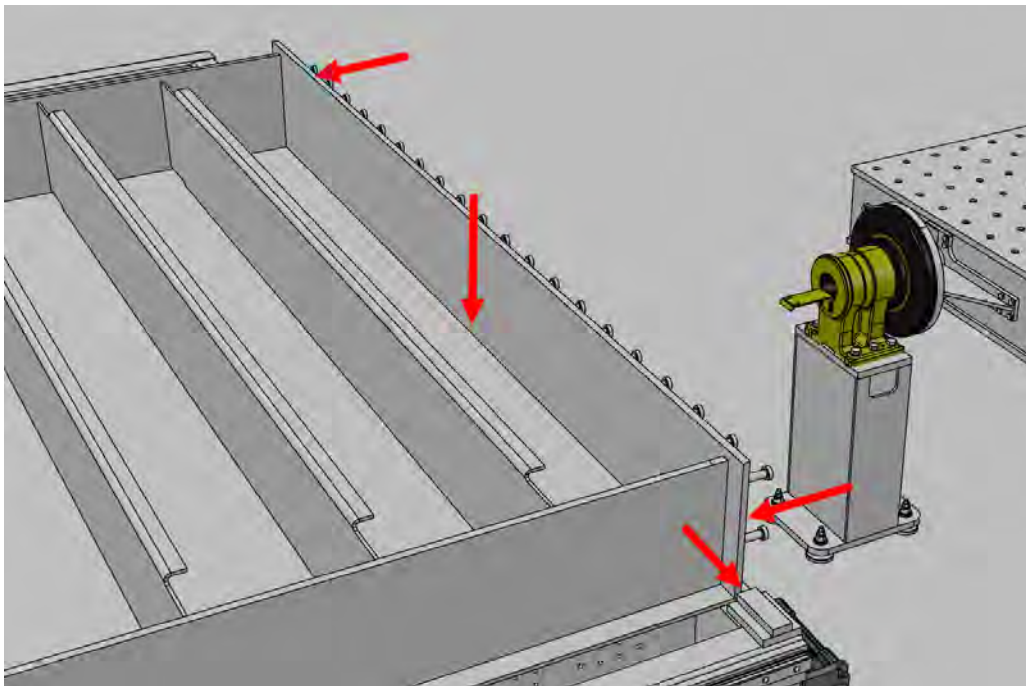
Figur 9: Montering tverrgående stiver

#### 2.1.5 Montering av sidekant

Sidekant skal påmonteres sveisedybler før montering på panel. Det er ikke mulig å sveise på dybler når plater står i vertikal stilling, derfor gjøres dette før montering på sandwich. Unngår da å reise opp sandwich for å sveise på dybler.



Figur 10: Dybler på sidekant



Figur 11: Montering sidekant med dybler

Prosedyrer for sveising og kontroll i egne dokument.

## 2.2 MONTERING OG SVEIS AV BUNNPLATE

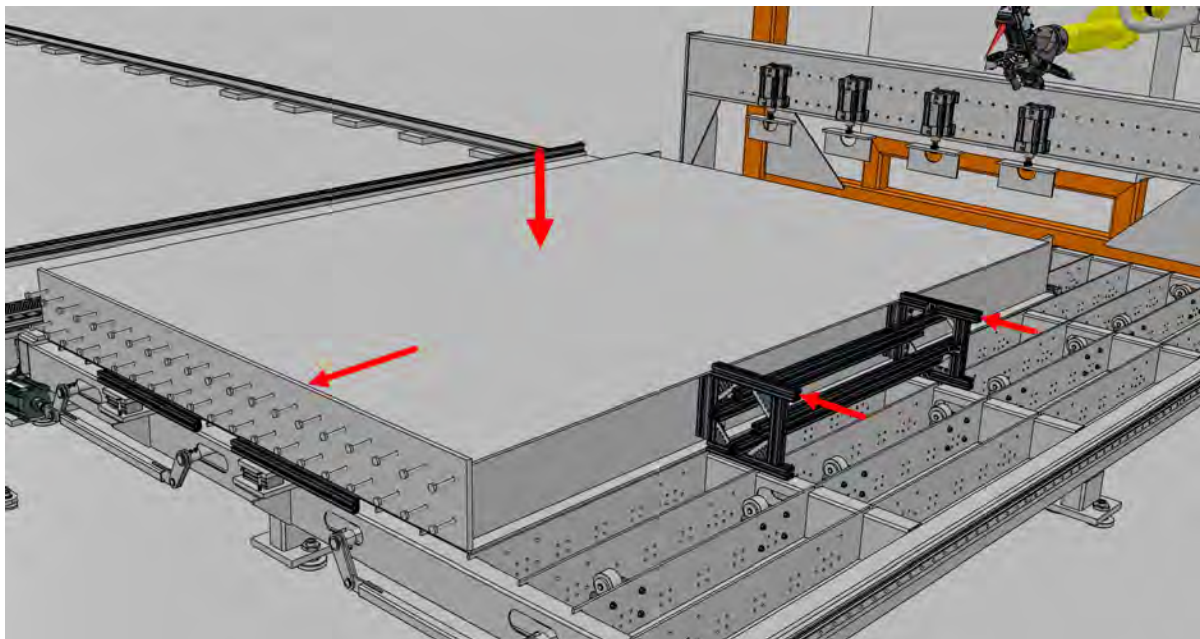
Etter at alle sveiser i panel er kontrollert og reparert skal bunnplate monteres og sveises med lap weld.

For å kunne sveise med laser må panel flyttes tilbake til gantry sveiseceelle. Legges på plass i sveisejigg og posisjoneres nøyaktig mot stoppere.

### 2.2.1 Montering av bunnplate

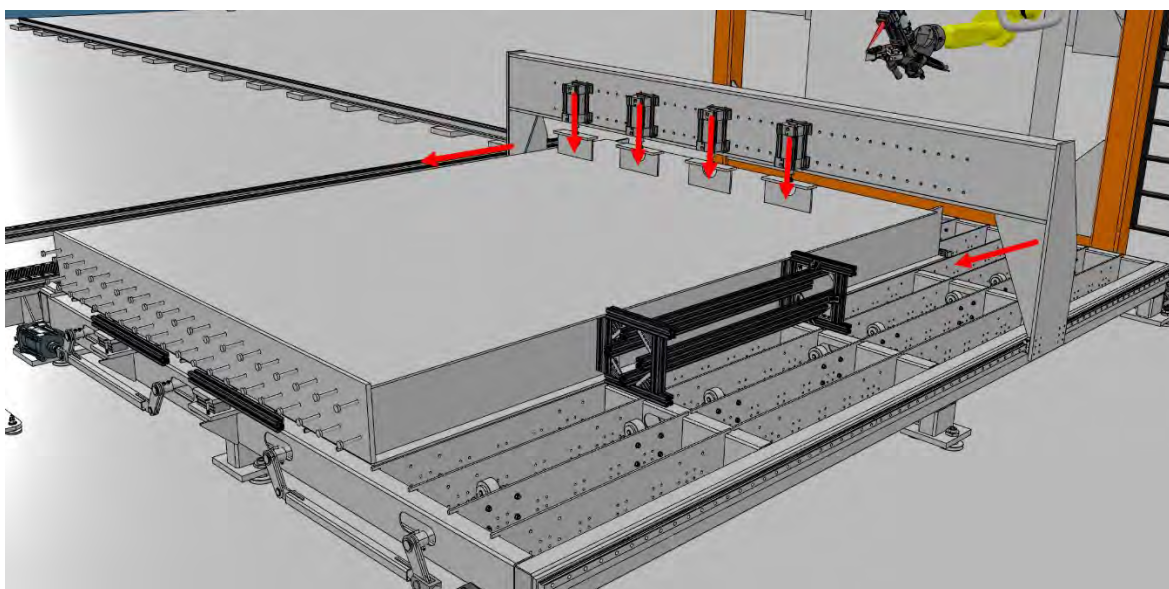
På grunn av vekt på bunnplate må også denne monteres manuelt. Det er høye krav til toleranser for å sikre enkel sammensveising på Kvikne. Bør monteres med nøyaktighet på mindre enn 1 mm.

Etter at den er posisjonert punktssveises den mot sidekant.



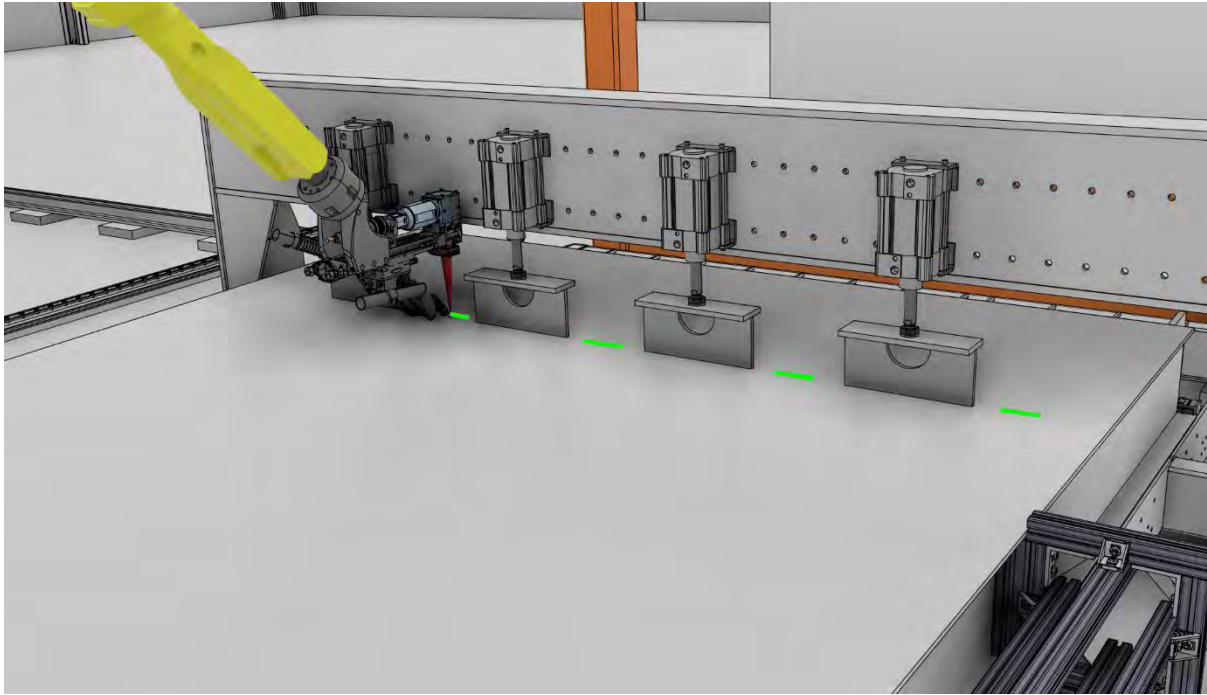
Figur 12: Montering av bunn plate

Det er utviklet utstyr for automatisert punktssveising mot langsgående stivere. Det må presses ned på plate for å oppnå god kontakt med stivere før punktssveising.



Figur 13: Punktssveising av bunn plate





*Figur 14: Punktsveising av bunn plate*

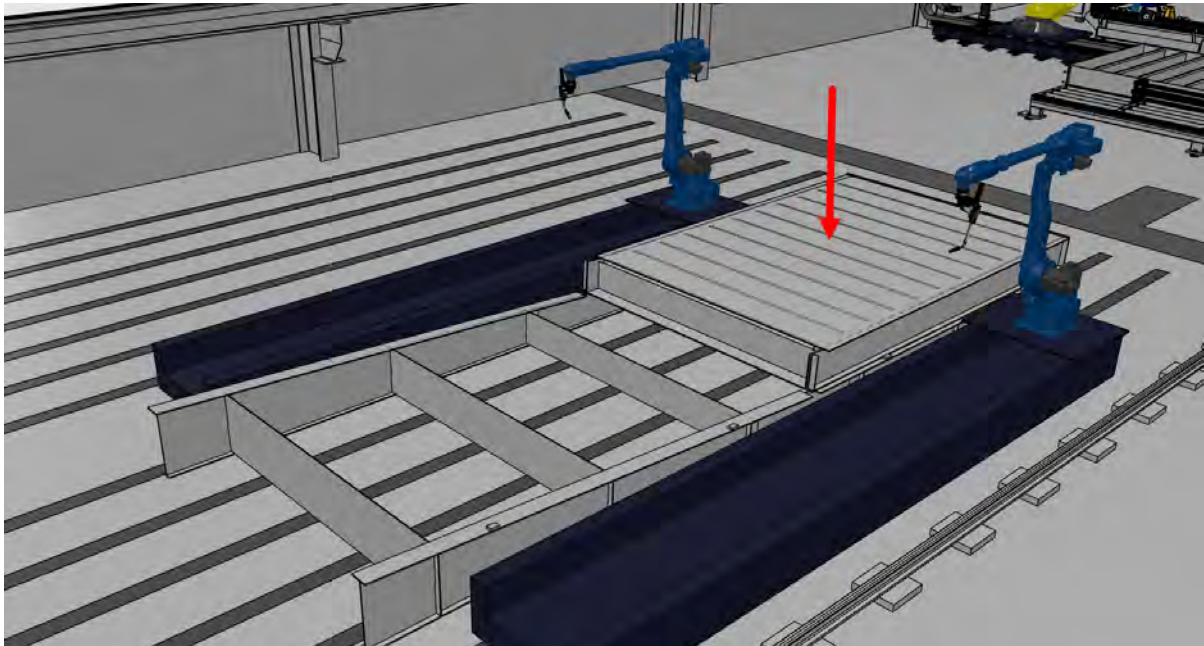
Etter punktsveising utføres følgende:

- Lap weld i henhold til sveiseplan
- Inspeksjon og kontroll
- Reparasjons sveis dersom det avdekkes feil som krever reparasjon



### 2.3 SAMMENSTILLING AV SANDWICHPANEL TIL BRUKASSESEKSJONER

Sandwichpaneler sammenstilles til seksjoner på ca. 3 x 10 meter før transport til Kvikne. Dette må gjøres med stor presisjon for å sikre enkel sammenstilling på brusted.

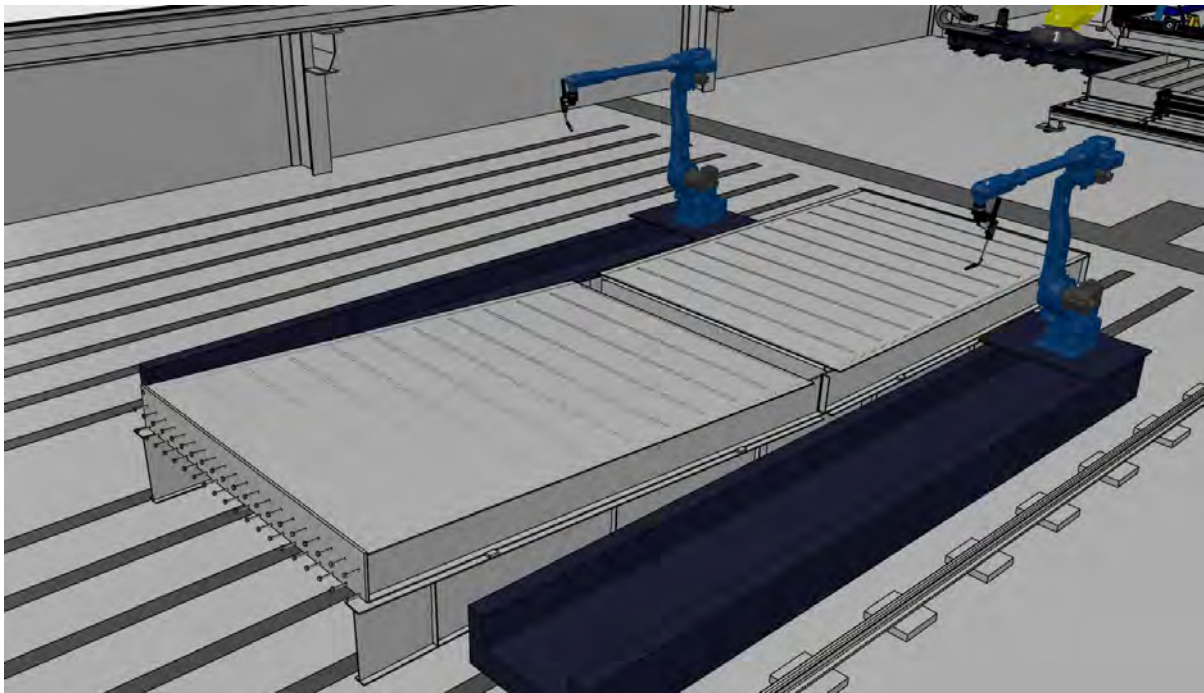


Figur 15: Plassering av panel i jigg

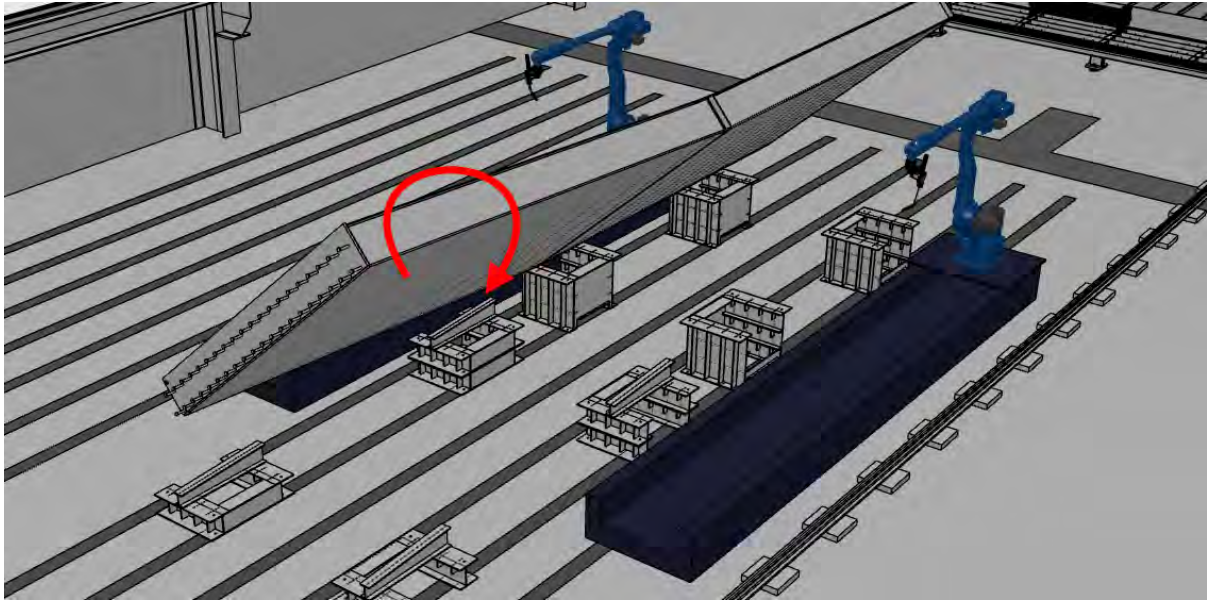
Sveising av vertikal med flyttbar robot

Montering og sveis av innfill plate.

Kontroll av sveis samt reparasjon av sveiser i skjøteoperasjon ved behov

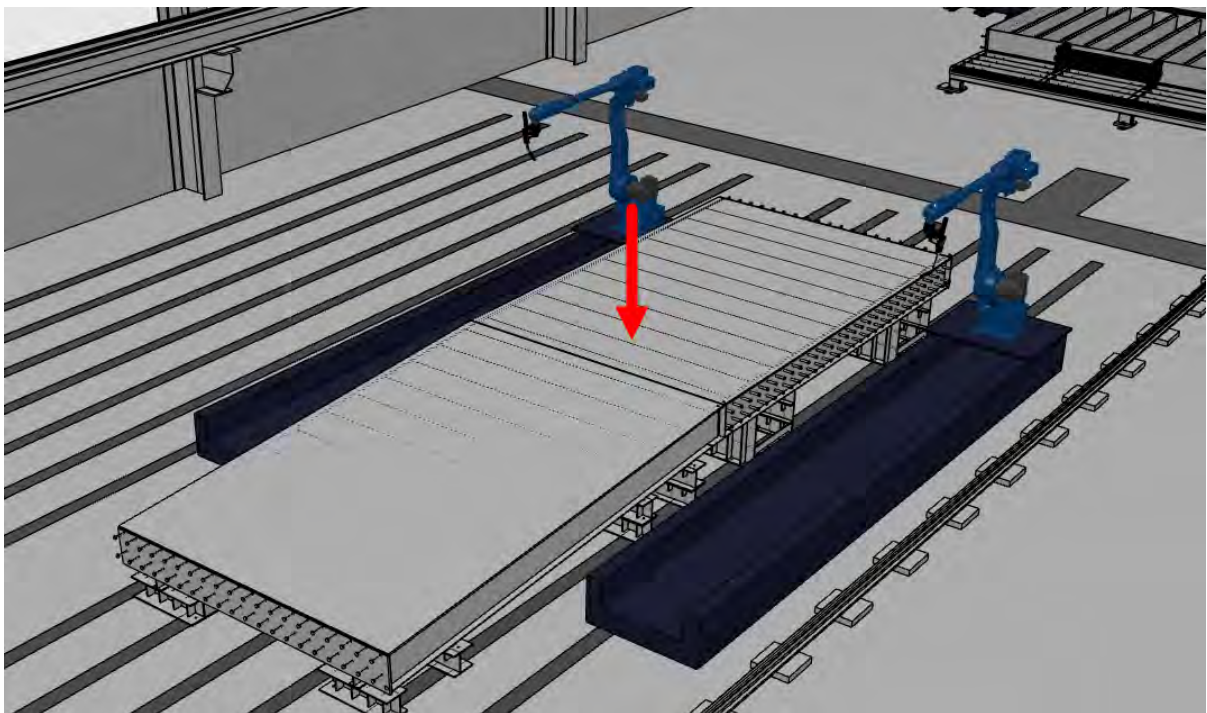


Figur 16: Plassering av panel i jigg



Figur 17: Rotasjon av panel

Etter at alt arbeid på bunnplate er ferdig, roteres panel og klargjøres for sveising av topp-plate.



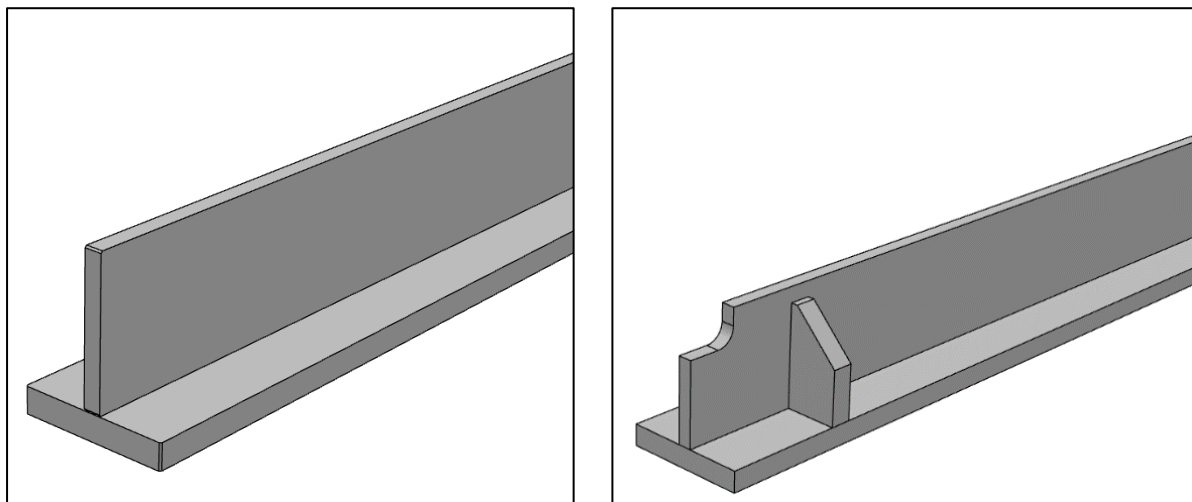
Figur 18: Plassering av panel i jigg

### 3 PRODUKSJON BÆREKASSER

Bærekasser prefabrikeres i lengder på ca. 24 meter. Dette er en relativt enkel konstruksjon med tykke og store plater.

#### 3.1 PREFABRIKASJON AV INNVEDIGE T-PROFILER

Før montering av bærekasseseksjoner skal innvendige stivere prefabrikeres. Disse blir sveist sammen i prefabcelle og sveist med laserhybrid fra 2 sider.



Figur 19: T-profiler

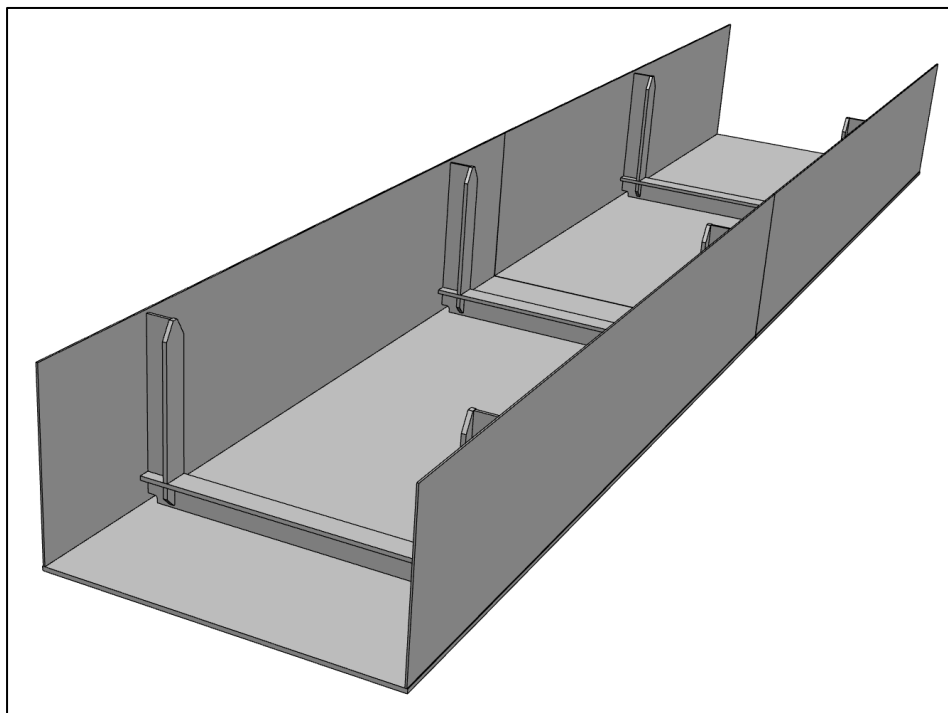
Vekt vertikal profil ca. 65 kg

Vekt horisontal profil ca. 168 kg.

T-profiler monteres og punktsveises manuelt. Løftes inn i prefabcelle med monteringsrobot. Plasseres på sveisebord og clampes med fjernstyrte clamps. T-profiler sveises med laserhybrid. Delvis gjennom-brent sveis fra begge sider.

### 3.2 SAMMENSTILLING AV STÅLKASSE

Plater i stålkasse har for store dimensjoner og for høy vekt til automatisert montering. Dette blir derfor en tradisjonelt bygget stålstruktur der det meste av sveising foregår med robot.



Figur 20: Stålkasse

Kasseseksjoner monteres manuelt og sveises så langt mulig med flyttbare roboter.

Vekt ferdig sammenstilt kasse på 12 meter:	10,8 ton
Vekt bunnplate:	3375 kg (pr. stk)
Vekt plate sidekant:	720 kg

Det er ikke plass til 12 meter lange kasser i gantry-celle og må derfor sveises med MIG og flyttbar robot på skinne.

## 4 PRODUKSJON ENDETVERRBÆRERE

---

Endetverrbærere blir manuell montering og punktsveising.

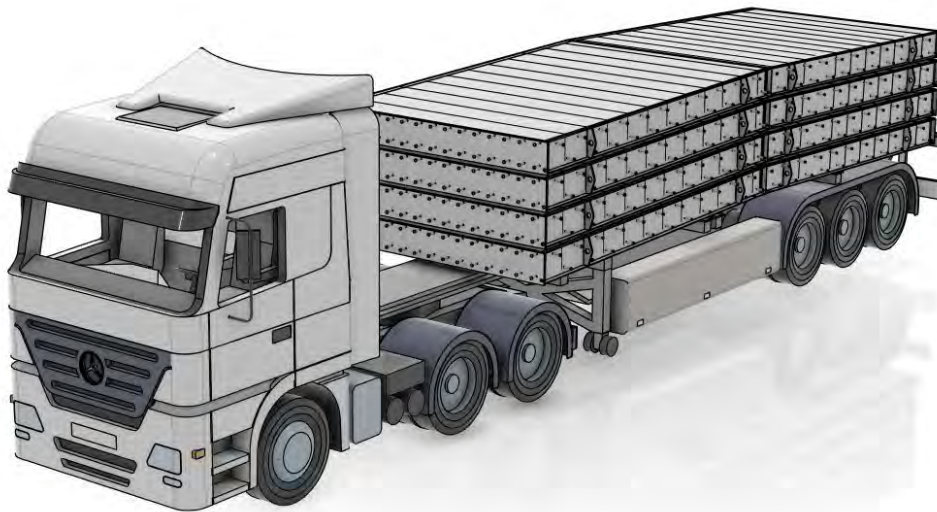
Sveising med robot blir vurdert etter hvert.

## 5 SAMMENSTILLING PÅ KVIKNE

Etter prefabrikasjon av sandwichseksjoner og bærekasser skal det transporteres til Kvikne på bil og sammenstilles til en komplett bru på et riggområde i nærheten av brusted. Etter at Prodtex er ferdig med sammenstilling vil en entreprenør overta og løfte komplett bru på plass over elva.

### 5.1 TRANSPORT TIL KVIKNE

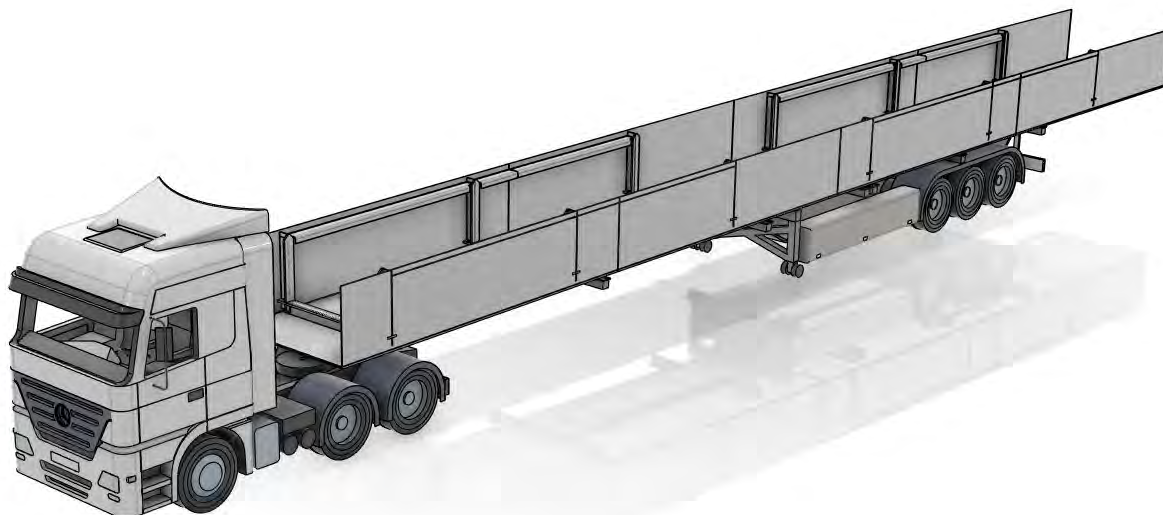
Brua blir transportert til Kvikne på bil. Det er planlagt 4 sandwichelement pr bil



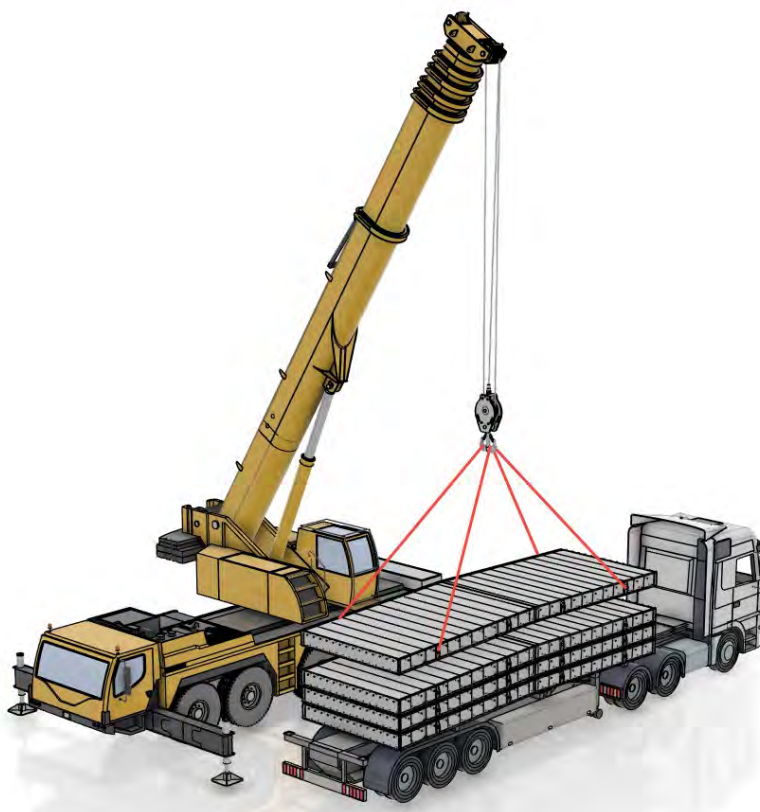
Figur 21: Transport av sandwich panel

Det er forespurt transportører på disse elementene og det er bekreftet at det kan utføres transport slik det er skissert her.

Alle transporter vil få for store mål til standard transport. Sandwichelement har bredde på 3,1 meter og stålkasser vil få en lengde på inntil 25 meter, så alle transporter krever følgebil.



Figur 22: Transport av stålkasser

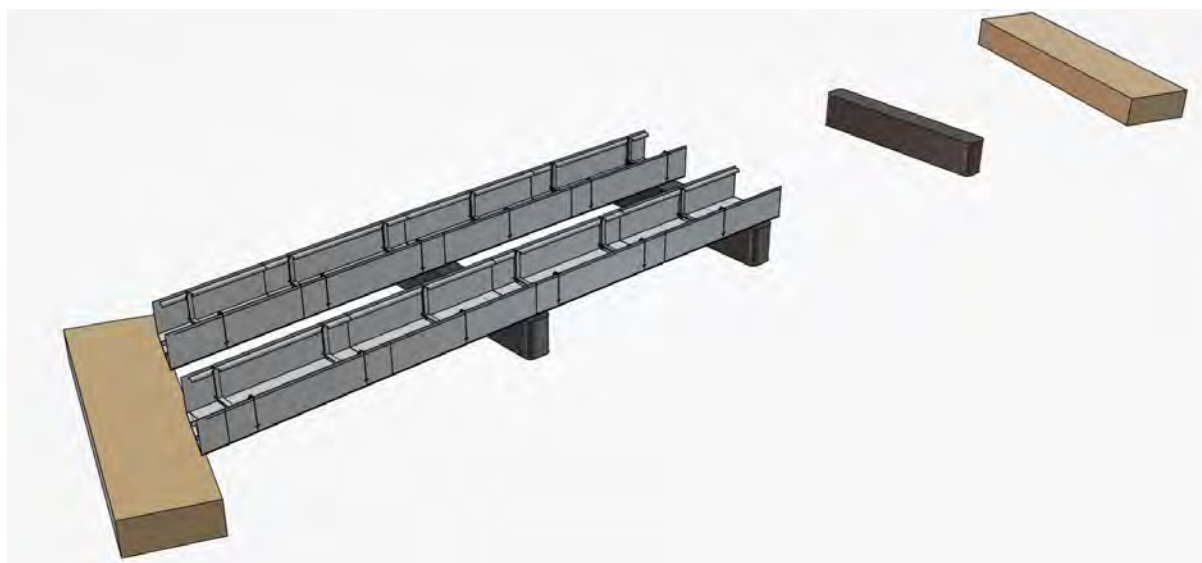


Figur 23: Løft av bil med mobilkran

På Kvikne må det være tilgjengelig mobilkran for lossing av transport. Før transport ankommer vil bukker være oppstilt slik at sandwichelementer løftes rett på plass for videre sammenstilling til kjørebane.

## 5.2 MONTERING OG SVEIS AV STÅLKASSER

Stålkassene løftes inn i elven med kran. To kasser løftes inn og har understøttelse i midten og på endene.



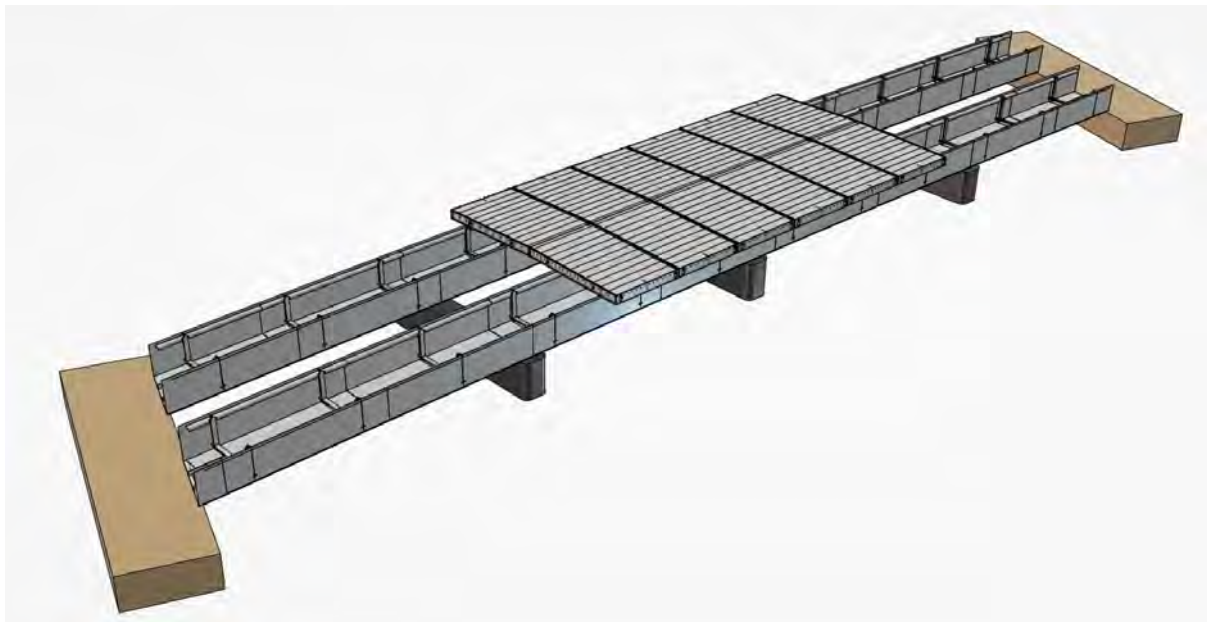
Figur 24: Montering av stålkasse under sandwich

Når de to første kassene er plassert løftes de to siste inn «en og en». På grunn av manglende understøttelse må de to siste kassene sveises sammen med sin motpart før kranen kan «slippe».



Figur 25: Montering av stålkasse under sandwich

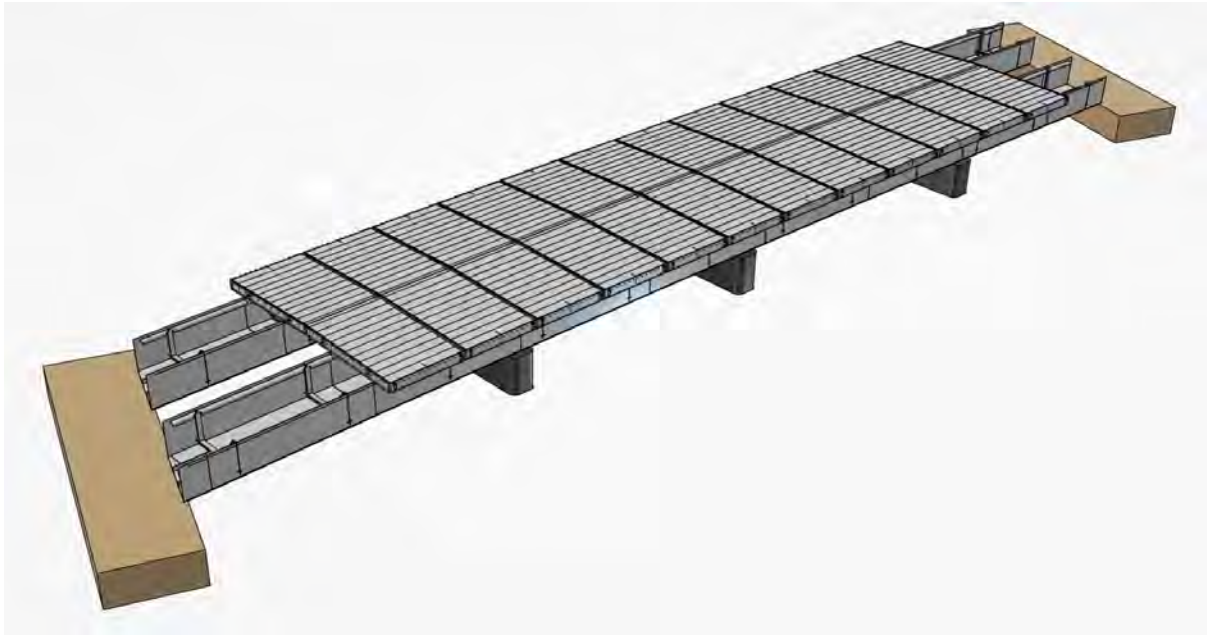
Når stålkassene er ferdig sammenføyet nyttes kran til å heise inn sandwichseksjoner. En og en seksjon heises inn og sveises mot stålkasse og naboseksjoner. Montering starter på midten av broen og fortsetter ut mot hver ende. Skøyten i topplaten på seksjonene utføres med robot, resterende sveiser blir manuelt utført.



Figur 26: Montering av sandwichseksjoner

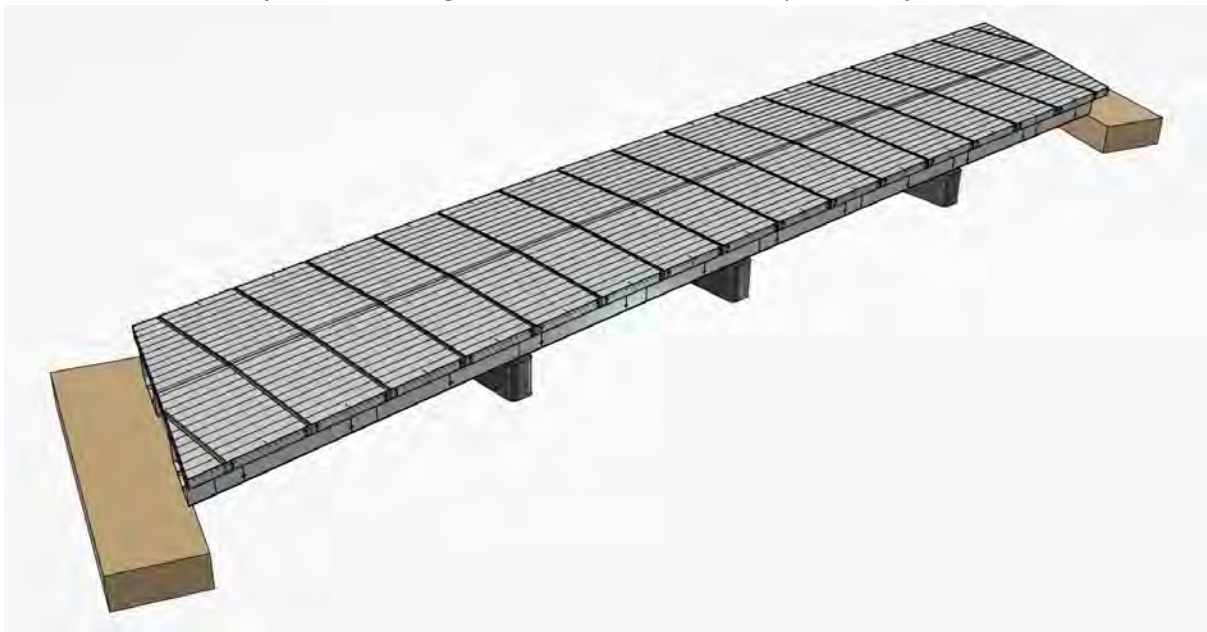
Monteringen starter på midten av broen og fortsetter ut mot hver ende. Skøyten i topplaten på seksjonene utføres med robot, resterende sveiser blir manuelt utført.





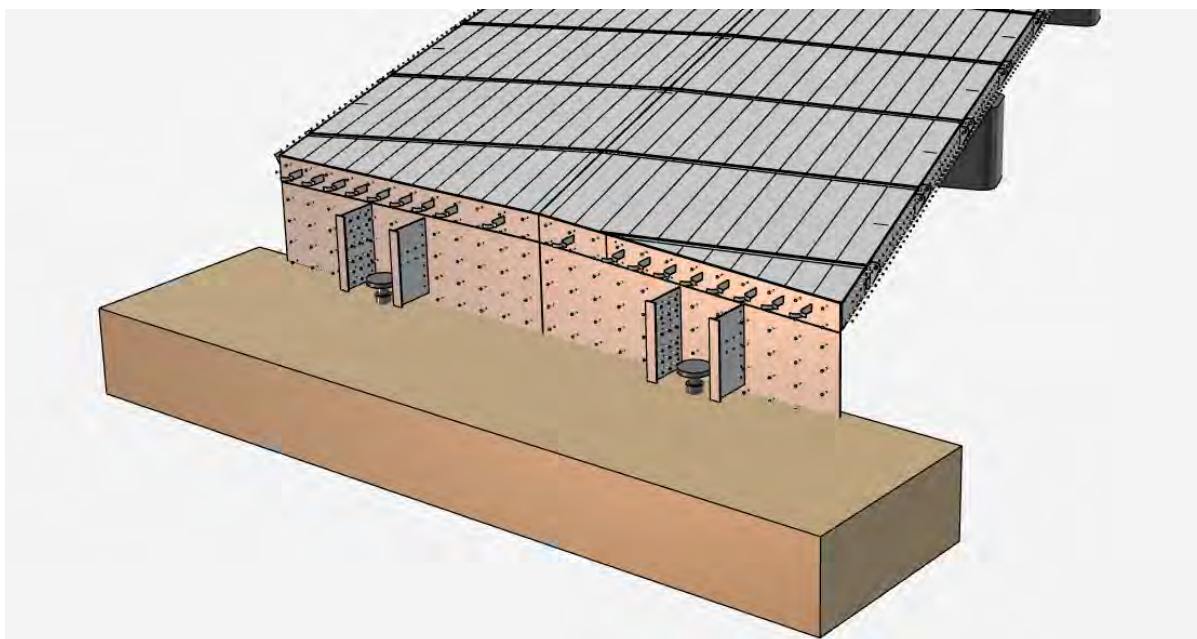
Figur 27: Montering av sandwichseksjoner

Når alle sandwichseksjonene er ferdig sveist kan understøttelsen på broen fjernes.



Figur 28: Stålkasse med sandwichdekke

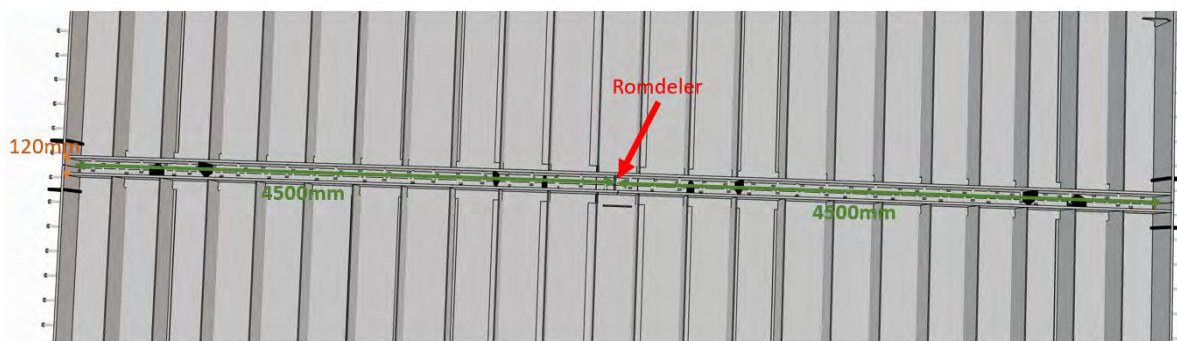
Til slutt sveises endeplaten mot stålkassen og sandwichdekket, dette er den siste sveiseoperasjonen på broen.



Figur 29: Endetverrbærer

### 5.3 FYLING AV STØPEMASSE

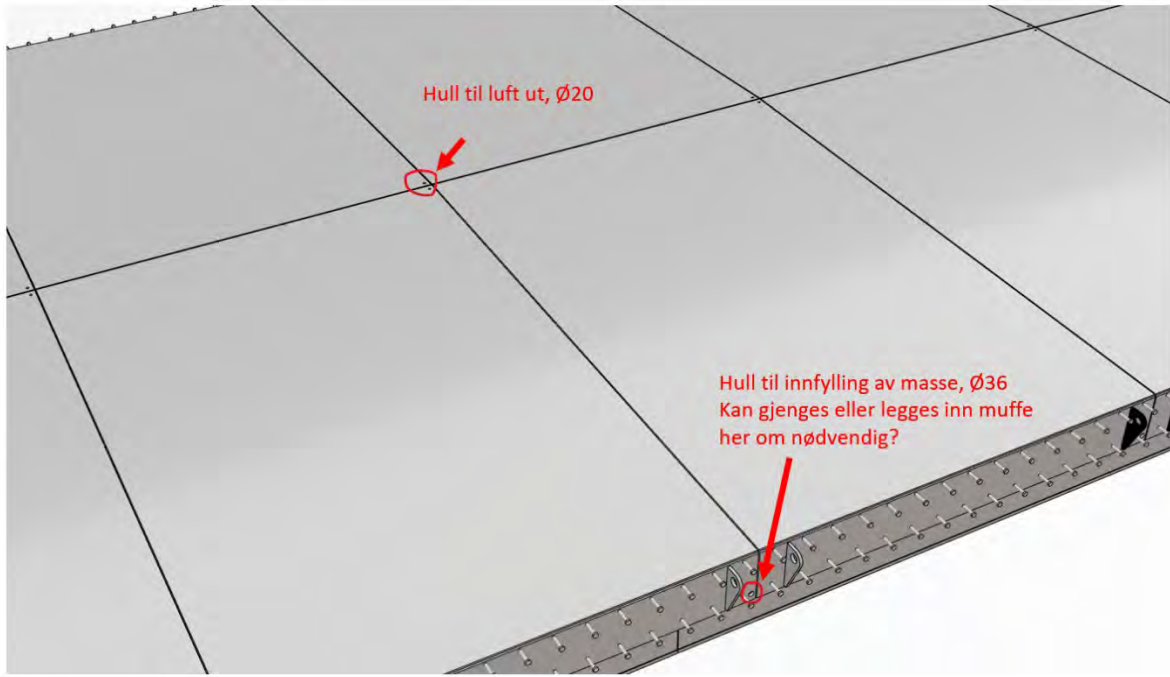
Støpemasse fylles inn i skjøtesonen mellom sandwichseksjonene. Skjøtesonen har høyde 328mm, bredde 120mm og lengde på ca 9000mm. Skjøtesonen er delt inn i to rom med lengde på ca 4500mm, hvert rom har 88 dybler. På høyeste punkt er der to hull, ett i hvert rom, med  $\varnothing 20\text{mm}$  til luft. På laveste punkt på hver side er der to hull med  $\varnothing 36\text{mm}$  til innfylling av støpemasse.



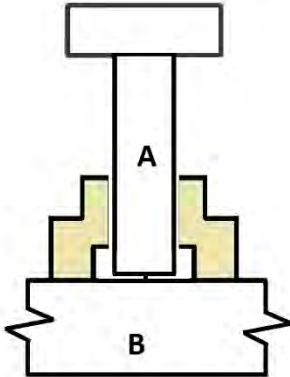
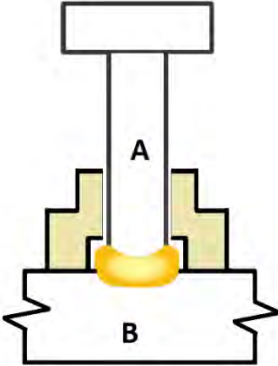
Figur 30: Skjøtesone innvendig

Støpemassen fylles inn på laveste punkt m/ $\varnothing 36\text{mm}$ . Rommet er fylt når masse kommer ut av høyeste punkt på  $\varnothing 20\text{mm}$ . Begge rommene fylles etter sammensveising av seksjonene. Der er 15 skjøter i ordinær lengde, og to mindre skjøter i enden av bru.

Massen som nyttes er Norcem STD FA med tilsetning Weber V-ga.



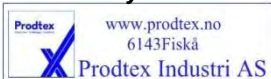
Figur 31: Skjøtesone utvendig

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>																													
Location: Fiskå																																	
Welding process:		1	783	2		3																											
Shielding gas type:		NA																															
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]																										
	A	S235J2+C4 50	EN ISO 13918	2.1	TM	19	-																										
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	≥ 4,75	-																										
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment																											
	NA	-	-	-	-	-	-																										
	NA	-	-	-	-	-	-																										
Equipment identification	Welding unit (device)		Control Unit	Arc Sensor	Joint Sensor	-																											
	ELOTOP 1702		KÖCO 22	Yes	No	-																											
Joint design			Sketch process			<table border="1"> <tr><td>Joint type</td><td>Stud Weld</td></tr> <tr><td>Joint preparation</td><td>Flat</td></tr> <tr><td>Single/double side</td><td>Single</td></tr> <tr><td>Welding Positions</td><td>PA</td></tr> <tr><td>Gouging method</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Cleaning method</td><td>Sandblast</td></tr> <tr><td>Backing</td><td>CF</td></tr> <tr><td>Purging gas type</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Flux</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Flux treatment</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Weaving</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Tack welding proc.</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Mechanical clamping</td><td>Yes</td></tr> </table>		Joint type	Stud Weld	Joint preparation	Flat	Single/double side	Single	Welding Positions	PA	Gouging method	NA	Cleaning method	Sandblast	Backing	CF	Purging gas type	NA	Flux	NA	Flux treatment	NA	Weaving	NA	Tack welding proc.	NA	Mechanical clamping	Yes
Joint type	Stud Weld																																
Joint preparation	Flat																																
Single/double side	Single																																
Welding Positions	PA																																
Gouging method	NA																																
Cleaning method	Sandblast																																
Backing	CF																																
Purging gas type	NA																																
Flux	NA																																
Flux treatment	NA																																
Weaving	NA																																
Tack welding proc.	NA																																
Mechanical clamping	Yes																																
 <p>Plates gap: 0 - 1.5 mm</p>																																	
1'st run temp. min: 15 °C		Heating rate: NA			PWHT min: NA max:NA																												
2'nd run temp. max: NA		Cooling rate: NA			Temp. control: Digital																												
Non - Destructive Testing:																																	
VT: 100%      UT: -      RT: -      MT: -      PT: -																																	

Welding parameters	Unit	1'st pass	2'nd pass	3'rd pass
Welding position		PA	NA	NA
Shielding gas				
-Classification and type			NA	
-gas flow	l/min	NA	NA	NA
Depth of penetration				
A	mm	NA	NA	NA
B	mm	NA	NA	NA
Torch arrangement		NA	NA	NA
Beam power at the workpiece				
-Continuous	W	NA	NA	NA
Power ramping details				
-slope up	mm	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA
Geometrical parameters				
- Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA
- Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	NA	NA	NA
Arc parameters				
-mode polarity		DC-	NA	NA
-lifting height	mm	3,5	NA	NA
-current	A	1600	NA	NA
-voltage level	V	20	NA	NA
-welding time	ms	800	NA	NA
-protrusion	mm	4,0	NA	NA
-arc length corr.		-	NA	NA
Nominal Heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	NA	NA	NA

**Comments:-**

**Produced by: Prodtex**



Date: 14.01.2022

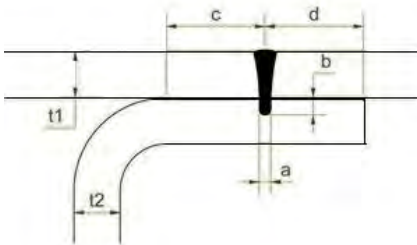
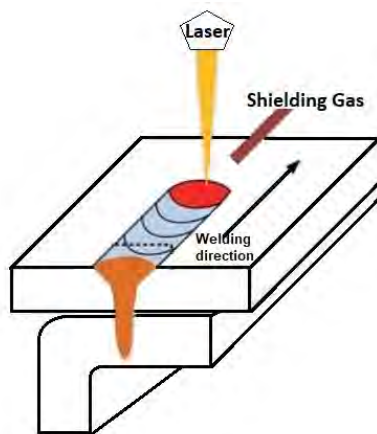
**Approved by:**

Ödön Bogdan Bindiu



Date: 17.01.2022

*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>			
Location: Fiskå							
Welding process:		1	52	2		3	
Shielding gas type:		M12-Arc-2					
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Depth of penetration [mm]
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	6,8 – 9,2	6,8 – 9,2
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	6,8 – 9,2	2
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment	
	NA	-	-	-	-	-	
	NA	-	-	-	-	-	
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core diameter	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics
	Fanuc M-20iA-35M		0,6	Fronius	Trumpf trudisk10002 fiberlaser	NA	Trumpf Optics
Joint design				Sketch process		Joint type	LW
 <p>Plates gap: 0 - 1.5 mm</p>						Joint preparation	Flat
						Single/double side	Single
						Welding Positions	PA
				Gouging method	NA		
				Cleaning method	Sandblast		
				Backing	NA		
				Purging gas type	NA		
				Flux	NA		
				Flux treatment	NA		
				Weaving	NA		
				Tack welding proc.	NA		
				Mechanical clamping	Yes		
1'st run temp. min: 20 °C			Heating rate: NA			PWHT min: NA max:NA	
2'nd run temp. max: NA			Cooling rate: NA			Temp. control: Digital	
Non - Destructive Testing:							
VT: 100%		UT:100%		RT: -		MT: - PT: -	

Welding parameters	Unit	1'st pass	2'nd pass	3'rd pass
Welding position		PA	NA	NA
Shielding gas		Arcal Chrome		Ar + CO <sub>2</sub> 2 % ±0,5 %
-Classification and type		ISO 14175-M12-ArC-2		
-gas flow	l/min	20	NA	NA
Depth of penetration				
A	mm	8	NA	NA
B	mm	2	NA	NA
Torch arrangement		Lasers	NA	NA
Beam power at the workpiece				
-Continuous	W	10 000	NA	NA
Power ramping details				
-slope up	mm	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA
Geometrical parameters				
- Beam angle transverse	° deg.	90	NA	NA
- Beam angle longitudinal	° deg.	5	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA
-Focus position	mm	313	NA	NA
-Beam position	mm	0	NA	NA
Welding speed	m/min	1	NA	NA
Arc parameters				
-mode polarity		NA	NA	NA
-wire feed rate	m/min	NA	NA	NA
-current	A	NA	NA	NA
-voltage level	V	NA	NA	NA
-stick out wire	mm	NA	NA	NA
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA
Nominal Heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0, 0006	NA	NA

Comments:-

Produced by: Prodtex



Date: 14.01.2022

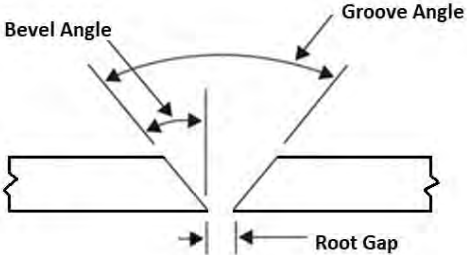
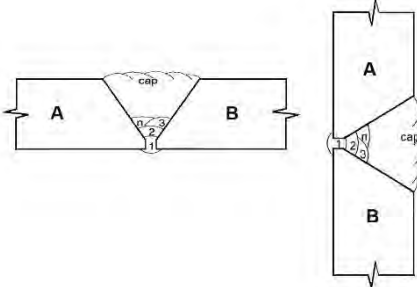
Approved by:

Ödön Bogdan Bindiu



Date: 17.01.2022

*Bindiu*  
Sign

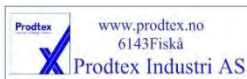
Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>					
Location: Fiskå									
Welding process:	1	138		2	136		3	-	
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			-	
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]		
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 24	>150		
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 24	>150		
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group		Size [mm]	Filler treatment		
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2,2		1,2	-		
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2,2		1,2	-		
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core dia.	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics source		
	KEMPI 510		NA	NA	NA	KEMPI 4000	NA		
Joint design				Sketch process					
 <p>Bevel Angle</p> <p>Groove Angle</p> <p>Root Gap</p> <p>Rootface:0-1 mm    Rootgap: 3-4 mm Groove Angle: 30°</p>								Joint type	BW
								Joint preparation	V
								Single/double side	Single
Welding Positions	All except PG								
Gouging method	NA								
Cleaning method	Sandblast								
Backing	NA								
Purging gas type	NA								
Flux	NA								
Flux treatment	NA								
Weaving	NA								
Tack welding proc.	NA								
Mechanical clamping	Yes								
Preheat min: 21°C			Heating rate: -			PWHT min: NA                      max: NA			
Interpass max: 75°C			Cooling rate: -			Temp. control: Digital			
Non - Destructive Testing:									
VE: 100%                      UT:20%                      RT: -                      MT: 20%                      PT: -									



Welding parameters	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	n'th run
Welding position		All except PG	All except PG	All except PG	All except PG
Process index		1	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II
Shielding gas					
Classification and type		EN ISO 14175-M21-Arc-18 /		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%	
-gas flow	l/min	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA
Beam power	W	NA	NA	NA	NA
Power ramping					
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters					
-Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,2	0,25	0,2
Arc parameters					
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,4 - 2,5	6 - 7	6 - 7	5,8 - 6
-current	A	98 - 102	180 - 198	178 - 200	180-200
-voltage level	v	16	21 - 22	21 - 22	21 - 22
-stick out wire	mm	17	17	17	17
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA	NA
Nominal heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0.73 - 0.97	0.85 - 1.41	0.67- 1,12	0.85 - 1,41

Produced by: Prodtex Industry AS

Date:21.12.2021

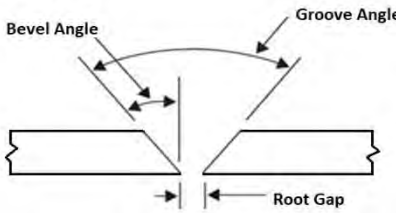
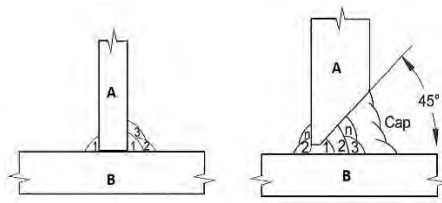


Approved by IWE: Ođón Bogdan Bindiu

Date:05.01.2022



*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>						
Location: Fiskå										
Welding process:	1	138		2	136		3	-		
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			-		
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]			
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 24	NA			
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 24	NA			
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group		Size [mm]	Filler treatment			
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2,2		1,2	-			
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2,2		1,2	-			
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core diameter	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics			
	KEMPI 510		NA	NA	NA	KEMPI 4000	NA			
Joint design				Sketch process			Joint type			
							FW			
							Joint preparation		V	
							Single/double side		Single	
<p>Rootface:0-1 mm    Rootgap: 3-4 mm Groove Angle: 30°</p>							Welding Positions		All except PG	
							Gouging method		NA	
							Cleaning method		Sandblast	
							Backing		NA	
							Purging gas type		NA	
							Flux		NA	
							Flux treatment		NA	
							Weaving		NA	
							Tack welding proc.		NA	
							Mechanical clamping		Yes	
Preheat min: 21°C			Heating rate: -			PWHT min: NA                      max: NA				
Interpass max: 75°C			Cooling rate: -			Temp. control: Digital				
Non - Destructive Testing:										
VE: 100%                      UT:-                      RT: -                      MT: 20%                      PT: -										

Welding parameters	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	n'th run
Welding position		All except PG	All except PG	All except PG	All except PG
Process index		1	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II
Shielding gas					
Classification and type		EN ISO 14175-M21-Arc-18 /		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%	
-gas flow	l/min	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA
Beam power	W	NA	NA	NA	NA
Power ramping					
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters					
-Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,2	0,25	0,2
Arc parameters					
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,4 - 2,5	6 - 7	6 - 7	5,8 - 6
-current	A	98 - 102	180 - 198	178 - 200	180-200
-voltage level	v	16	21 - 22	21 - 22	21 - 22
-stick out wire	mm	17	17	17	17
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA	NA
Nominal heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0.73 - 0.97	0.85 - 1.41	0.67- 1,12	0.85 - 1.41

Produced by: **Prodtex Industry AS**

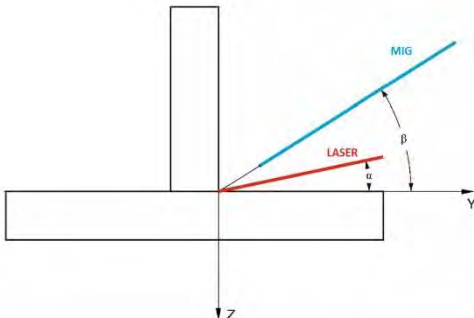
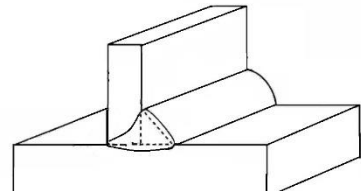
Date: 21.12.2021



Approved by IWE: **Ödön Bogdan Bindiu**



*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>																													
Location: Fiskå																																	
Welding process:	1	135+52 (Laser Hybrid)	2		3																												
Shielding gas type:		M12-Arc2																															
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]																										
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	6,4 - 8	NA																										
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	12	NA																										
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment																											
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A: G 46 4 M21 Z	2.2	1,2	-																											
	NA	-	-	-	-	-																											
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core diameter	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics																										
	Fanuc M-20iA-35M		0,6	Fronius	Trumpf trdisk10002 fiberlaser	<i>Fronius TPSI 500i</i>	Trumpf Optics																										
Joint design			Sketch process			<table border="1"> <tr><td>Joint type</td><td>T</td></tr> <tr><td>Joint preparation</td><td>Flat</td></tr> <tr><td>Single/double side</td><td>Single</td></tr> <tr><td>Welding Positions</td><td>PB</td></tr> <tr><td>Gouging method</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Cleaning method</td><td>Sandblast</td></tr> <tr><td>Backing</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Purging gas type</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Flux</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Flux treatment</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Weaving</td><td>NA</td></tr> <tr><td>Tack welding</td><td>Yes</td></tr> <tr><td>Mechanical clamping</td><td>NA</td></tr> </table>		Joint type	T	Joint preparation	Flat	Single/double side	Single	Welding Positions	PB	Gouging method	NA	Cleaning method	Sandblast	Backing	NA	Purging gas type	NA	Flux	NA	Flux treatment	NA	Weaving	NA	Tack welding	Yes	Mechanical clamping	NA
Joint type	T																																
Joint preparation	Flat																																
Single/double side	Single																																
Welding Positions	PB																																
Gouging method	NA																																
Cleaning method	Sandblast																																
Backing	NA																																
Purging gas type	NA																																
Flux	NA																																
Flux treatment	NA																																
Weaving	NA																																
Tack welding	Yes																																
Mechanical clamping	NA																																
 <p>Rootface:      Rootgap:0      Groove angle:</p>																																	
Preheat min: 50 °C			Heating rate: NA			PWHT min: NA      max: NA																											
Interpass temp: NA			Cooling rate: NA			Temp. control: Digital																											
Non - Destructive Testing:																																	
VT: 100%      UT:-      RT: -      MT: 100%      PT: -																																	

Welding parameters	Unit	1'st pass	2'nd pass	3'rd pass
Welding position		PB	NA	NA
Shielding gas		Arcal Chrome		Ar + CO <sub>2</sub> 2 % ±0,5 %
-Classification and type		ISO 14175-M12-ArC-2		
-gas flow	l/min	20	NA	NA
Torch arrangement		Leading Wire	NA	NA
Beam power at the workpiece				
-Continuous	W	9000	NA	NA
Power ramping details				
-slope up	mm	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA
Geometrical parameters				
- Beam angle transverse	° deg.	13,4	NA	NA
- Beam angle longitudinal	° deg.	32,8	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	2	NA	NA
-Focus position	mm	314	NA	NA
-Beam position	mm	1	NA	NA
Welding speed	m/min	1,2	NA	NA
Arc parameters				
-mode polarity		DC+	NA	NA
-wire feed rate	m/min	9	NA	NA
-current	A	207	NA	NA
-voltage level	V	24,8	NA	NA
-stick out wire	mm	15	NA	NA
-pulse dynamic corr.		10	NA	NA
-arc length corr.		2,4	NA	NA
Nominal Heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0,21 – 0,29	NA	NA

Comments:-

Produced by: Prodtex



Date: 04.01.2022

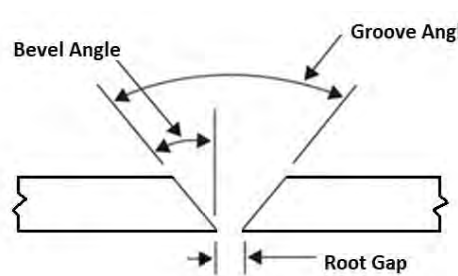
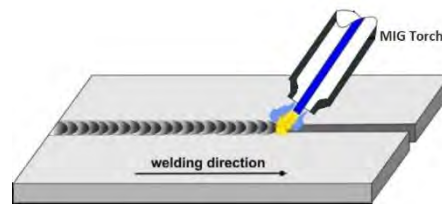
Approved by:

Ödön Bogdan Bindiu



Date: 05.01.2022

*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>			
Location: Fiskå							
Welding process:	1	138	2	136	3		
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8% EN ISO 14175-M21-ArC-18		Arcal Chrome Ar + CO <sub>2</sub> 2 % ±0,5 % EN ISO 14175-M12-ArC-2			
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]
	A	S355 ML	EN 10029 CLASS A	2.1	TM	10 - 40	>150
	B	S355 ML	EN 10029 CLASS A	2.1	TM	10 - 40	>150
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group		Size [mm]	Filler treatment
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2.2		1,2	-
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2.2		1,2	-
Equipment identification	Welding unit (device)	Fiber core	Beam focusing	Laser power source	Welding power source	Focusing optics	
	Kempi 510	NA	NA	NA	Kempi 4000	NA	
	Fanuc M-30iB Plus	NA	NA	NA	Fronius TPS 400i	NA	
Geometry					Joint type	BW	
	<p>Rootface:0 Rootgap: 3 - 4,2 Groove angle: 20°-30°</p>				Joint preparation	V	
				Single/double side	S		
				Welding Positions	All except PG		
				Gouging method	NA		
				Cleaning method	Grinding		
				Backing	NA		
				Purging gas type	NA		
				Flux	NA		
				Flux treatment	NA		
				Weaving	NA		
				Tack welding proc.	NA		
				Mechanical clamping	Yes		
Preheat min: 21°C		Heating rate: -		PWHT min: - max:-			
Interpass max: 75°C		Cooling rate: -		Temp. control: Digital			
Non - Destructive Testing:							
VE: 100%      UT: 100%      RT: -      MT: 100%      PT:-							

**Welding parameters**

	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	4'th run	5'th run	6'th run	7'th run	8'th run	9'th run	n'th run
Welding position		All except PG									
Process index		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II	II	II	II	II	II	II
Shielding gas											
-Classification and type		1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
-gas flow	l/min	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Beam power											
-Continuous	W	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Power ramping details											
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters											
- Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
- Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6
Arc parameters											
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,2	7-10	7-10	7-10	7-10	7-10	7-10	7-10	7-10	7-10
-current	A	80-100	210-260	200-250	210-260	200-250	200-250	200-250	210-260	200-250	200-250
-voltage level	V	16-18	23-24	24-25	24-25	24-25	24-25	24-25	24-25	24-25	24-25
-stick out wire	mm	18	18-21	18-21	18-21	18-21	18-21	18-21	18-21	18-21	18-21
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5	-2,5
Nominal Heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} \cdot 10^{-3}$	Kj/mm	0,5-0,9	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3

**Comments:** visually OK

**Produced by: Prodtex**

 www.prodtex.no  
6143Fiskå  
Prodtex Industri AS  
Date :20.01.2022

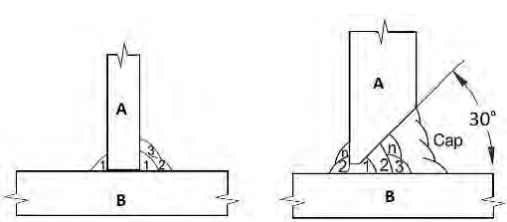
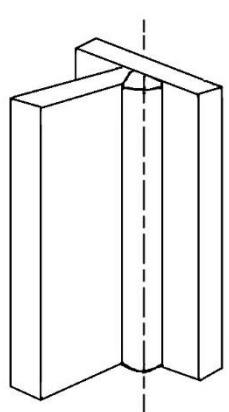
**Approved by:**

Ödön Bogdan Bindu

Date : 24.01.2022



**Sign**

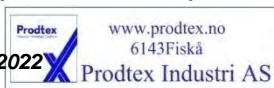
Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>			
Location: Fiskå							
Welding process:	1	138		2	136		3
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8% EN ISO 14175-M21-ArC-18			Arcal Chrome Ar + CO <sub>2</sub> 2 % ±0,5 % EN ISO 14175-M12-ArC-2		
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment	
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2,2	1,2	-	
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2,2	1,2	-	
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core diameter	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics
	KEMPI 510		NA	NA	NA	KEMPI 4000	NA
	Fanuc M-30iB Plus		NA	NA	NA	Fronius TPS 400i	NA
Joint design			Sketch process			Joint type	FW
 <p>Groove Angle: 0° -30° Rootface:0-1 mm Rootgap: 0-4 mm</p>						Joint preparation	V or T
						Single/double side	Single
						Welding Positions	All except PG
						Gouging method	NA
						Cleaning method	Sandblast
						Backing	NA
						Purging gas type	NA
						Flux	NA
						Flux treatment	NA
						Weaving	NA
						Tack welding proc.	NA
						Mechanical clamping	Yes
Preheat min: 21°C		Heating rate: -			PWHT min: NA max: NA		
Interpass max: 75°C		Cooling rate: -			Temp. control: Digital		
Non - Destructive Testing:							
VE: 100%      UT:-      RT: -      MT: 20%      PT: -							



Welding parameters	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	n'th run
Welding position		All except PG	All except PG	All except PG	All except PG
Process index		1	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II
Shielding gas					
Classification and type		1	2	2	2
-gas flow	l/min	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA
Beam power	W	NA	NA	NA	NA
Power ramping					
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters					
-Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,2-0,6	0,2-0,6	0,2-0,6
Arc parameters					
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,2	7 - 10	7 - 10	7 - 10
-current	A	98 - 102	200 - 260	210 - 260	200-250
-voltage level	v	16	22 - 24	22 - 24	22 - 24
-stick out wire	mm	18	18 - 21	18 - 21	18 - 21
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA	NA
Nominal heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0.73 - 0.97	0,6 - 1,3	0.6- 1,3	0,6 - 1,3

Produced by: **Prodtex Industry AS**

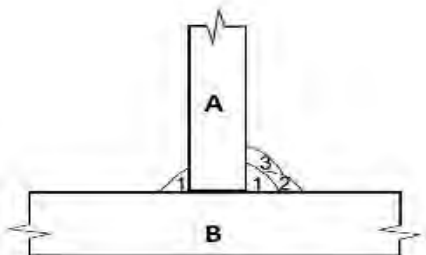
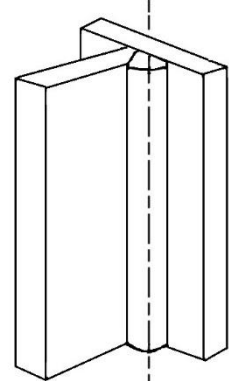
Date: 24.01.2022






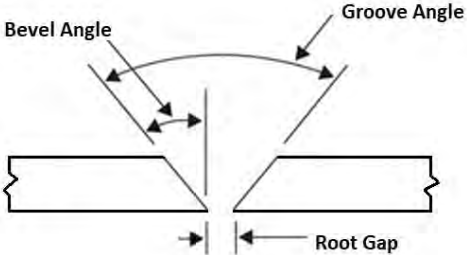
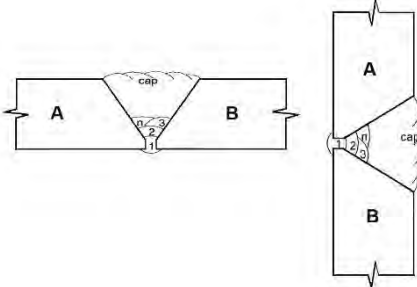
Approved by IWE: **Ödön Bogdan Bindiu**



*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>			
Location: Fiskå							
Welding process:	1	138	2		3		
Shielding gas type:	Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%						
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 16	NA
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 16	NA
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment	
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2.2	1,2	-	
	-	-	-	-	-	-	
Equipment identification	Welding unit (device)	Fiber core diameter	Beam focusing system	Welding power source	Laser power source	Focusing optics	
	Yaskawa DX200	NA	NA	Fronius TPS 5000 CMT	NA	NA	
	-	-	-	-	-	-	
Joint design			Sketch process			Joint type	Fillet
 <p>Root face:0    Rootgap:0-1    Groove angle: -</p>						Joint preparation	Flat
						Single/double side	Double side
						Welding Positions	PG
						Gouging method	NA
						Cleaning method	Sandblast
						Backing	NA
						Purging gas type	NA
						Flux	NA
						Flux treatment	NA
						Weaving	NA
						Tack welding proc.	NA
						Mechanical clamping	Yes
						Preheat min: 20°C	
Interpass max: 75°C		Cooling rate: NA		Temp. control: Digital			
Non - Destructive Testing:							
VE: 100%		UT:-		RT: -		MT: 100%    PT: -	

Welding parameters	Unit	1'st side			2'nd side		
		1'st run	2'nd run	3'rd run	1'st run	2'nd run	3'rd run
Welding position		PG	PG	PG	PG	PG	PG
Process index		1	1	1	1	1	1
Filler material index		I	I	I	I	I	I
Shielding gas							
Classification and type		EN ISO 14175-M21-ArC-18 /			Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%		
-gas flow	l/min	20	20	20	20	20	20
Torch arrangement		NA			NA		
Beam power	W	NA			NA		
Power ramping							
-slope up	mm	NA			NA		
-overlap	mm	NA			NA		
-slope down	mm	NA			NA		
-slope profile		NA			NA		
Geometrical parameters							
-Beam angle transverse	° deg.	NA			NA		
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA			NA		
- Distance beam-wire	mm	NA			NA		
-Focus position	mm	NA			NA		
-Beam position	mm	NA			NA		
Welding speed	m/min	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Arc parameters							
- mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+
- wire feed rate	m/min	10	10	10	DC+	DC+	DC+
- amplitude	mm	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
- frequency	Hz	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
- stick out wire	mm	20	20	20	20	20	20
- pulse dynamic corr.		0	0	0	0	0	0
- arc length corr.		-5	-5	-5	-5	-5	-5
- current	A	219-365	212-353	205-340	210-350	204-341	205-342
- voltage level	V	23-24	23-24	23-24	23-24	23-24	23-24
Nominal heat input	Kj/mm	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5
$Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{12} 10^{-3}$							
Produced by: <b>Prodtex Industry AS</b>				Approved by IWE: <b>Odón Bogdan Bindiu</b>			
 www.prodtex.no 6143Fiská Prodtex Industri AS  Date:07.02.2022				 Date:07.02.2022   Sign			

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>						
Location: Fiskå										
Welding process:	1	138		2	136		3	-		
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			-		
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]			
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	10 - 40	>150			
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	10 - 40	>150			
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group		Size [mm]	Filler treatment			
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2,2		1,2	-			
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2,2		1,2	-			
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core dia.	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics source			
	KEMPI 510		NA	NA	NA	KEMPI 4000	NA			
Joint design				Sketch process			Joint type		BW	
 <p>Bevel Angle</p> <p>Groove Angle</p> <p>Root Gap</p> <p>Rootface:0-1 mm    Rootgap: 3-4 mm</p> <p>Groove Angle: 30°</p>							Joint preparation		V	
							Single/double side		Single	
							Welding Positions		All except PG	
							Gouging method		NA	
							Cleaning method		Sandblast	
							Backing		NA	
							Purging gas type		NA	
							Flux		NA	
							Flux treatment		NA	
							Weaving		NA	
							Tack welding proc.		NA	
							Mechanical clamping		Yes	
							Preheat min: 20°C			Heating rate: -
Interpass max: 75°C			Cooling rate: -		Temp. control: Digital					
Non - Destructive Testing:										
VE: 100%                      UT:20%                      RT: -                      MT: 20%                      PT: -										

## Welding Procedure Specification WPS

Ref. WPQR: 026-M-20 /027-M-20  
Ref. standard: EN ISO 15609-1/EN ISO15614-1

**WPS No:**  
**026-M-BW1040**  
**Date: 09.02.2022**  
Rev.

Welding parameters	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	n'th run
Welding position		All except PG	All except PG	All except PG	All except PG
Process index		1	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II
Shielding gas					
Classification and type		EN ISO 14175-M21-Arc-18 /		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%	
-gas flow	l/min	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA
Beam power	W	NA	NA	NA	NA
Power ramping					
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters					
-Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,1 – 0,3	0,1 - 0,3	0,1 – 0,3
Arc parameters					
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,2 - 2,5	6 - 7	6 - 7	6 - 7
-current	A	80 - 100	180 - 230	170 - 250	150-240
-voltage level	v	16	22 - 23	22 - 23	22 - 23
-stick out wire	mm	17	17	17	17
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA	NA
Nominal heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0.77 - 0.97	1,8 - 2,8	1,8 - 2,9	1,8 - 2,9

Produced by: **Prodtex Industry AS**

Date: 09.02.2022

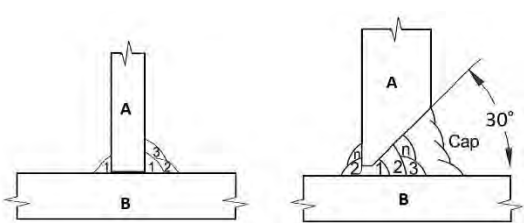
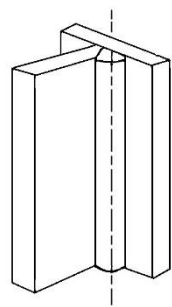


Approved by IWE: **Odón Bogdan Bindiu**

Date: 14.02.2022



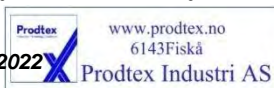
*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>					
Location: Fiskå									
Welding process:	1	138		2	136		3	-	
Shielding gas type:		Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%			-	
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]		
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA		
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA		
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group		Size [mm]	Filler treatment		
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2,2		1,2	-		
	II	Ceweld AAR Corten	EN ISO 17632-A: T 46 2 Z P M21 H5	2,2		1,2	-		
Equipment identification	Welding unit (device)		Fiber core diameter	Beam focusing system	Laser power source	Welding power source	Focusing optics		
	KEMPI 510		NA	NA	NA	KEMPI 4000	NA		
Joint design				Sketch process				Joint type	FW
								Joint preparation	V
 <p>Rootface: 0-1 mm    Rootgap: 3-4 mm Groove Angle: 0 - 30°</p>								Single/double side	Single
								Welding Positions	All except PG
								Gouging method	NA
								Cleaning method	Sandblast
								Backing	NA
								Purging gas type	NA
								Flux	NA
								Flux treatment	NA
								Weaving	NA
								Tack welding proc.	NA
								Mechanical clamping	Yes
								Preheat min: 20°C	
Interpass max: 75°C			Cooling rate: -			Temp. control: Digital			
Non - Destructive Testing:									
VE: 100%                      UT:-                      RT: -                      MT: 20%                      PT: -									

Welding parameters	Unit	1'st run	2'nd run	3'rd run	n'th run
Welding position		All except PG	All except PG	All except PG	All except PG
Process index		1	2	2	2
Filler material index		I	II	II	II
Shielding gas					
Classification and type		EN ISO 14175-M21-Arc-18 /		Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%	
-gas flow	l/min	18	18	18	18
Torch arrangement		NA	NA	NA	NA
Beam power	W	NA	NA	NA	NA
Power ramping					
-slope up	mm	NA	NA	NA	NA
-overlap	mm	NA	NA	NA	NA
-slope down	mm	NA	NA	NA	NA
-slope profile		NA	NA	NA	NA
Geometrical parameters					
-Beam angle transverse	° deg.	NA	NA	NA	NA
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA	NA	NA	NA
- Distance beam-wire	mm	NA	NA	NA	NA
-Focus position	mm	NA	NA	NA	NA
-Beam position	mm	NA	NA	NA	NA
Welding speed	m/min	0,1	0,1 - 0,2	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3
Arc parameters					
-mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+
-wire feed rate	m/min	2,4 - 2,5	6 - 7	6 - 7	5,8 - 6
-current	A	80 - 100	180 - 200	180 - 210	180-210
-voltage level	v	16 -17	21 - 23	21 - 22	21 - 22
-stick out wire	mm	17	17	17	17
-pulse dynamic corr.		NA	NA	NA	NA
-arc length corr.		NA	NA	NA	NA
Nominal heat input $Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$	Kj/mm	0.77 - 1,02	0.85 - 1,41	0.85 - 1,12	0.85 - 1,41

Produced by: **Prodtex Industry AS**

Date: 10.02.2022

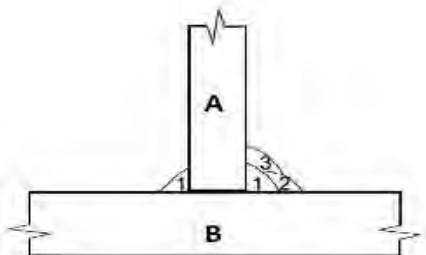
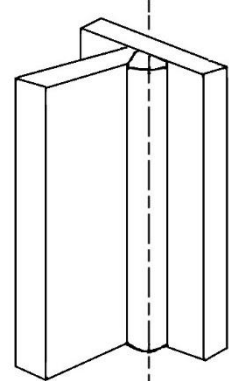


Approved by IWE: **Ödön Bogdan Bindiu**




Date: 14.02.2022



*Bindiu*  
Sign

Produced by: Prodtex Industri AS		Project: General		Client: <b>Prodtex Industri AS</b>			
Location: Fiskå							
Welding process:	1	138	2		3		
Shielding gas type:	Arcal Force Ar+CO2 18% ± 1,8%						
Material specification	Part	Name/ Grade	Standard	Group	Delivery cond.	Thick. Range [mm]	Diameter range [mm]
	A	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA
	B	S355 ML	EN 10029 Class A	2.1	TM	3 - 40	NA
Filler Material specification	Index	Brand name	Classification	Group	Size [mm]	Filler treatment	
	I	Sidergas Cor	EN ISO 14341-A:21 G46 4 M21 Z	2.2	1,2	-	
	-	-	-	-	-	-	
Equipment identification	Welding unit (device)	Fiber core diameter	Beam focusing system	Welding power source	Laser power source	Focusing optics	
	Yaskawa DX200	NA	NA	Fronius TPS 5000 CMT	NA	NA	
	-	-	-	-	-	-	
Joint design			Sketch process			Joint type	Fillet
 <p>Root face:0    Rootgap:0-1    Groove angle: -</p>						Joint preparation	Flat
						Single/double side	Double side
						Welding Positions	PG
						Gouging method	NA
						Cleaning method	Sandblast
						Backing	NA
						Purging gas type	NA
						Flux	NA
						Flux treatment	NA
						Weaving	NA
						Tack welding proc.	NA
						Mechanical clamping	Yes
						Preheat min: 20°C	
Interpass max: 75°C		Cooling rate: NA		Temp. control: Digital			
Non - Destructive Testing:							
VE: 100%    UT:-    RT: -    MT: 100%    PT: -							

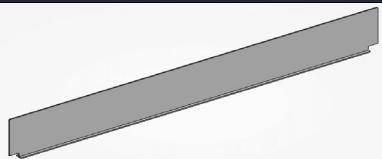


Welding parameters	Unit	1'st side			2'nd side		
		1'st run	2'nd run	3'rd run	1'st run	2'nd run	3'rd run
Welding position		PG	PG	PG	PG	PG	PG
Process index		1	1	1	1	1	1
Filler material index		I	I	I	I	I	I
Shielding gas							
Classification and type		EN ISO 14175-M21-ArC-18 /			Arcal Force Ar+CO <sub>2</sub> 18% ± 1,8%		
-gas flow	l/min	20	20	20	20	20	20
Torch arrangement		NA			NA		
Beam power	W	NA			NA		
Power ramping							
-slope up	mm	NA			NA		
-overlap	mm	NA			NA		
-slope down	mm	NA			NA		
-slope profile		NA			NA		
Geometrical parameters							
-Beam angle transverse	° deg.	NA			NA		
-Beam angle longitudinal	° deg.	NA			NA		
- Distance beam-wire	mm	NA			NA		
-Focus position	mm	NA			NA		
-Beam position	mm	NA			NA		
Welding speed	m/min	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Arc parameters							
- mode polarity		DC+	DC+	DC+	DC+	DC+	DC+
- wire feed rate	m/min	10	10	10	DC+	DC+	DC+
- amplitude	mm	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
- frequency	Hz	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
- stick out wire	mm	20	20	20	20	20	20
- pulse dynamic corr.		0	0	0	0	0	0
- arc length corr.		-5	-5	-5	-5	-5	-5
- current	A	219-365	212-353	205-340	210-350	204-341	205-342
- voltage level	V	23-24	23-24	23-24	23-24	23-24	23-24
Nominal heat input	Kj/mm	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5	0,3 - 0,5
$Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{12} 10^{-3}$							
<b>Produced by: Prodtex Industry AS</b>   www.prodtex.no 6143Fiskå Prodtex Industri AS  Date:10.03.2022				Approved by IWE: <b>Odón Bogdan Bindiu</b>  ÖDÓN B. BINDIU RO/IWE/00931 Date:10.03.2022  Sign			

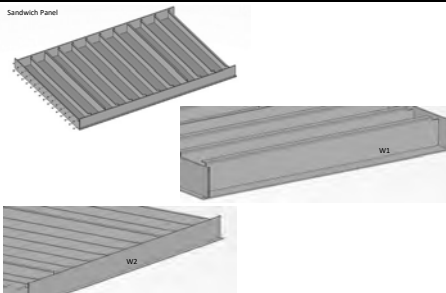
PREFAB EDGE PLATE										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Edge Plate	20	1	Shear connector is mounted and welded to the edge plate. This assembly is later mounted on the sandwich panel.					
	2.	Shear Connector	80.5	30						
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	ARC Shield welding	WA0	Edge Plate - Shear Connector	20 - 89.5	Horizontal		Radius Shear Connector = 9.5mm	0	SW-01	2

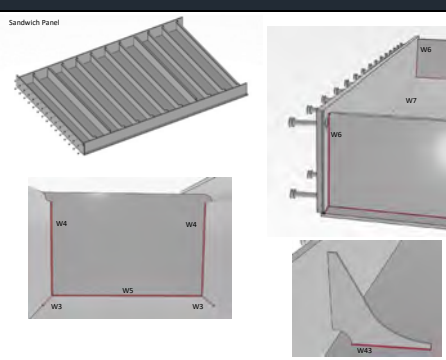
PREFAB T-PROFILE										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Stop Plate	8	1	Prefab of T-profile, this assembly is later mounted on the sandwich panel.					
	2.	Flange	8	30						
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	LH	W35	Stop Plate - Flange	8 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Welded from one side</li> </ul>		0	Q23-LH-TB12	5

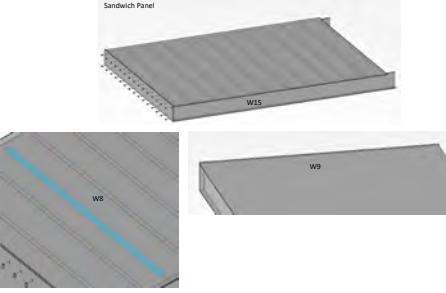
SANDWICH PANEL PREFAB - GANTRY (phase 1)										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Top-Plate	14	1	Prefab of the Sandwich Panel, everything except the Bottom Plate is mounted at this stage. The Top-Plate is placed in the Gantry. The first Transversal Plate is mounted followed by all the Longitudinal Profiles. Then the second Transversal Plate and the Edge Plate is mounted. All parts are spot-welded during mounting. The Transversal Plates are welded horizontally from the corner where they meet the Edge plate and outwards with an offset from the corner of 150mm. This is done before the Edge Plate is mounted. The reason for this is that this area can't be reached after the Edge Plate is mounted.					
	2.	Transversal Plate**	20	1 (07)						
	3.	Longitudinal Profile w/bend	8	9						
	4.	Longitudinal T-profile	8	2						
	5.	Transversal Plate**	20	1 (07)						
6.	Edge Plate	20	1							
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	LH	W1	L-Profile - Top-Plate	8 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Welded from one side</li> </ul>	The weld starts in the middle of the profile and runs toward the transversal plate. When the first half is welded, the other is welded from the opposite side.	1	Q23-LH-TB12	5
MIG	W2	Top-Plate - Transversal Plate (Outside)	14 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Part join w/8mm penetration</li> <li>Fillet weld, a = 3mm</li> <li>Welded from one side</li> </ul>	The outward facing side of the Transversal Plate is welded. The inside will be welded in the MIG-Cell.	2	Q23-R-TW	5	

SANDWICH PANEL PREFAB - MIG CELL										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Sandwich Panel Prefab	-	-	1	The Sandwich Panel Prefab is moved from the Gantry to the MIG-Cell for additional welding before being moved to NDT.				
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W3	L-Profile - Top-Plate	8 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	From Transversal plate and 150mm outward.	0	Q23-R-TW	5
	MIG	W4	L-Profile - Transversal Plate	8 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	Falling weld	1	Q25-R-TB	3
	MIG	W5	Top-Plate - Transversal Plate (Inside)	14 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> <li>Concave shape</li> </ul>	Inside between the L-Profiles	2	Q23-R-TW	5
	MIG	W6	Edge Plate - Transversal Plate	20 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	Falling weld	3	Q25-R-TB	3
	MIG	W7	Edge Plate - Top-Plate	20 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inside</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>		4	Q23-R-TW	5
	MIG	W43	Bracket - Top-plate	8 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Double sided</li> </ul>		4	Q23-R-TW	5

SANDWICH PANEL - GANTRY (phase 2)										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Sandwich Panel	-	-	1	NDT is finished on the Sandwich Panel Prefab, and the bottom plate is mounted and ready to be welded in the Gantry.				
1.	Bottom Plate	8	1							
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	Lap.W	W8	L-Profile - Bottom Plate	8 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 welds on each profile, 3 on T-profile</li> <li>Distance between welds approx. 8mm</li> <li>On each edge a third weld is added, from end and just 100mm out</li> <li>Weld Width = 1.5mm</li> </ul>	We have seen in tests that the Width of the Lapweld normally varies from 1.2 to 1.8mm	1	Q11-L-LWB	2
LH/Lap.W	W15	Bottom Plate - Transversal Plate	8 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Fillet weld, a = 3mm</li> <li>Lapweld 5mm from edge on opposite side of LH weld.</li> </ul>	Welded from the outside.	3	Q20-LH-TB20	5 - No X-ray	

SANDWICH PANEL (END) PREFAB - GANTRY (1)										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Top-Plate	14	1	Prefab of the Sandwich Panel End, everything except the Bottom Plate is mounted at this stage. The Top-Plate is placed in the Gantry. The first Transversal Plate is mounted followed by all the Longitudinal Profiles. Then the second Transversal Plate and the Edge Plate is mounted. All parts are spot-welded during mounting. The Transversal Plates are welded horizontally from the corner where they meet the Edge plate and outwards, with an offset from the corner of 150mm. This is done before the Edge Plate is mounted. The reason for this is that this area can't be reached after the Edge Plate is mounted.					
	2.	Transversal Plate**	20	1						
	3.	Longitudinal Profile w/bend	8	9						
	4.	Longitudinal T-profile	8	2						
	5.	Transversal Plate End**	20	1						
6.	Edge Plate	20	1							
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	LH	W1	L-Profile - Top-Plate	8 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, 8mm penetration</li> <li>Welded from one side</li> </ul>	The weld starts in the middle of the profile and runs toward the transversal plate. When the first half is welded, the other is welded from the opposite side.	1	Q23-LH-TB14	5

SANDWICH PANEL (END) - MIG CELLE										
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Sandwich Panel Prefab	-	-	1	The Sandwich Panel Prefab is moved from the Gantry to the MIG-Cell for additional welding before being moved to NDT.				
WELDS	TYPE	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W3	L-Profile - Top-Plate	8 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	From Transversal plate and 150mm outward.	0	Q23-R-TW	5
MIG	W4	L-Profile - Transversal Plate	8 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>	Falling weld	1	Q15-R-TB	3	

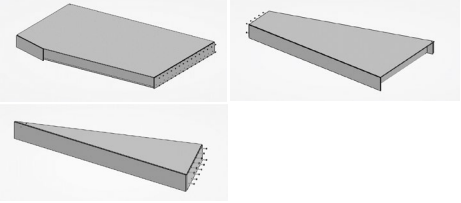
WELDS		WELD	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
MIG	W5		Top-Plate - Transversal Plate (Inside)	14 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welded from both sides</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>	Inside between the L-Profile		2	Q23-R-TW	5
MIG	W6		Edge Plate - Transversal Plate	20 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	Falling weld Exception on End_DeckSegment_3. Weld from one side with a=7mm (Position edge = 6.3)		3	Q28-R-T20	3
MIG	W7		Edge Plate - Top-Plate	20 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Welded from both sides</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>			4	Q23-R-TW	5

SANDWICH PANEL [END] - GANTRY (2)

MOUNTING		ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.			Sandwich Panel Prefab	-	1	NDF is finished on the Sandwich Panel Prefab, and the bottom plate is mounted and ready to be welded in the Gantry.
1.			Bottom-Plate	8	1	

WELDS		WELD	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
Lap W	W8		L-Profile - Bottom Plate	8 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 welds on each profile</li> <li>Distance between welds approx. 8mm</li> <li>Weld Width = 3.5mm</li> </ul>	We have seen in tests that the Width of the Lap weld normally varies from 1.7 to 1.8mm	1	Q11-L-LW	2	
MIG	W9		Edge Plate - Bottomplate	20 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>6mm penetration</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>		2	Q23-R-TW	2	

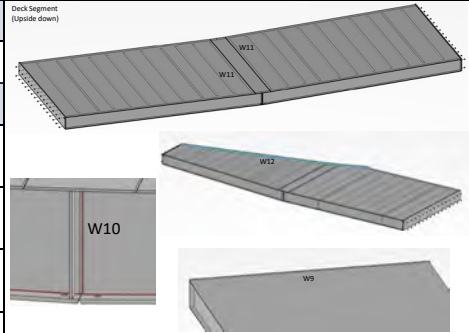


DECK SEGMENT - MIG CELLE (1)

MOUNTING		ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.			Sandwich Panel	-	2	Joining of Sandwich Panels: Sandwich Panels are moved from the Gantry to Agg 1 in the MIG Cell. Vertical welds and bottom thread are done manually. When joining two Sandwich Panels, they become a Deck Segment.

WELDS		WELD	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
MIG	W10		Transversal Plate - Transversal Plate	20 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>10mm penetration</li> <li>Welded from one side</li> </ul>	Welded manually from the outside.		1	Q15-M-BW	5 - No X-ray
MIG	W11		Bottom Plate - Bottom Plate	8 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full pen</li> <li>Joint opening 3mm</li> <li>V-bevel, 30deg</li> </ul>		2	Q22-R-BW	5 - No X-ray	
MIG	W12		Bottom Plate - Transversal Plate	8 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Half V-bevel, 30deg, full pen (8mm)</li> </ul>	Only for Deck Segment End	3	Q23-R-TW	5	
MIG	W9		Edge Plate - Bottomplate	20 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Half V-bevel 30deg</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>			Q23-R-TW	2	

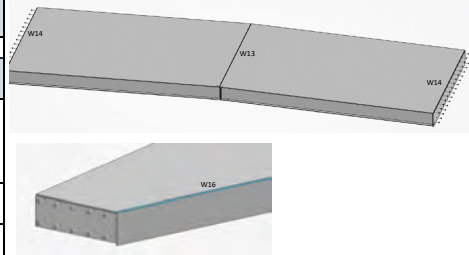


DECK SEGMENT - MIG CELLE (2)

MOUNTING		ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.			Deck segment	-	1	Deck segments are placed in Agg2 (MIG Cell). Bottom threads are done manually.

WELDS		WELD	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
MIG	W13		Top-Plate - Top-Plate	14 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Full pen</li> <li>Joint opening 3mm</li> <li>V-bevel, 26deg</li> <li>Welded from the outside</li> </ul>		1	Q22-R-BW	5 - No X-ray	
MIG	W14		Top-Plate - Edge Plate (Outside)	14 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 7mm</li> </ul>		2	Q23-R-TW	5	
MIG	W16		Top-Plate - Transversal Plate	14 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 7mm</li> </ul>	Only for Deck Segment End	4	Q23-R-TW	5	



SHEAR CONNECTOR ON DECKSEGMENT

MOUNTING		ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.			Deck Segment (Transversal Plate)	20	1	Shear connector is mounted and welded to the transversal plate. On the End Segments the quantity varies from the standard 44 pieces. Placement is set to C-C 200mm
2.			Shear Connector	89.5	44	

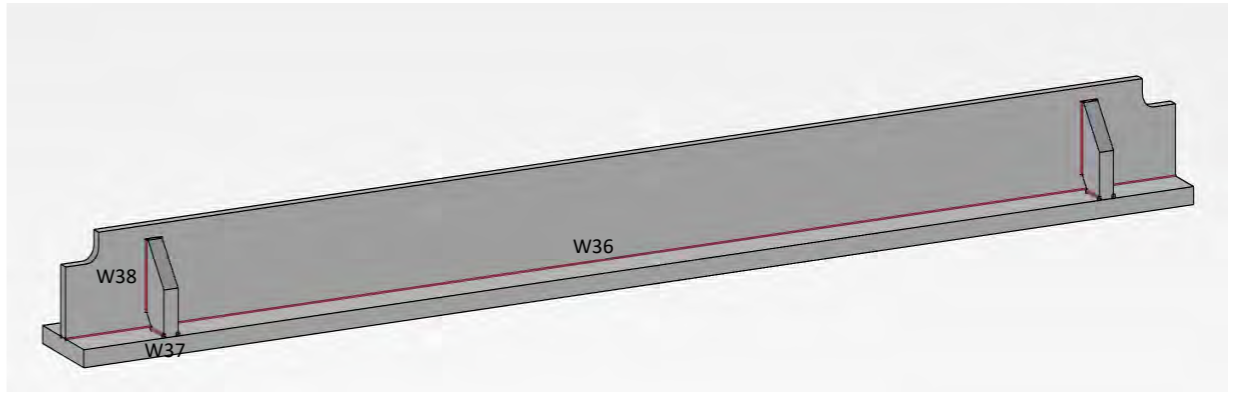
  

WELDS		WELD	WELDNAM	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
ARC Stud welding	W40		Deck Segment - Shear Connector	20 - 89.5	Horizontal		Radius Shear Connector = 9.5mm		0	SW-01	2
MIG	W41		Deck Segment - Lifting Ear	20 - 10	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 7mm</li> </ul>				Q27-M-TW340	2
MIG	W42		Deck Segment - Lifting Ear	20 - 10	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 7mm</li> </ul>				Q27-M-TW340	2

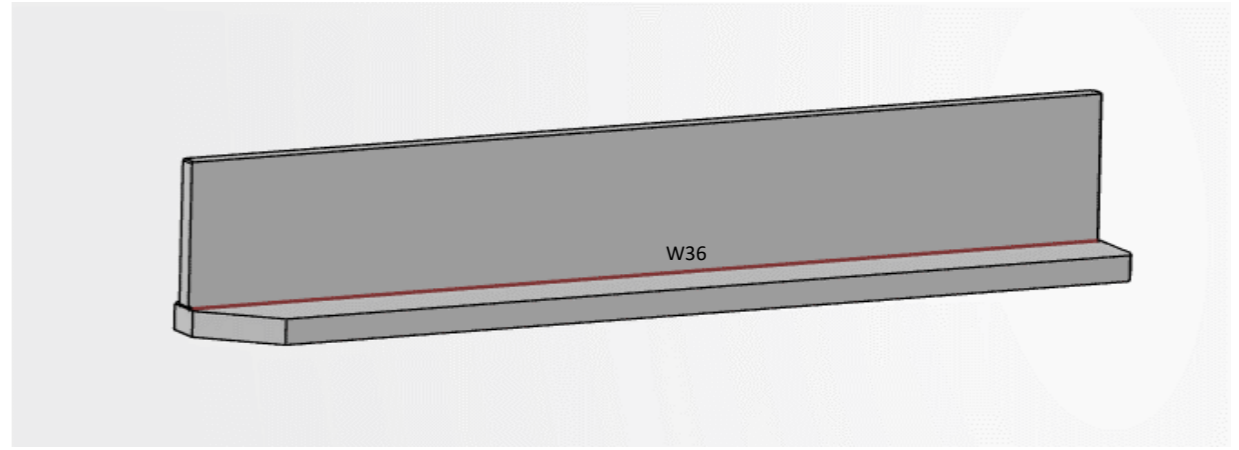


**PREFAB T-PROFILE BRIDGE BEAM - GANTRY**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Step Plate	20	2	Three different T-profiles are prefabricated, the same prefabrication method applies for all of them, and the only difference between them is the length of the elements, and only one T-Profile has brackets.
	2.	Flange	30	1	
	3.	Bracket	30	4	

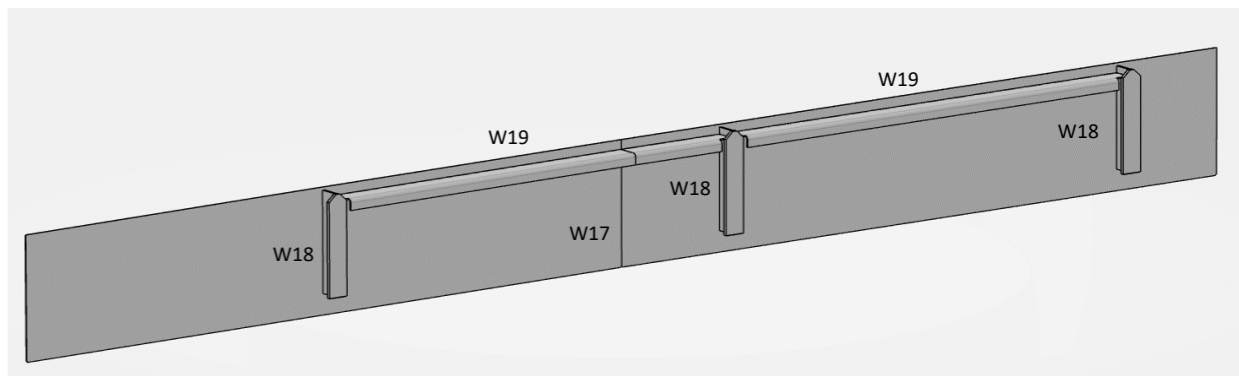


WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W36	Step Plate - Flange	20 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Fillet weld, a = 3mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>		1	023-R-TW	3
	MIG	W37	Flange - Bracket	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>6mm penetration, half Y-bevel, 30deg</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	Manual weld	2	027-M-20	3
	MIG	W38	Step Plate - Bracket	20 - 30	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>6mm penetration, half Y-bevel, 30deg</li> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	Manual weld	3	026-M-20	3

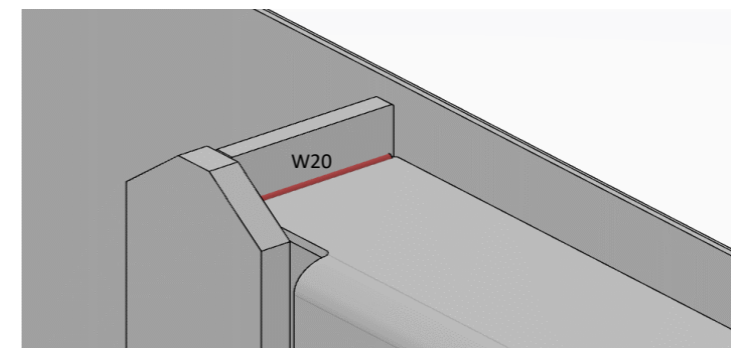


**PREFAB SIDEPLATE - MIG CELL**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Sideplate	12	2	Six different types of sideplates. The difference is length, width and the amount and placement of T-Profiles and bent profiles on each plate. After mounting the T-profiles and the bent plates, two and two sideplates are joined.
	2.	T-Profile (B)	-	1 - 2	
	3.	Bent Profile	12	1 - 2	



WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W17	Side Plate - Side Plate	12 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>V-bevel, 30deg</li> <li>Full pen</li> <li>Joint opening 3mm</li> </ul>		1	022-R-BW	5
	MIG	W18	Side Plate - T-Profile	12 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>		2	023-R-TW	3
	MIG	W19	Side Plate - Bent Profile	12 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>	SVV has allowed intermittent welding. But the start and endweld between the transversal steps should have a minimum length of 300mm.	3	023-R-TW	2
	MIG	W20	T-Profile - Bent Profile	20 - 12	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>		4	028-B-T20	3

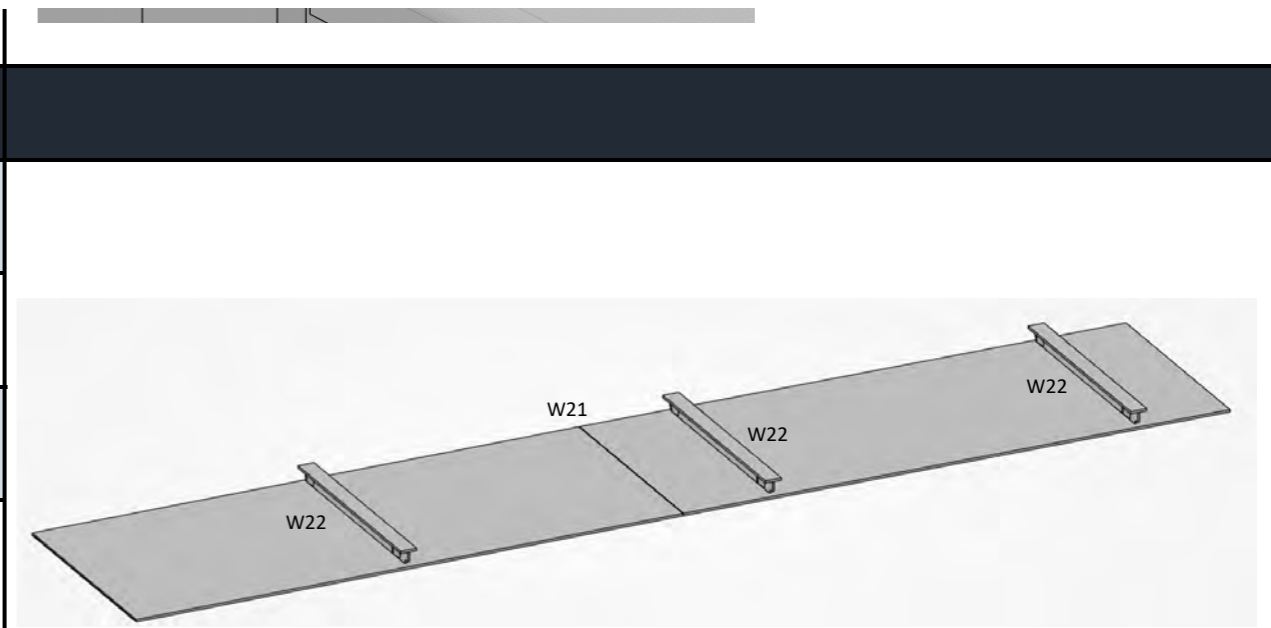


	MIG	W20	T-Profile - Bottom Plate	20 - 12	Vertical	o Welded from both sides		4	023-R-TW	3
--	-----	-----	--------------------------	---------	----------	--------------------------	--	---	----------	---

### PREFAB BUNNPLATE - MIG CELL

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Bottom Plate	30	2	Three different Bottom Plates are prefabricated. They differ in length, as well as amount and placement of T-profiles. Before mounting the profiles, two Bottom Plates are joined.
2.	T-Profile (B)	20(30)	1 - 2		

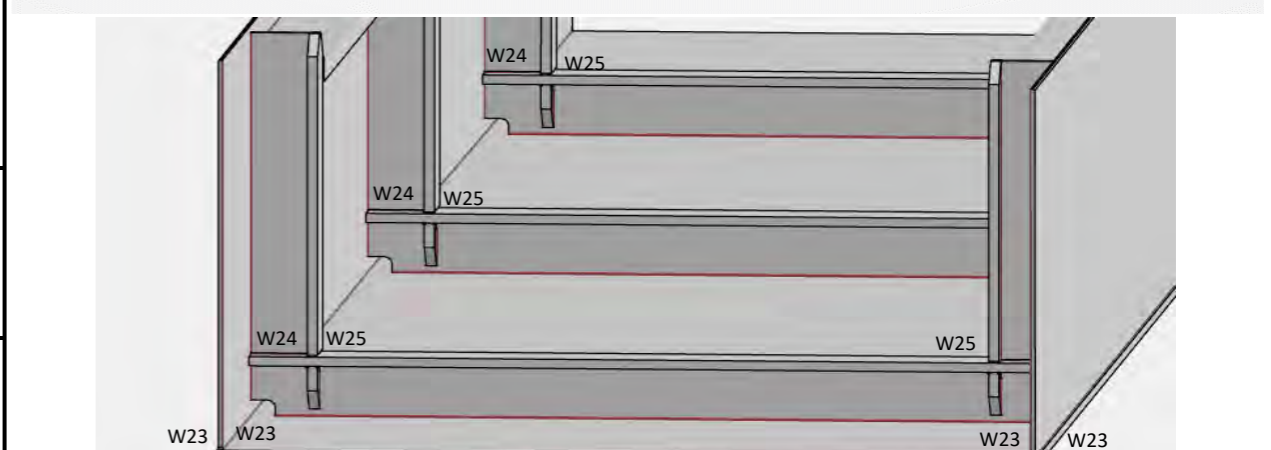
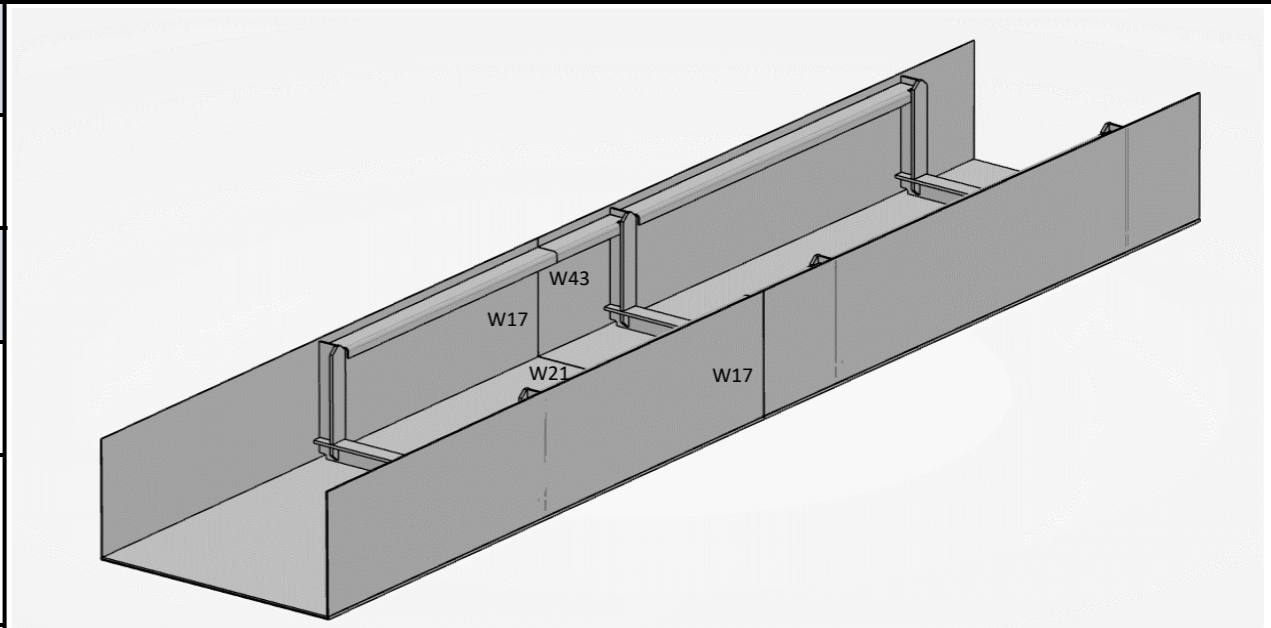
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W21	Bottom Plate - Bottom Plate	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o X-bevel, 30deg</li> <li>o Full pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>		1	022-R-BW	5
	MIG	W22	Bottom Plate - T-Profile	30 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fillet weld, a = 7mm</li> <li>o Welded from both sides</li> </ul>		2	023-R-TW	3



### SAMMENSTILLING BROBJELKESEGMENT - MIG CELL

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Bottom Plate Prefab	30	2	The prefabricated Side Plates are mounted on the prefabricated Bottom Plates to form a 12m beam. When this is done, two and two 12m beams will be joined and turned into 24m beams.
2.	Side Plate Prefab	12	4		

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W23	Side Plate - Bottom Plate	12 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fillet weld, a = 5mm</li> <li>o Welded from both sides</li> </ul>		1	023-R-TW	5
	MIG	W24	Step Plate - Flange	20 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 6mm penetration, half Y-bevel, 30deg</li> <li>o Fillet weld, a = 4mm</li> <li>o Welded from both sides</li> </ul>		2	023-R-TW	3
	MIG	W25	Flange - Flange	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 10mm penetration, half Y-bevel, 30deg</li> <li>o Fillet weld, a = 5mm</li> <li>o Bevel on one side, Fillet weld on both sides</li> </ul>		3	023-R-TW	3
	MIG	W21	Bottom Plate - Bottom Plate	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o X-bevel, 30deg</li> <li>o Full pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>		4	022-R-BW	5
	MIG	W17	Side Plate - Side Plate	12 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg</li> <li>o Full pen</li> </ul>		5	022-R-BW	5



					o Joint opening 3mm				
MIG	W17+	Side Plate - Side Plate	12 - 12	Vertical	o V-bevel, 30deg o Full pen o Joint opening 3mm		5	022-R-BW	5
MIG	W44	Bent Profile - Bent Profile	12	12	o Butt weld o Full pen, 3mm opening			015-M-BW	3

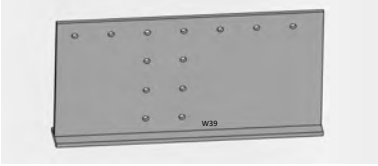


**PREFAB ENDEPLATE T-PROFIL - GANTRY**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Step Plate	20	1	Profab of T-profile
2.	Flange	20	1		

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W39	Step Plate - Flange	20 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fillet weld, a = 4mm</li> <li>o Weld from both sides</li> </ul>			023-R-TW	2

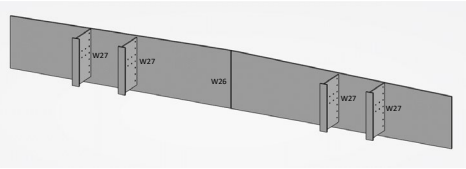


**ENDEPLATE**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Endplate	20	2	Mounting T-profile on Endplate and joining two endplates.
2.	T-profile	20	4		

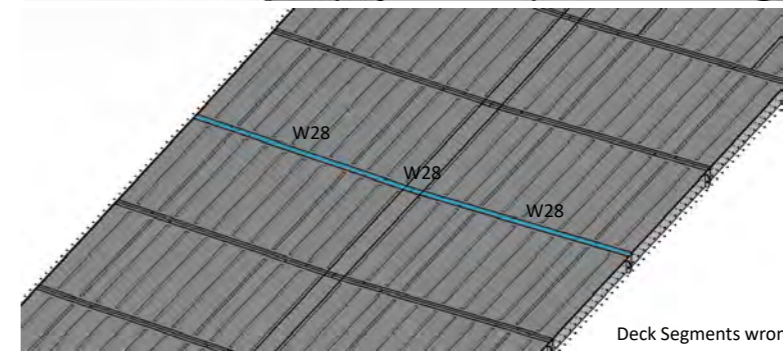
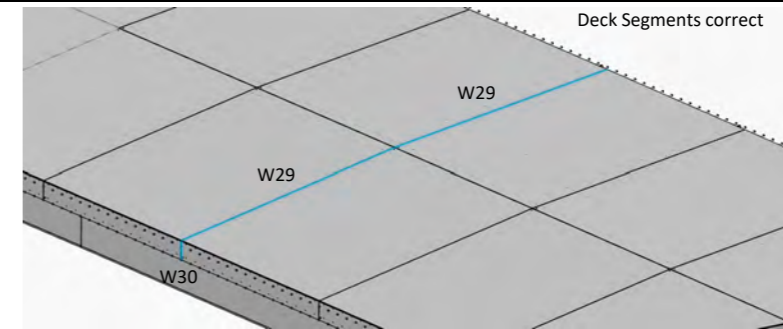
  

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W26	Endplate - Endplate	20 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg, Full pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>	Manual weld	<b>1</b>	015-M-BW	4
MIG	W27	Endplate - T-profile	20 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg, full pen</li> <li>o Fillet weld, a = 5</li> <li>o Weld from both sides</li> </ul>	Manual weld	<b>2</b>	018-M-TW	4	



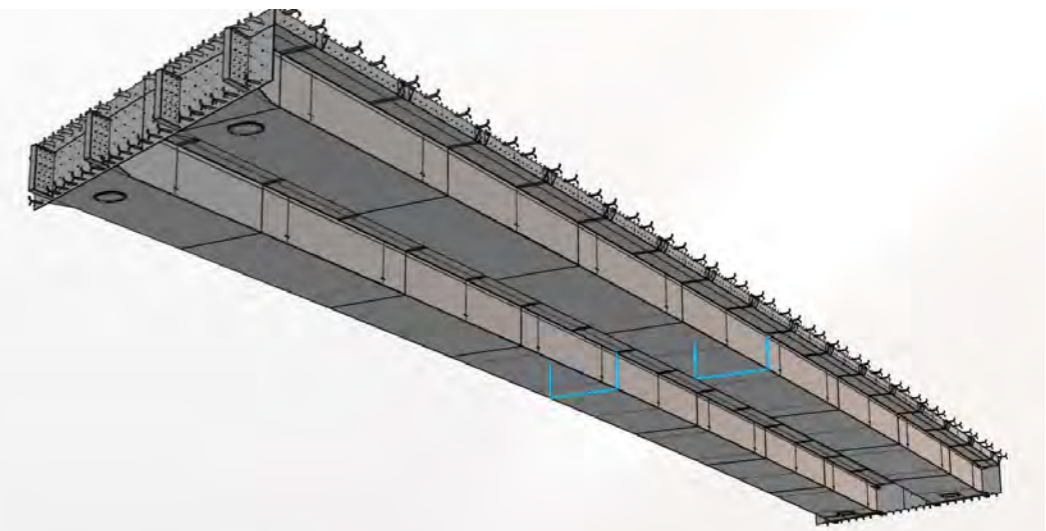
### JOINING OF DECK SEGMENTS

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
		1.	Decksegment		2					
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W28	Deck Segment - Deck Segment	8 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg</li> <li>o Full Pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>			022-R-BW	5 - No X-Ray
	MIG	W29	Deck Segment - Deck Segment	14 - 14	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg</li> <li>o Full Pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>			022-R-BW	5 - No X-Ray
	MIG	W30	Deck Segment - Deck Segment	20 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Y-bevel, 30deg, 4mm nose</li> <li>o Part pen, 16mm penetration</li> </ul>			023-R-BW	5 - No X-Ray



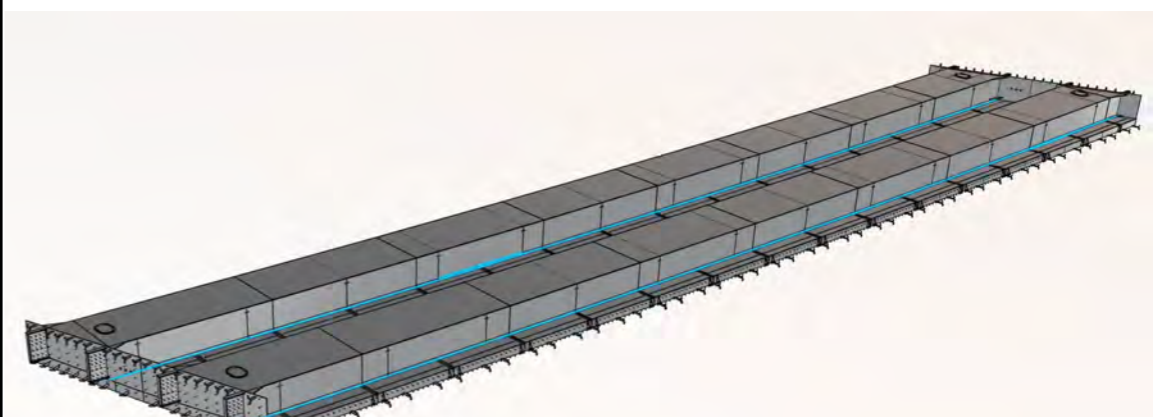
### JOINING OF BRIDGE BEAMS

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
		1.	Bridge Beam		2					
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W21	Bottom Plate - Bottom Plate	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o X-bevel, 30deg</li> <li>o Full pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>			026-M-20	5
	MIG	W41	Side Plate - Side Plate	12 - 12	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>o V-bevel, 30deg</li> <li>o Full pen</li> <li>o Joint opening 3mm</li> </ul>			023-R-BW	5



### JOINING OF DECK SEGMENTS AND BRIDGE BEAMS

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
		1.	Deck Segment	-	1					
	2.	Bridge Beam	-	1						
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W31	Deck Segment - Bridge Beam	8 - 12	Horizontal (Side in)	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Half Y-bevel, 6mm penetration, 30deg</li> <li>o Fillet weld, a = 4mm</li> </ul>	In the area under the DeckSegment Joint, the weld is fully penetrated with a K-bevel. 6mm from both sides.		023-R-TW	5





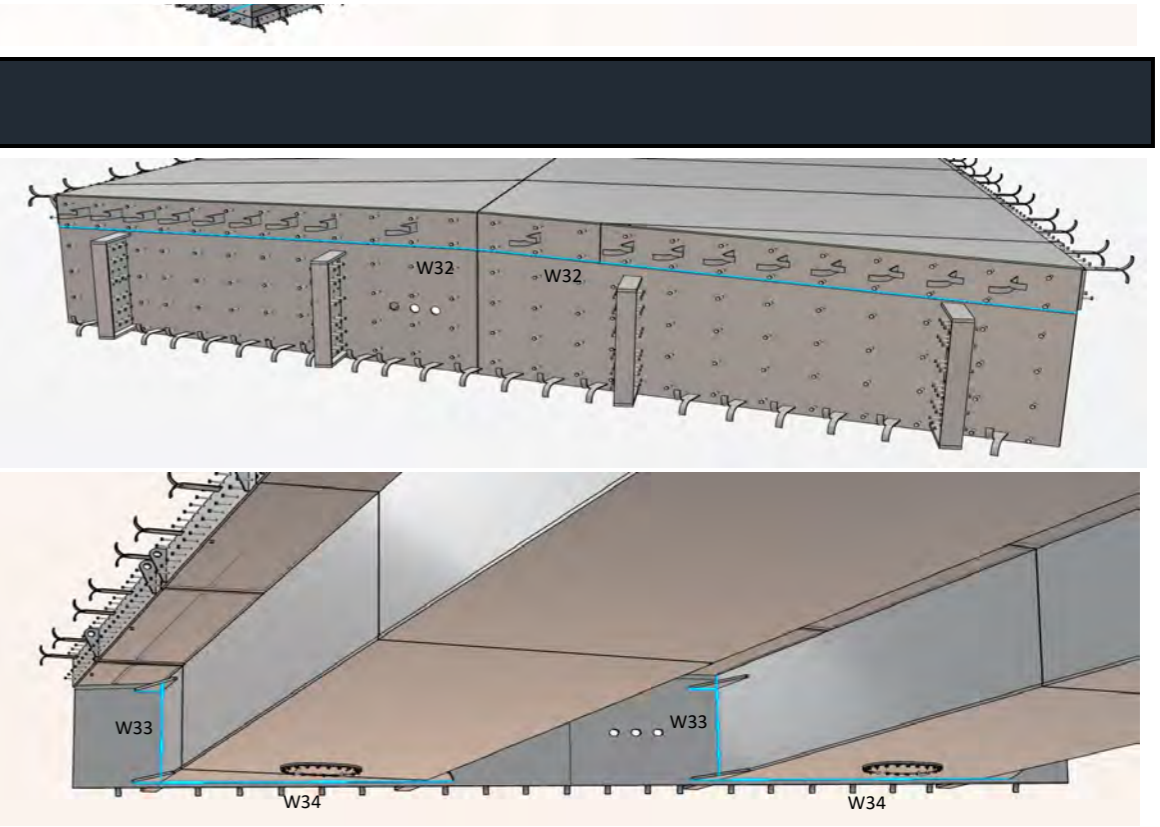
o Bevel from one side, Fillet weld on both sides 30deg.

**MOUNTING OF ENDPLATE ON DECK SEGMENT AND BRIDGE BEAM**

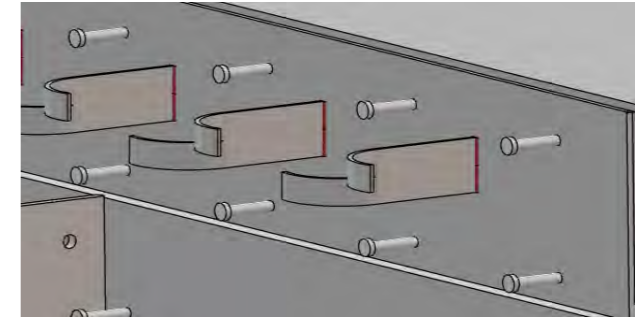
MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Endplate	20	1	
	2.	Deck Segment	-	1	
	3.	Bridge Beam	-	2	

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W32	Endplate - Deck Segment (Transversal Plate)	20 - 20	Horizontal (Side in)	o V-bevel, 30deg o Full pen			015-M-BW	4
	MIG	W33	Endplate - Bridge Beam (Side Plate)	20 - 12	Vertical	o Fillet weld, a = 6mm o Welded from both sides			018-M-TW	4
	MIG	W34	Endplate - Bridge Beam (Bottom Plate)	20 - 30	Horizontal	Part pen, Y-bevel 30deg, 10mm penetration from both sides			027-M-20	4

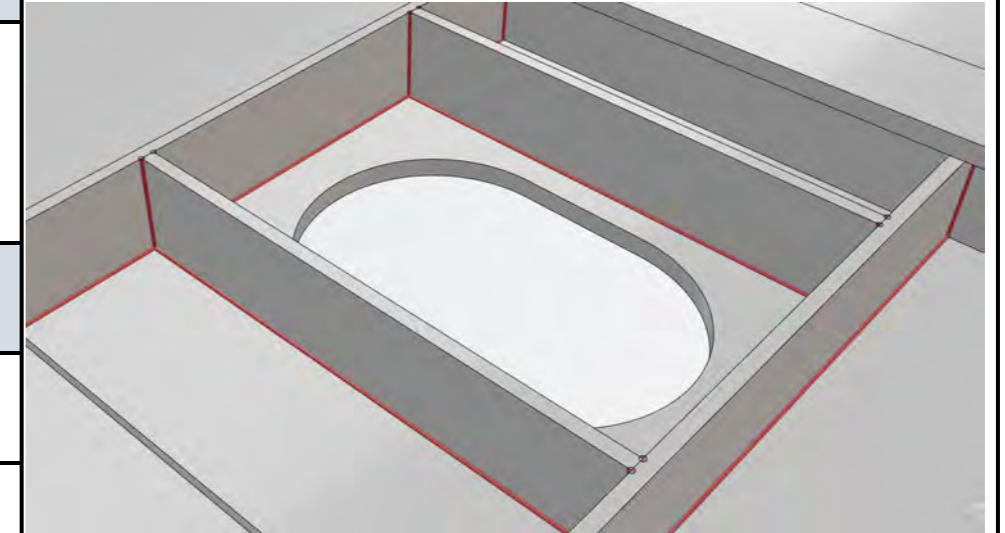


MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Endplate	20	1						
	2.		8							
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W45		8 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	019-M-T820	2



### Flat iron - Manhole

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Flat iron	20							
	2.	Bottom plate	30							
	3.	T-profile Beam	30							
	4.	Endplate	20							
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W46	Flat iron - Bottomplate	30 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	027-M-TW340	2
	MIG	W47	Flat iron - T-profile Beam	30 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	027-M-TW340	2
	MIG	W48	Flat iron - Flat iron/ Endplate - Flat iron	20 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	027-M-TW340	2



### Flat iron & angle iron - Endplate

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION					
	1.	Flat iron	20							
	2.	Angle iron	30							
	3.	Endplate	20							
	4.	Sideplate	12							
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC

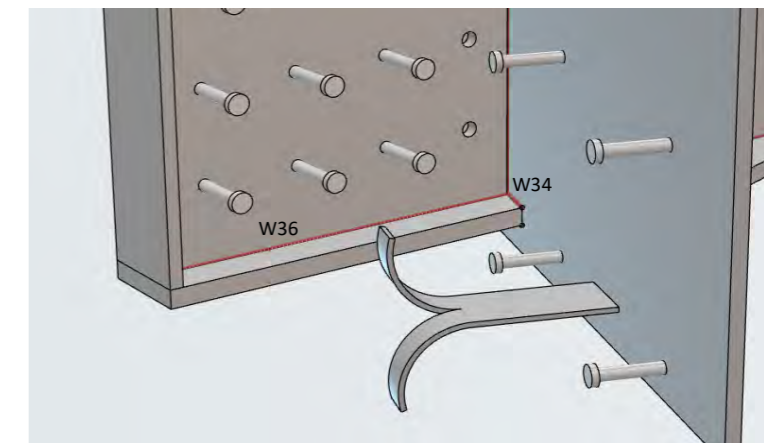
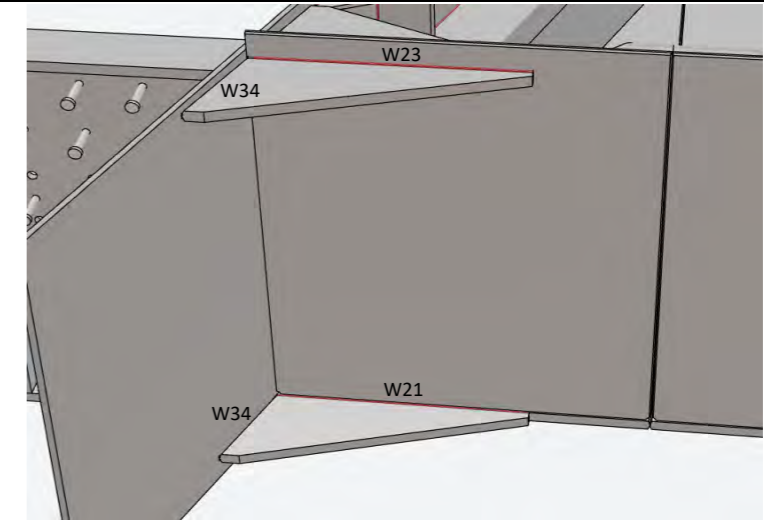


WELDS	MIG	W48	Endplate - Flat iron	20 - 12	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	018-M-TW	2
	MIG	W49	Flat iron - Angle iron	20 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	018-M-TW	2
	MIG	W50	Angle iron - Endplate	12 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Filletweld, a = 4mm</li> <li>Weld on both sides</li> </ul>		0	018-M-TW	2

**Flat iron & angle iron - Endplate**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Flat iron	20		
	2.	Angle iron	30		
	3.	Endplate	20		
	4.	Sideplate	12		

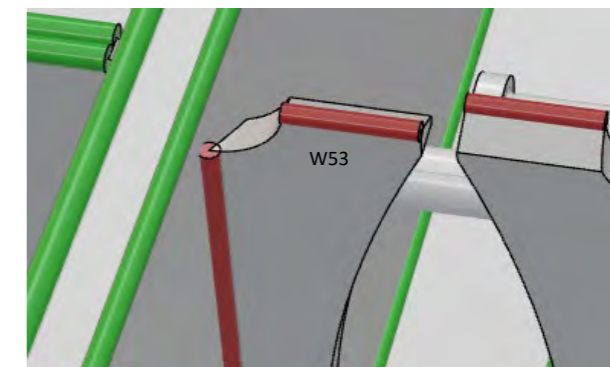
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W36	T-profil - Flens	20 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>8mm penetration</li> <li>Fillet weld, a = 3mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>		1	023-R-TW	3
	MIG	W21	Bottom Plate - Brakett	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>X-bevel, 30deg</li> <li>Full pen</li> <li>Joint opening 3mm</li> </ul>		1	022-R-BW	5
	MIG	W23	Brakett - Sideplate	12 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>		1	023-R-TW	5
	MIG	W34	Brakett/Flens - Endplate	20 - 30	Horizontal	Part pen, Y-bevel 30deg, 10mm penetration from both sides			027-M-20	4



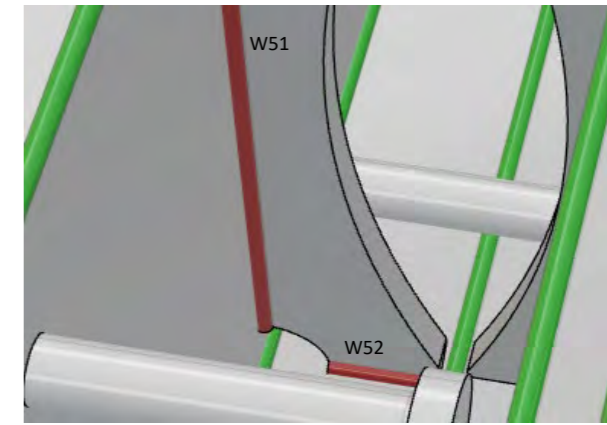
**L.Profile Bracket**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	L-profile bracket	12		
	2.	Transversal plate	20		
	3.	Bottom plate	8		
	4.	Topplate	14		

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC



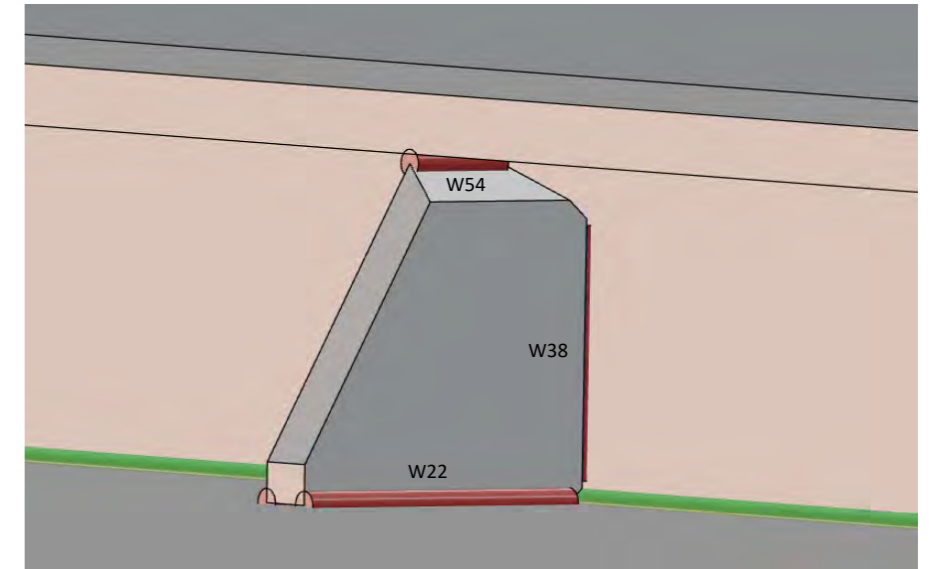
MOUNTING	MIG	W51	L.profile bracket - Transversal plate	12 - 20	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Full pen + 3mm fillet</li> <li>o Half V-bevel, 30deg</li> <li>o Welded from one side</li> </ul>			027-M TW340	5
	MIG	W52	Bottom Plate - L.Profile Bracket	8 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Full pen + 3mm fillet</li> <li>o Half V-bevel, 30deg</li> <li>o Welded from one side</li> </ul>			018-M-TW	5
	MIG	W53	Top Plate - L.Profile Bracket	14 - 12	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Full pen + 3mm fillet</li> <li>o Half V-bevel, 30deg</li> <li>o Welded from one side</li> </ul>			018-M-TW	5



**Transversal frame, additional bracket**

ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.	Bracket	30		
2.	Step Plate	20		
3.	Bottom plate	30		
4.	Flange	30		

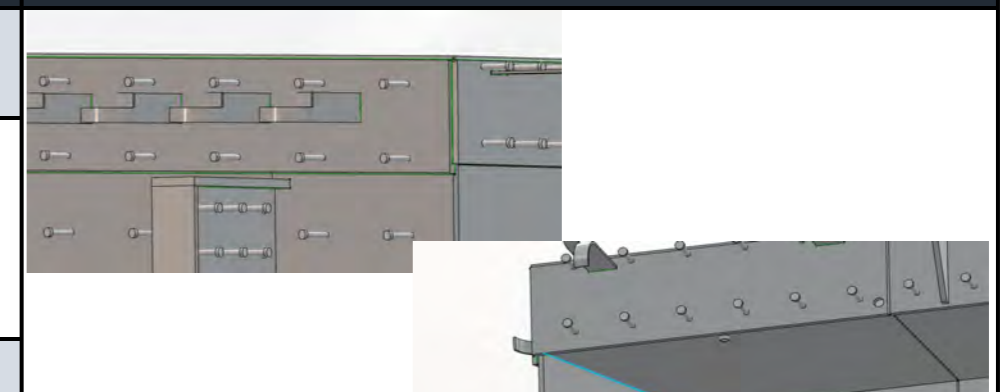
WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
MOUNTING	MIG	W22	Bottom Plate - Bracket	30 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fillet weld, a = 7mm</li> <li>o Welded from both sides</li> </ul>			023-R-TW	3
	MIG	W38	Step Plate - Bracket	20 - 30	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>o 6mm penetration, half Y-bevel, 30deg</li> <li>o Fillet weld, a = 4mm</li> <li>o Welded from both sides</li> </ul>			026-M-20	3
	MIG	W54	Flange - Bracket	30 - 30	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Full pen + 3mm fillet</li> <li>o Half V-bevel, 30deg</li> <li>o Welded from one side</li> </ul>			018-M-TW	3



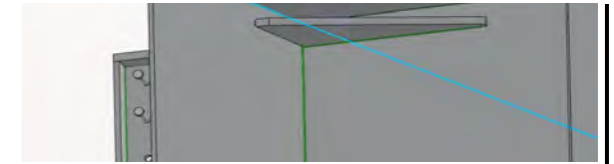
**Adjustment of endplate**

ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
1.	Bracket	30		
2.	Step Plate	20		
3.	Bottom plate	30		
4.	Flange	30		

LDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING	WPS	WIC
-----	------	----------	---------	-----------	-----------	-------------	------------------------	---------	-----	-----



WELDING	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	STAGE	WPS	WIC
MOUNTING	MIG	W55	Bottom Plate - Bracket	20 - 20	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5</li> <li>Welded from both sides</li> </ul>			018-M-TW	3



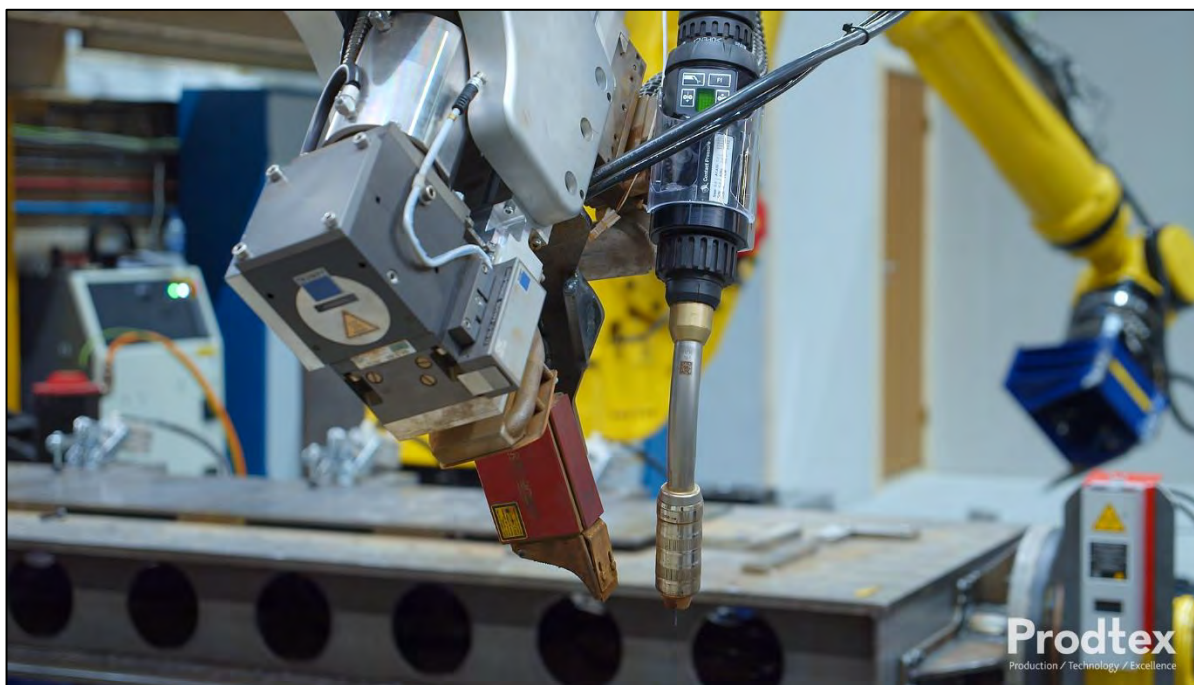
**Trapesprofil**

MOUNTING	ORDER	ELEMENT	THICKNESS [mm]	QTY	DESCRIPTION
	1.	Bracket	30		
	2.	Step Plate	20		
	3.	Bottom plate	30		
	4.	Flange	30		

WELDS	TYPE	WELDNAME	ELEMENT	THICKNESS [mm]	DIRECTION	DESCRIPTION	ADDITIONAL INFORMATION	WELDING STAGE	WPS	WIC
	MIG	W59	Brakett - bunnplate	20 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> </ul>			018-M-TW	2
MOUNTING	MIG	W56	Trapesprofil - Bunnplate	10 - 8	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> <li>10mm penetration, Half V-bevel 30deg.</li> </ul>			018-M-TW	2
	MIG	W57	Trapesprofil - Trapesplate	10 - 10	Vertical	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> </ul>			018-M-TW	2
	MIG	W58	Trapesprofil - Trapesplate	10 - 10	Horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fillet weld, a = 5mm</li> </ul>			018-M-TW	2

## 20004 – Ya bru

### WELDING PLAN



Revision	Comment	Date	Resp.
0	-	01.12.21	ÖBB
1			
2			
3			
4			

## CONTENTS

---

Contents .....	2
References.....	3
Standards .....	3
External documents .....	3
Internal documents .....	3
1    Introduction.....	4
2    Welding procedures .....	4
3    Execution of welding.....	4
4    Efforts to avoid deformation .....	5
5    Clamping and Turning of components .....	5
6    Inspection and test during production.....	5
7    Efforts to avoid delamination.....	5
8    Efforts to control heat input to avoid local hardness in small weld seams .....	6
9    Acceptance criteria.....	6
9.1 Routine requirements .....	6
9.2 Special requirements for welds subject to fatigue.....	6
10   Traceability of welds.....	7

## REFERENCES

---

### STANDARDS

- NS-EN 1090-1:2009 Execution of steel structures and aluminum structures - Part 1 Requirements for conformity assessment off structural components
- NS-EN 1090-2:2018 Execution of steel structures and aluminum structures - Part 2: Technical requirements for steel structures
- NS-EN ISO 3834-2 Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 2: Comprehensive quality requirements
- NS-EN ISO 5817 Welding-Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) Quality levels for imperfections

### EXTERNAL DOCUMENTS

- Håndbok R762 Prosesskode 2: Standard beskrivelse for bruer og kaier (2018)

### INTERNAL DOCUMENTS

- 20004\_Welding Table
- 20004\_Inspection and test plan
- 20004\_Metodebeskrivelse
- [KC04 Sveising](#) process descriptions



## 1 INTRODUCTION

---

This document (*20004\_Welding plan*), together with the document *20004\_Welding Table*, describes the planned welding activities for the project 20004 Ya bru, based on the required information as per NS-EN 1090-2 pkt. 7.2.

In addition, the following documents should be used together with:

- 20004\_Inspection and test plan
- 20004\_Metodebeskrivelse

## 2 WELDING PROCEDURE SPECIFICATIONS

---

The welding coordinator is taking care of the existence of all the necessary procedures to cover all types of welds used and their availability. The welding procedure is a record that describes the joining by fusion of two pieces of metal materials, at very high temperatures.

For the Ya project, the welding will be done in two ways: with or without the use of filler material.

The following welding processes shall be used:

- with electric arc
- hybrid
- laser

The WPS and WPQR are available in production for foremen and welders and can be found in:

Prodtex AB\Industri Fiskå -Documents\Prosedyrer\Sveiseprosedyrer\Godkjente prosedyrer

## 3 EXECUTION OF WELDING

---

In general, all welding in the project shall be performed according to the company process descriptions and welding procedures – [KC04 Sveising](#)

Essential lines for welding execution:

-Before welding, increased attention will be paid by the welding coordinator, foreman, operator for welding joint preparation, alignment, and connection angle.

-During welding, the correct welding order should be followed and the welding parameters according to the right WPS.

-After welding, all the welds are 100% visually checked.

The welding table to be used for weld details and description for each stage of Ya bru production.

The document *20004\_Welding Table* describes the necessary details for each weld:

- Welding sequence
- WPS for each weld
- Weld Inspection Class (WIC) for each weld

## 4 EFFORTS TO AVOID DEFORMATION

---

In general, the following efforts shall be made to avoid deformation:

- heating the material as low as possible by using welding processes with concentrated heating, high-speed welding, making the size of the welds as small as possible (according to the welding table).
- intermittent welding - if it is provided in the execution drawings
- preheating the parts before welding reduces the temperature difference between the part and the weld which reduces deformation
- proper positioning of the elements, so that by deformation they are brought to the desired position
- choosing an appropriate welding order
- welding seams with a length of less than 400 mm are welded from one end to the other
- when welding in several layers, the successive layers are welded in opposite directions, so that the end of the seams does not overlap
- when welding on both sides, the rows must be placed alternately on the 2 sides, so that the stresses and as such the deformations are balanced as much as possible
- welding a section is done from the middle of the section to the extremities
- for manually welding, WPS and working instructions must be followed for each case separate

## 5 CLAMPING AND TURNING OF COMPONENTS

---

Please refer to the document «20004 Ya Bru\_Metodebeskrivelse» for a description of how the components shall be clamped during welding, to ensure correct placement and reduce weld deformations.

The document «20004 Ya Bru\_Metodebeskrivelse» also describes planned production flow: e.g. how and when the components shall be turned to accommodate the planned welding sequence.

## 6 INSPECTION AND TEST DURING PRODUCTION

---

NB! It is necessary to perform inspection and testing during production. Please refer to the document “20004 Ya bru\_Inspection and test plan” for details.

## 7 EFFORTS TO AVOID DELAMINATION

---

Delamination cracks occur due to the lack of elasticity of the material in the direction of thickness. It is produced by breaking segregation zones arranged in parallel, containing elongated non-metallic inclusions, in case of mechanical stresses on Z direction.

To avoid the tendency towards lamellar tearing:

- Proper choice of base material (chemical composition, mechanical properties, etc.).
- The constructive conception of the product so that the unitary effort at which the tearing occurs is as small as possible.
- Technological measures aimed at reducing the own tensions on the Z direction (choosing appropriate shapes of the joints, a certain order of laying the welding seams).

## 8 EFFORTS TO CONTROL HEAT INPUT TO AVOID LOCAL HARDNESS IN SMALL WELD SEAMS

Heat input is the amount of electrical energy supplied by a welding arc to a workpiece. It occurs as a result of structural changes due to volume changes that lead to mechanical stresses.

The following formula will be used as a general guide to calculate welding heat input:

$$Q_{nom} = \frac{(P + U \times I)}{v} 10^{-3}$$

However, when welding materials that are susceptible to cracking, adequate heat input is crucial given the potential impact it can have on cooling rates. Cooling rates that are too fast can cause embrittlement in the heat-affected zone.

When we want to ensure that we're using the correct heat input, the best way is to perform a test weld and evaluate the results. The value is recorded in WPQR.

## 9 ACCEPTANCE CRITERIA

### 9.1 ROUTINE REQUIREMENTS

EXECUTION CLASS	QUALITY LEVEL
EXC3*	B** (ref. NS-EN ISO 5817:2014)
* Ref. Håndbok R762 Prosesskode 2: Standard beskrivelse for bruer og kaier (2018), pkt. 85 c) ** Ref. NS-EN 1090-2 pkt. 7.6.1	

All the welds are subject to 100% VT

### 9.2 SPECIAL REQUIREMENTS FOR WELDS SUBJECT TO FATIGUE

Ref. 1090-2 par. 7.6.2

(REF. NS-EN ISO 5817 Annex C: Additional requirements for welds in steel subject to fatigue)

The additional requirements for quality level B are to adjust the limits for imperfections to the fatigue class FAT 90 giving B90 as quality level.

Welding control classes describe the scope of the test - Quality level describes how strict the requirements are to pass the test.

For each type of weld, the control class is mentioned in the 20004\_Welding Table.

## 10 TRACEABILITY OF WELDS

---

The description of how it is planned to manage traceability:

- Traceability record with unique ID where the welding coordinator notes down data for each weld
- Drawings where each weld is marked with a unique ID
- Marking of components in production

The traceability template records are:

-KC04.04\_M01 Mal - Skjema for sporbarheit av sveis

[-KC04.05\\_M05 Mal - Skjema for stikkprøvebasert kontroll av sveisearbeid](#)

Ref. Production drawings.

# 20004 – YA BRU

## INSPECTION & TEST PLAN



Revision	Comment	Date	Resp.
0	-	01.12.21	ÖBB
1			
2			
3			
4			

External distribution		
Name	Position	Company
Johannes Veie	Project Manager	Statens Vegvesen



## TABLE OF CONTENTS

---

Table of contents.....	3
References.....	4
Standards .....	4
External document .....	4
Internal document .....	4
1 Objective and use of the Test & Inspection Plan.....	5
2 Explanation of indicated inspection points.....	5
3 Inspection and tests before production can start .....	6
3.1 Control of documentation.....	6
3.2 Control of parts and components .....	6
3.3 Control of environment .....	7
3.4 Control of equipment .....	7
3.5 Control of welding consumables.....	8
3.6 Initial Type testing.....	8
3.6.1 Perform and issue welding procedures.....	8
3.6.2 Test Production .....	8
4 Project requirements.....	9
4.1 Drafting and filing of reports and QC documents.....	9
4.2 Geometry and tolerances.....	9
4.3 Weld control/NDT.....	10
5 Inspection and testing during production.....	11
6 Inspection and testing during assembly.....	19
7 Inspection and testing after production.....	22
7.1 Pressure testing.....	22
8 Non-conformance management.....	23
9 Control of documentation before handover.....	24

## REFERENCES

### STANDARDS

- NS-EN 1090-1:2009 Execution of steel structures and aluminum structures - Part 1 Requirements for conformity assessment off structural components
- NS-EN 1090-2:2018 Execution of steel structures and aluminum structures - Part 2: Technical requirements for steel structures
- NS-EN ISO 3834-2 Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 2: Comprehensive quality requirements
- NS-EN ISO 3834-3 Quality requirements for fusion welding of metallic materials- Part 3: Standard quality requirements
- NS-EN ISO 5817 Welding-Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded) Quality levels for imperfections

### EXTERNAL DOCUMENTS

- Håndbok R762 Prosesskode 2: Standard beskrivelse for bruer og kaier (2018)

### INTERNAL DOCUMENTS

- 20004\_Welding plan
  - 20004\_Sveisetabell
  - 20004\_Metodebeskrivelse
  - Execution drawings
  - Welding procedure: Documents\Prosedyrer\Sveiseprosedyrer\Godkjente prosedyrer
  - Internal procedures: Production procedures, NDT procedures, Deviation procedure
- 





## 1 OBJECTIVE AND USE OF INSPECTION & TEST PLAN

---

This document describes how the quality inspection of a particular element of the construction works must be managed.

The purpose of this I&TP is to lay down all inspection activities to be executed during building of the bridge (internally or by subcontractors). The I&TP states when, where, by whom, the inspections have to be carried out and how the results of these inspections have to be registered. The I&TP format describes the subject, specification of Inspection activity, identification of requirements (Reference document), detailing of associated evidence (Registration Doc.), and definition of involvement of parties. The term 'inspection' may not only refer to the physical construction works but could be a document, an item of equipment used for the works, a (welder) qualification, etc. which should be 'inspected'.

## 2 EXPLANATION OF INDICATED INSPECTION POINTS

---

### **"Hold" point (H)**

Point of notification for inspection. Production stop is required for inspection. Continuation of production activities is allowed only after execution of inspection and the results meet the specifications. The results of such inspection are registered and available for viewing.

### **"Witness" point (W)**

Point of notification for inspection. Production stop is not necessary for inspection. The production should carry on with the next phase. The results of such inspection are registered and available for viewing.

### **"Review" (R)**

Review, the act of examining documents to determine traceability, identification and to confirm that processes continue to conform with standards, regulations, and procedures. The Client also may inspect all the registrations in documents as mentioned in this I&TP

### **"Random or Survey" (S)**

Random inspection as part of survey activities. Notification for inspection is not relevant. Production stop is not necessary. Besides, the Client may perform random inspections during building activities.

### 3 INSPECTION AND TESTING BEFORE THE PRODUCTION CAN START

#### 3.1 CONTROL OF DOCUMENTATION

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Responsible
1	(R)	Checking - suitability and validity of the welder's and welding operator's certificates;	EN ISO 14732	Welding coordinator
2	(H)	Control of WPS/WPQR - the existence of all the necessary procedures to cover all types of welds used - their availability	EN ISO 3834-2 par.10.2; 10.3 EN ISO 3834-5 tabel 4	Welding coordinator
3	(H)	Control of filler material and related materials	EN ISO 14341	Welding coordinator
4	(R)	Checking material certificate		Warehouse Manager
5	(R)	Control of NDT-procedure: - their availability		Welding coordinator
6	(R)	Control of NDT-personnel: - control of certificates - control of qualification level	EN ISO 3834-2,3 par.8.2 EN ISO 1090-2 par.12.4.1	Welding coordinator
7	(H)	Required production documentation available		Design dept.

#### 3.2 CONTROL OF PARTS AND COMPONENTS

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(R)	Checking the quality certificates of the arrived parts and components	EN ISO 1090-2 par.12.2.1 /par.12.2.2	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Foreman/ QC
2	(S)	Inspection of the parts and components surface and physical condition + markings	Execution drawing	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Warehouse Manager / Foreman
3	(S)	Dimensional verification random of parts and components.	EN ISO 1090-2 par.12.2.1 /par.12.2.2 Execution drawing	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Foreman
4	(S)	Control with a focus on joint preparation and cleaning	EN ISO 1090-2 par.12.2.1	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Welding coordinator
5	(R)	Documents of components shall be checked to verify that the information on	EN ISO 1090-2 par.12.2.1 /par.12.2.2	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Foreman

		the components supplied matches those ordered.			
6	(S)	Check the way of handling and storage of parts and components	EN ISO 3834-1 Annex A EN ISO 3834-6 par 9.13	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Warehouse Manager

### 3.3 CONTROL OF ENVIRONMENT

Before production can start, it must be checked that the environment is suitable. Both the welder and the work area must be adequately protected against the effects of wind, rain and snow.

The area must be clean and tidy, without combustible material in the vicinity. If there are components in the vicinity that can be damaged by the welding work, these must be covered or moved to a safe distance.

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	Control of working area: - order and cleanliness - materials arranged by categories -ventilation - correct lighting		-	Foreman / operator
2	(H)	Weather protection against rain, wind, snow, cold.		-	Foreman /operator

### 3.4 CONTROL OF EQUIPMENT

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(S)	Check the calibration on the welding machines and the reports Maintenance list to be updated		Maintenance record/ Calibration report	Welding coordinator
2	(H)	Check if the equipment is suitable for the job		-	Welding coordinator / foreman



### 3.5 CONTROL OF WELDING CONSUMABLES

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(R)	Check the filler materials certificates and gas specification		Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Welding coordinator
2	(R)	Documents of filler material supplied shall match with those ordered.	EN ISO 1090-2 par.12.2.1	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Welding coordinator
3	(S)	Check the way of handling and storage of welding consumables	EN ISO 3834-1 Annex A	Non / Conformity Notice (NCN or CN)	Welding coordinator

### 3.6 INITIAL TYPE TESTING

#### 3.6.1 PERFORM AND ISSUE WELDING PROCEDURES

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(W)	Welding performed for each group of material and different positions	EN ISO 1090-2	Welding logs	Operator/ Welding coordinator
2	(W)	After welding: -NDT will be performed -all probes will be sent to the DT laboratory	EN ISO.5817/ EN ISO 15614	Inspection reports	QC / NDT inspector/ Specialized destructive laboratory
3	(W)	Issue of WPS	EN ISO15609-1/EN ISO15614-1	WPQR & WPS	IWE

#### 3.6.2 TEST PRODUCTION

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(W)	Lap welding samples	ref. Doc.''Test of Lap weld''	-	Operator/ Welding coordinator
2	(H)	Geometry & welding control of test case	Ref. ch. 4 & ch. 5 of I&TP	Inspection report	Welding coordinator / foreman
3	(W)	T profile: -welding, straightness & height	Production drawing	-	QC/ Foreman



## 4 PROJECT REQUIREMENTS

---

### 4.1 DRAFTING AND FILING OF REPORTS & QC DOCUMENTS

The Quality Control documents are developed to ensure compliance with the requirements set forth in the contract for the YA bru project.

The registration is drawn up for all inspection points by the PRODTEX QC department:

- Geometry measurements are executed by a certified operator in the presence of QC, and the reports are to be submitted.
- NDT reports are to be done by a certified level 2 inspector and stored by the QC department in the specific project folder.
- Inspection reports are done by PRODTEX QC representative and stored in the specific project folder.

The Quality Control and Assurance activities will be documented in the appropriate Quality Control file established for YA project. QC documents and reports are to be stored in Documents\20004 - Ya bru R3 Tynset

The inspection and reports template can be found in Ledelsessystem/KC04.05 Inspeksjon og prøving av sveis.

### 4.2 GEOMETRY AND TOLERANCES

REF. NS-EN 1090-2 par. 11 - Geometric tolerances

Reference to production drawing. - dimension drawing or similar

Engineering drawings need to show the dimensions for all features of a part.

Next to the dimensions, a tolerance value needs to be specified with the minimum and maximum acceptable limit. Tolerance is the difference between the minimum and maximum limit.

The acceptance criteria will be stipulated in the drawings.

### 4.3 WELD CONTROL/NDT

Will be done according to PRODTEX internal procedure ‘‘KC04.05 Inspeksjon og prøving av sveis’’ for each NDT method:

- [KC04.05\\_P01 Prosedyre for NDT - VT](#)
- [KC04.05\\_P02 Prosedyre for NDT - PT](#)
- [KC04.05\\_P03 Prosedyre for NDT - MT](#)
- [KC04.05\\_P04 Prosedyre for NDT - UT](#)

#### 4.3.1 Project specific requirements for NDT

Project-specific control - welding control classes /WIC. (Ref. NS-EN 1090-2 pkt 12.4.2.4 and Annex L)

#### 4.3.2 Acceptance criteria

EXECUTION CLASS	QUALITY LEVEL
EXC3*	B** (ref. NS-EN ISO 5817:2014)
* Ref. Håndbok R762 Prosesskode 2: Standard beskrivelse for bruer og kaier (2018), pkt. 85 c) ** Ref. NS-EN 1090-2 pkt. 7.6.1	

Relevant standards:

Visual inspection (VT): ISO 5817 / ISO 17637

Penetration testing (PT): ISO 23277 / ISO 3452-1

Magnetic particle testing (MT): ISO 23278 / ISO 17638

Ultrasonic testing (UT): ISO 11666 / ISO 16810

#### 4.3.3 NDT Documentation

All the welds are checked according to the welding inspection class agreed with the owner. Reference to **Chapter 5. Inspection and testing during production**. The NDT tables for each phase of the project with an overview of all welds. The tables contain the welding inspection class, the NDT method performed and the percent amount of the welds to be done. (ref. 1090 chap. 12.4.2.3, Table 24).

The NDT reports shall be stored in a specific project folder and available for review.



## 5 INSPECTION AND TESTING DURING PRODUCTION

### 5.1 CONTROL OF SANDWICH PANEL

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(W)	After welding of stud bolts on side plates: -flatness to be checked	Production drawing	-	QC/ Foreman
2	(H)	After mounting of transversal and longitudinal elements on the top plate to be checked: - All the elements are in place - All elements are precise mounted - Joint preparation before welding	Ref. Metodebeskrivelse  Production drawing	-	QC/ Foreman / Welding coordinator
3	(H)	The alignment and flatness need to be checked		-	Foreman /operator
4	(W)	During welding, the correct welding order is checked	EN ISO 3834-2 par.14.2	-	operator
5	(H)	After welding of longitudinal elements: -all the welds are done -all the welds are 100% visually checked -other NDT method if requested	EN ISO 1090-2 Table 24; Welding table, Production drawing	NDT report	QC(Welding coordinator)
6	(H)	After welding cool down: -the flatness of structure	Production drawing	-	Foreman (QC)
7	(S)	-check the position of the bottom plate when mounted. It should be mounted with an accuracy of less than 1 mm. -check the welding stage	EN ISO 1090-2 par.12.2.1 Production drawing, Welding table	-	operator / Welding coordinator
8	(W)	After welding the bottom plate -all the welds are 100% visually checked	EN ISO 1090-2 par.12.4.2.2, Welding table	NDT report	(QC) Welding coordinator
9	(W)	The flatness and geometry to be checked	EN ISO 1090-2 par.12.2.1, Production drawing	Inspection report	QC

5.1.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

For each sandwich panel separate, all the welds are to be checked according to the following table:

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.	RESPONSIBLE	COMMENTS
W1.1	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W1.2	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.3	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.4	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.5	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.6	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.7	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.8	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.9	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.10	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W1.11	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W2.1	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W2.2	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.1	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.2	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.3	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.4	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.5	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.6	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.7	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.8	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.9	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.10	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.11	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.12	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.13	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.14	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	





20004 – Ya bru  
Inspection and test plan

W3.15	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.16	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.17	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.18	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.19	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.20	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.21	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W3.22	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.1	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.2	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.3	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.4	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.5	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.6	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.7	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.8	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.9	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.10	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.11	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.12	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.13	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.14	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.15	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.16	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.17	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.18	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.19	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.20	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.21	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W4.22	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.1	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.2	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.3	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.4	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	



W5.5	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.6	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.7	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.8	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.9	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.10	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.11	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.12	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.13	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.14	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.15	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.16	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.17	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.18	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.19	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.20	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.21	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W5.22	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W6.1	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W6.2	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W7.1	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	

## 5.2 CONTROL OF DECK SEGMENT

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(W)	Jig Fixture for sandwich panels to be checked: - flatness of each half - the connection angle between the two halves		-	Operator/ Welding coordinator
2	(H)	When sandwich panels are mounted on the jig: - check the assembly angle	EN-ISO 3834-2 par.14.2 Production drawing		Welding coordinator / foreman

		- check the joint alignment - dimensional measurements		-	
3	(W)	After turning, the root of mid-segment welding is to be checked before completing the top weld; WPS to be followed.	EN ISO 3834-2 par.14.2	-	Operator/ Welding coordinator
4	(W)	After mounting mid closing plate: -check joint preparation	EN ISO 3834-2 par.14.3/par.14.4	-	Operator/ Welding coordinator
5	(H)	After welding: -all the welds are 100% visually checked -other NDT method according to control class	EN ISO 1090-2 par.12.4.2.2	NDT report	QC / NDT inspector
6	(H)	- technical control of the entire segment - dimensional measurements &report	EN ISO 3834-2 par.14.4 Measurement sheet	Inspection report	QC &3D Leica operator
7	(H)	Pressure testing		Inspection report	Foreman /QC

### 5.2.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

For each Deck Segment separate, all the welds are to be checked according to the following table:

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.	RESPONSIBLE	COMMENTS
W10	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W11	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W12	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W13	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W14	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W15	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W16	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	

### 5.3 CONTROL OF SUPPORTING BEAMS

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(S)	Internal stiffeners are prefabricated: -check the position of the web on the flange - check the gap and joint preparation	Production drawing	-	Operator/ fitter
2	(S)	When welding the web on the flange – the welding way to be checked (from middle to sides)	EN ISO 3834-2 par.14.3	-	Welding coordinator / Operator/welder
3	(W)	After prefab welding is done, it should be checked 100% visually.	Production drawing	-	Operator/ Welding coordinator
4	(H)	Connection of 30mm plates -check the joint before welding -check the alignment and flatness	EN ISO 3834-2 par.14.2 Welding table	-	Fitter
5	(H)	After welding of 30 mm plates: check visually 100%	EN ISO 3834-2 par.14.4 Production drawing	-	Welder/ Welding coordinator
6	(W)	Assembly of supporting beams: -check flatness & alignment -check the existence of all elements -check the correctness of the assembly	Production drawing	-	Foreman/ QC/
7	(S)	During welding of supporting beam: -check the welding phases	EN ISO 3834-2 par.14.3 Welding table	-	Welder/ Welding coordinator
8	(W)	Before and after welding the root: -check the joint preparation -check visually all the root welds	EN ISO 3834-2 par.14.4	-	Welder/ foreman
9	(H)	After welding of supporting beam: -all the welds are 100% visually checked -other NDT method according to control class	EN ISO 1090-2 tab. 24 EN ISO 3834-2 par.14.4/14.2	NDT report	QC / NDT inspector
10	(H)	-Dimensional measurements & reports	EN ISO 3834-2 par.14.4	Inspection report	QC &3D Leica operator



### 5.3.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.	RESPONSIBLE	COMMENTS
W36	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W37	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W38	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W17	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W18	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W19	2	-	-	5%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W20	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W21	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W22	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W23	5	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W24	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W25	3	-	-	20%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	

### 5.4 CONTROL OF ENDPLATE PREFAB

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	The endplate joint area: -check alignment -check the joint before welding	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2 production drawing,	-	Foreman/ QC
2	(W)	During the welding -check if the WPS is followed -check visually all the root welds	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2, WPS,	-	Foreman / Welding coordinator
3	(W)	After welding of stud bolts on it: -flatness to be checked	Production drawing	-	QC/ Foreman
4	(H)	After welding: -all the welds are 100% visually checked	EN ISO 1090-2 par.12.4.2; EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	NDT report	QC / NDT inspector



5	(H)	Check the measurements after welding: - flatness & buckling in the welding area	EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	Inspection report	QC / Foreman
---	-----	--	--	----------------------	--------------

#### 5.4.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.		COMMENTS
W39	2	-	-	5%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W26	4	-	50%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W27	4	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	



## 6 INSPECTION AND TESTING DURING ASSEMBLY IN KVIKNE

### 6.1 CONTROL OF DECK SEGMENTS ASSEMBLY

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	Coupling the deck segments in the assembly area: -check flatness & alignment -check the joint before welding -check dimension measurements	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2 production drawing, measurements design sheet	-	Foreman/ QC
2	(W)	During the welding -check if the WPS is followed -check visually all the root welds -if in doubt, check with die penetrant	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2, WPS,	-	Foreman / Welding coordinator
3	(H)	After welding: -all the welds are 100% visually checked -other NDT method according to control class	EN ISO 1090-2 par.12.4.2; EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	NDT report	QC / NDT inspector
4	(H)	Check the measurements after welding: - flatness & buckling in the welding area - dimension measurements & reports	EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	Inspection report	QC / Foreman

#### 6.1.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.		COMMENTS
W28	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W29	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W30	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	

## 6.2 CONTROL OF MOUNTING SUPPORT BEAMS UNDER

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	Coupling the supporting beam under the bridge: -check the correctness of the assembly - check the joint before welding -check dimension measurements	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2 production drawing, measurements design sheet	-	Foreman/  (S) Welding coordinator
2	(W)	During the welding -check if the WPS is followed	Welding table, WPS	-	Operator/Foreman / Welding coordinator
3	(H)	After welding: -all the welds are 100% visually checked -other NDT method according to control class	EN ISO 1090-2 par.12.4.2; EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	NDT report	QC / NDT inspector
4	(H)	Check the measurements after welding: - flatness & buckling in the welding area - dimension measurements & reports	EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	Inspection report	QC / Foreman &3D Leica operator

### 6.2.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.		COMMENTS
W21	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W41	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W31	5	-	100%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	



### 6.3 CONTROL OF MOUNTING ENDPLATE

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	Coupling the endplate in the assembly area: -check flatness & alignment -check the joint before welding -check dimension measurements	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2 production drawing, measurements design sheet	-	Foreman/ QC
2	(W)	During the welding -check if the WPS is followed	EN ISO 1090-2 par.12.4.1; EN ISO 3834-2 par.14.2, WPS,	-	Foreman / Welding coordinator
3	(H)	After welding: -all the welds are 100% visually checked	EN ISO 1090-2 par.12.4.2; EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	NDT report	QC / NDT inspector
4	(H)	Check the measurements after welding: - flatness & buckling in the welding area	EN ISO 3834-2 par.14.4, production drawing,	Inspection report	QC / Foreman

#### 6.3.1 NDT-table

Ref. NS-EN 1090-2 Annex L, Table L2

WELD NO.	WIC	RT	UT	MT/PT	VT	Registered doc.		COMMENTS
W32	4	-	50%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	Before closing a specified area
W33	4	-	-	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	
W34	4	-	50%	100%	100%	NDT report	QC / NDT inspector	



## 7 INSPECTION AND TESTING AFTER PRODUCTION

### 7.1 PRESSURE TESTING

The ductile-to-brittle transition temperature and the possibility of brittle fracture must be considered when conducting pressure tests.

Pneumatic testing involves the hazard of released energy stored in compressed gas in the event of a breach of containment.

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(R)	Test fluid: - If not air, the gas shall be non-flammable and nontoxic	-	-	Foreman/
2	(R)	Test pressure shall be in accordance with R762	-	-	Foreman /QC
3		All visual inspections and non-destructive examinations required shall be completed and evaluated as acceptable			Foreman /QC
4	(R)	Care must be taken to minimize the chance of brittle fracture during the pneumatic leak test	-	-	Foreman
5	(R)	Parts of assembly must not be adjusted while the deck system is under pressure	-	-	/Foreman
6	(R)	Calibrated pressure gauges shall be used during the test	-	-	Foreman /QC
7	(R)	Valves shall be used to isolate the equipment from the pressure source	-	-	Foreman
8	(R)	Adequate anchoring shall be provided for equipment to be tested.	-	-	Foreman /
9	(R)	The safe distance shall be identified by placing appropriate barriers			Foreman /QC
10	(R)	All staff associated with or conducting a pneumatic pressure test shall be deemed competent	-	-	Foreman /
11	(R)	A pre-test safety meeting should be conducted to ensure all personnel present on the site that may be exposed are aware of the hazards, mitigations and emergency response plan	-	-	Foreman /QC
12	(H)	After testing inspection report to be issued	-	Inspection report	QC



## 8 NON-CONFORMANCE MANAGEMENT

Because of the high cost of non-conformances, PRODTEX works extremely hard to create procedures and processes which 'catch' non-conformances and action them as early as possible - in the form of corrective actions.

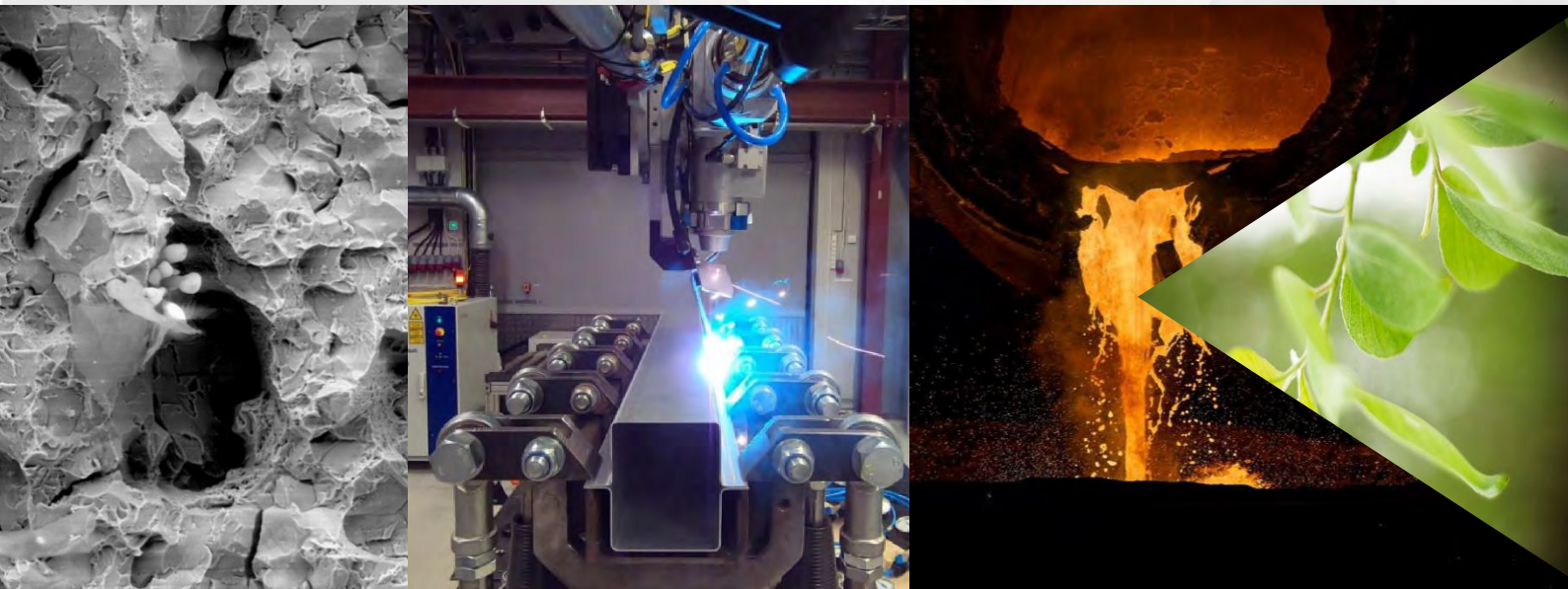
No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(H)	Notifying of any identified non-conformance	EN ISO 9001	-	All members of staff
2	(R)	Documenting the non-conformance (With evidence/proof in the form of photos)	EN ISO 3834-2 par.18, EN ISO 1090-1 par.6.3.8 production drawing,		QC / Foreman
3	(R)	Identifying who was at fault for the non-conformance (was it a supplier, contractor)	-	-	QC / Foreman
4	(R)	Recommended corrective actions	EN ISO 3834-2par.15, EN ISO 1090-2 par12.3 production drawing,	-	QC / Foreman
5	(R)	Root cause analysis	EN ISO 9001	-	QC Manager
6	(R)	Preventative actions which will stop the non-conformance from occurring again	EN ISO 3834-2 par.15,	-	Foreman
7	(R)	Closeout signatures once both or all parties have rectified and closed the non-conformance	EN ISO 3834-2 par.15, production drawing, internal procedure	Ref. Internal procedure: S04.01_L1 Avviksregister	QC Manager

## 9 CONTROL OF DOCUMENTATION BEFORE HANDOVER

The project manager will endorse the documents before being released.

No.	Inspection point	Activity	Reference Standard/document	Registered Doc.	Responsible
1	(R)	All documents shall contain the following information: - Company Name and Logo - Document Title - Document ID - Current Revision and Date - Copy Number	EN ISO 9001	-	QC Manager/
2	(R)	- create new documents deemed necessary	-	-	3D Leica operator/ NDT inspector/ /QC Welding coordinator
3	(R)	- ensure that the changes in the current version of documents are identified.	EN ISO 9001	-	QC
4	(R)	- prevent the unintended use of obsolete documents and apply suitable identification to them, if they are retained for any purpose.	EN ISO 9001	-	/Foreman /QC Welding coordinator
5	(R)	Retention of documents: -all files will be backed up by IT staff	EN ISO 9001	-	IT department
6	(R)	Endorse the documents before being released: - Check according to the document list	Ref. document list	-	Project Manager





## Fatigue Testing of Laser Hybrid Welds

2023-03-24 rev 2

Investigators: Pontus Rydgren, Oliwer Gustavsson, Anders Björkblad  
pontus.rydgren@swerim.se,

Business Area: Production Technology

Our reference number: Swerim-2022-207

Project number: 102700

Your reference: Cato Dørum

Company: Statens Vegvesen

Your reference number: Saksnummer: 21/10679

**Confidential contract work report**

Date: 2023-03-24 rev 2

Approved by:

Investigators: Pontus Rydgren, Oliwer Gustavsson,  
Anders Björkblad

2023-03-24

Our Ref. No.: Swerim-2022-207

Project number: 102700

X 

Your reference: Cato Dørum

Signerat av: Joakim Wahlsten

Your Ref. No.: Saksnummer: 21/10679

Research Leader

---

## Fatigue Testing of Laser Hybrid Welds

### Summary

This contract work includes specimen manufacturing and fatigue testing of laser-arc hybrid welded joints provided by the client. T-welds, stake welds and butt welds are included in the fatigue test program. Before fatigue testing the weld quality was investigated by cross-sectioning.

The fatigue testing resulted in mean curves well above the reference FAT-curve for all cases. For comparison also the adapted FAT curve is plotted with normal slope but with a deduction of 2.17 standard deviations as proposed in IIWs guidelines for fatigue assessment. Since the slope is less ( $m > 3$ ), the margin to the proposed design curve is increasing with increasing number of load cycles.

For the T-welds, lack of fusion was observed for the first fatigue tested batch in cross-sections. The welding was improved to avoid the defects and a new batch was produced for testing. Both T-weld performance displayed a very consistent fatigue behaviour throughout the series, but a slightly better fatigue behaviour is seen for the enhanced T-welds.

Results from the fatigue testing of L-welds also show a very consistent fatigue behaviour.

The results from the butt welds show that there is a rather large spread for these specimens, and it was observed that the fractures appeared in different regions; in the weld, in the heat affected zone and in the base material. The welds show however very good fatigue behavior, almost in line with the parent material.

2023-03-16 Revision 2:

- Changed the nominal stress to stress range for the fatigue related plots, Fig 6 to Fig 9.
- Corrected the standard deviation for FAT-curves in Fig 7 to Fig 9, to 2.17 from 2.
- Updated Table 3 with the correct area.

# 1 Investigation

This contract work includes specimen manufacturing and fatigue testing of laser-arc hybrid welded joints provided by the client. Three types of joints are included in the fatigue test program:

- T-welds 8 mm plate thickness
- Stake welds (L-type) 8 mm plate thickness
- Butt welds 12 mm plate thickness

Before the welded joints was produced for the fatigue testing a pre-test was performed to investigate the weld quality by cross-sectioning. The cross-sections were examined in microscope in Nital-etched condition and hardness tested, by taking Vickers-profiles (HV1) across the welds in the sections. A second quality check was performed for the welded coupons delivered to Swerim for the fatigue testing also by examination of the welds in Nital-etched cross-sections.

For the first trials the stake weld was performed in two different joint types; L-type and T-type. The L-type type was chosen for the fatigue testing.

## 1.1 Fatigue testing

For the fatigue testing, about 10 specimens were taken from each joint type to be tested at different load levels. The specimens were extracted from larger plates delivered by the client. For the stake and T-welds, 5 specimens from each plate were prepared after discarding the initial part of the weld, approximately 50 mm. The design of the specimens is presented in Figure 2. The butt-welded plates were slightly bent as delivered to Swerim. To compensate for this and to get uniform tensile stress, the specimens were milled at one side and mounted with a wedge in the test rig.

The T- and butt welds were tested in tensile and the L-welds in shear mode. The nominal stress for butt welds was calculated as stress at net section besides the weld, and for T-welds as stress at the standing flange before the weld toe. For the L-welds the nominal shear stress was calculated as net weld area in the shear plane between the two sheet metal parts.

The runout limit for the tests was  $2E6$  cycles, but the aim was to test all the specimens in the finite-life region. The stress ratio was  $R = 0.1$  and the frequency varied between 5-15 Hz depending on stress level and geometry. The fatigue testing was performed in servo hydraulic MTS rigs equipped with 100 – 250 kN load cells. For the stake and T-welds 100 kN was sufficient to achieve fractures within an adequate number of cycles. The butt welds were thicker than the other welds and required higher stresses, corresponding to 190 – 250 kN. For the higher stress levels the width of the butt welds were reduced from 80 down to 55 mm. Machined specimen of each type mounted in the testing rigs can be seen in Figure 3 to Figure 5.

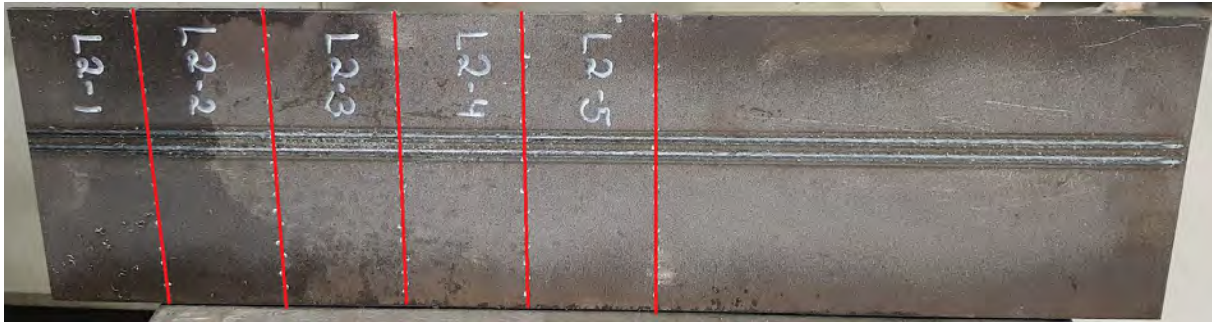


Figure 1. Specimen extraction from delivered plates. The red lines indicate how the plate was cut.

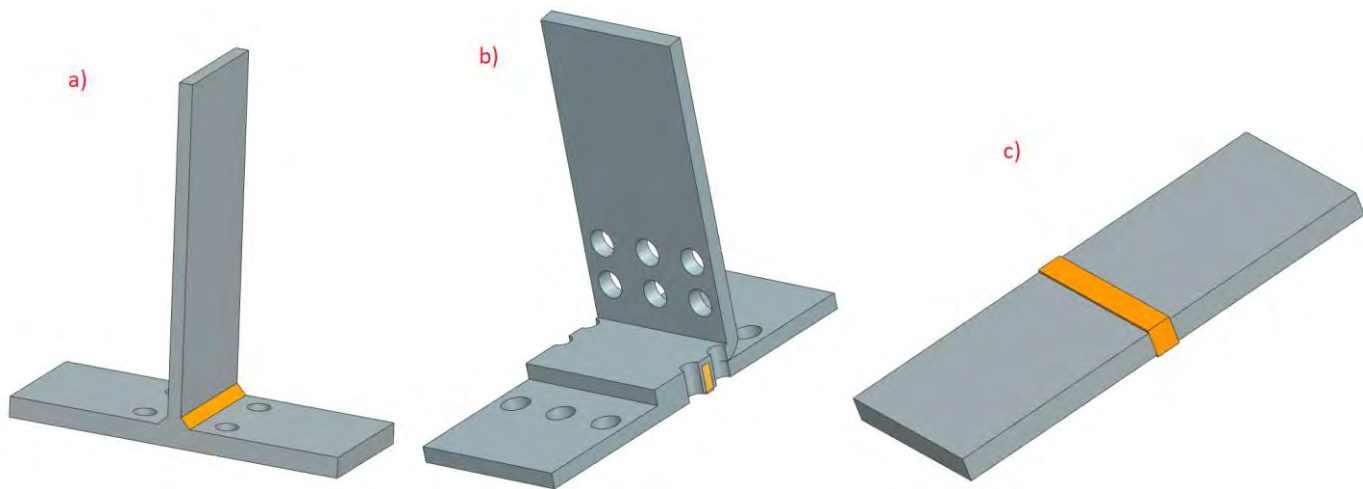
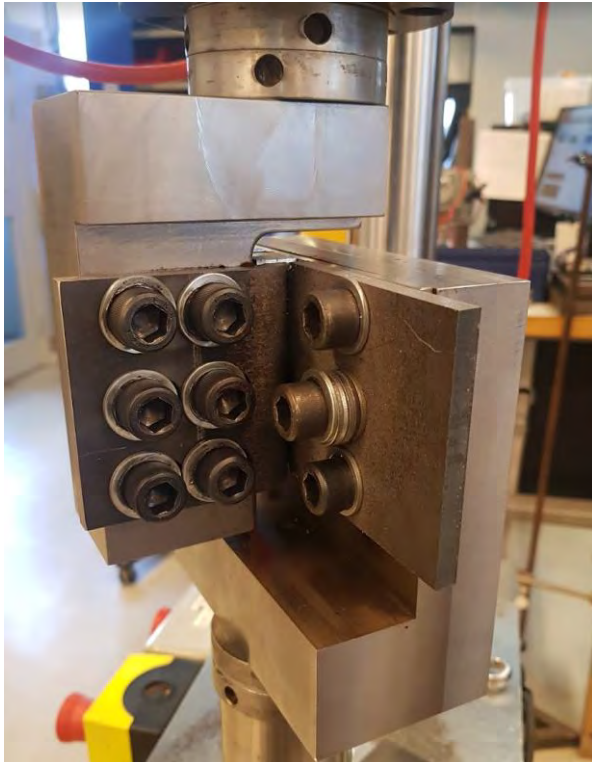


Figure 2. Specimen types used for this assignment: a) T-weld, b) Stake weld and c) Butt weld. The orange region shows the welded section.



Figure 3. T-weld mounted in testing rig.





*Figure 4. Stake weld mounted in testing rig.*



*Figure 5. Fractured butt weld mounted in test rig.*

## 2 Results

### 2.1 Cross-sectioning and hardness measurements

To ensure the welding quality an initial welding was performed and investigated through cross-sectional examination. After the approved quality control, the plates were welded and delivered for fatigue testing.

Images taken in macroscope of the welds in the etched cross-sections are shown in Appendix 1-4 together with the results from the hardness measurements.

A second quality check by cross-sectioning was performed for the material delivered for the fatigue testing. Images taken in macroscope of the weld cross-sections in etched condition are shown in Appendix 5.

One cross-section was taken for each of the three coupons of T-welds from the first delivery. All of them showed lack of fusion up to 3.5 mm, see Figure 25-31 in Appendix 5. Lack of fusion is not permitted for weld class C or B according to ISO 12932:2013 and will affect the fatigue strength negatively. It was decided to finish the fatigue testing for the T-welds despite the defects but also to compare with a new series of improved T-welds, see Figure 32 in Appendix 5.

Only one cross-section was taken from the butt welds, see Figure 33-34 in Appendix 5.

The first delivery of L-welds showed poor fatigue behaviour. It could be concluded that the penetration into the bottom plate was insufficient, and the fatigue testing was aborted. New improved L-welds were produced. One cross-section was taken, shown in Figure 35-38 in Appendix 5. Cracks were observed in the centre of one of the weld with a length up to 1 mm. This is not permitted according to ISO 12932:2013.

### 2.2 Fatigue testing

The fatigue test curves are presented in Figure 6-9 in term of cycles to failure vs. stress level in log-log scales for all the joint types. The points are individual results from the fatigue testing. A linear regression trendline (black) is adapted to the points and plotted. This corresponds to the mean curve or fracture curve with its natural slope. The mean curve deduced by 2.17 standard deviations as proposed in IIW-2259-15 (A. Hobbacher, Recommendations for Fatigue Design of Welded Joints and Components, 2<sup>nd</sup> Edition) based on the number of tested specimens. The results are to be compared with the given detail category in the figures (FAT 80 for the T-welds, FAT 80 shear for the stake welds and FAT 90 for the butt welds). The reference FAT-curves has the proposed slope of 1/3 for normal stress and 1/5 for shear stress, also this as proposed in the IIW recommendations.

As previously stated, lack of fusion was detected in the first batch of T-welds but was nonetheless fatigue tested and compared with the enhanced second batch, T2. The lack of fusion affects the fatigue strength in a negative manner which clearly can be seen in Figure 6 where a comparison between the two performance of the T-welds is presented. However, a low spread between the specimens within the same batch is observed and the predicted trendline is reasonably accurate.

The first delivery of L-welds that were initially fatigue tested is not presented in this study. The testing was aborted due to insufficient weld penetration into the bottom plate. The results from the enhanced L-welds are shown in Figure 8. The un-permitted centre crack observed in the cross-section (appendix 5, figure 38) did not affect the fatigue test results.

Upon delivery the butt welds came in a bent condition which required a milling operation at one of the sides to remove the angular misalignment. Special wedges were used at the milled side to compensate for the reduction of thickness.

Detailed information regarding the conducted fatigue testing can be reviewed in *Appendix 6*. Macro photos of the fractures and fracture surfaces for every joint type can be seen in *Appendix 7*.

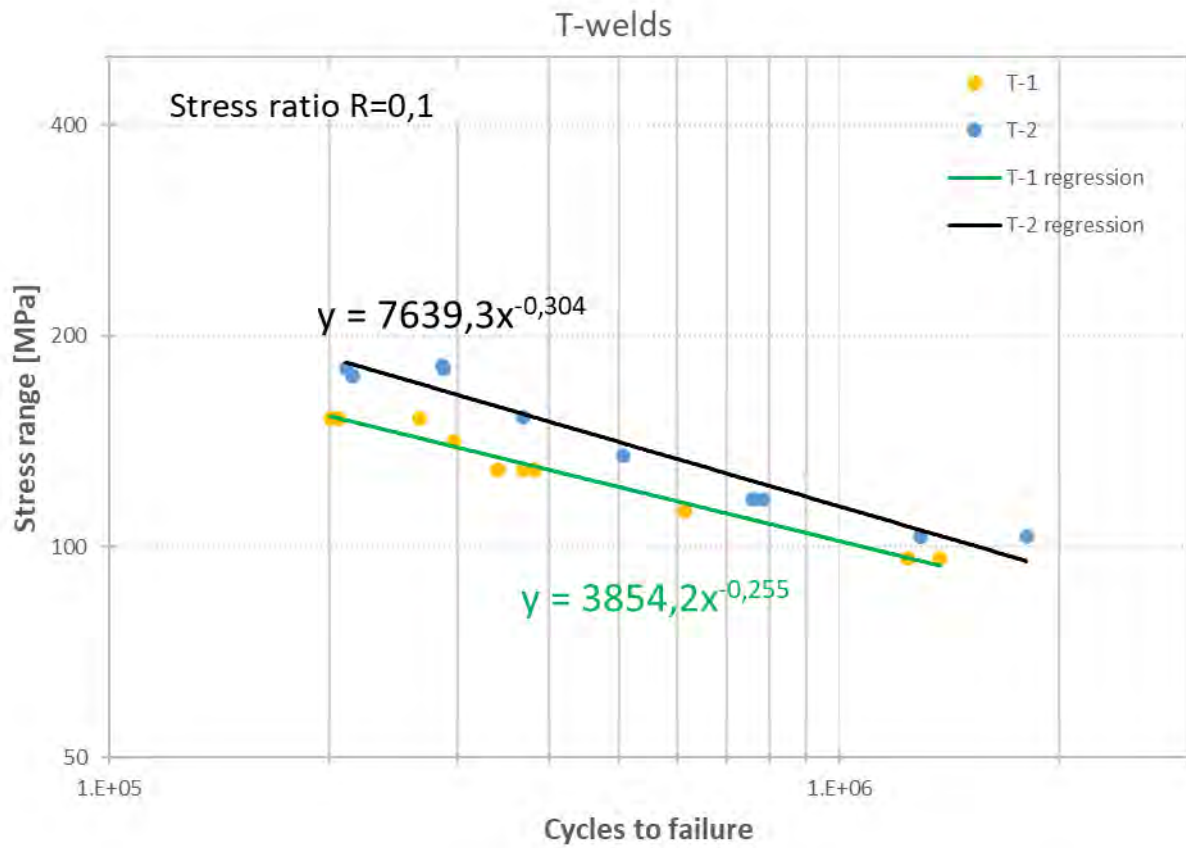


Figure 6. Comparison of T-welds 1 (having lack of fusion) and T-welds 2 (improved welds).

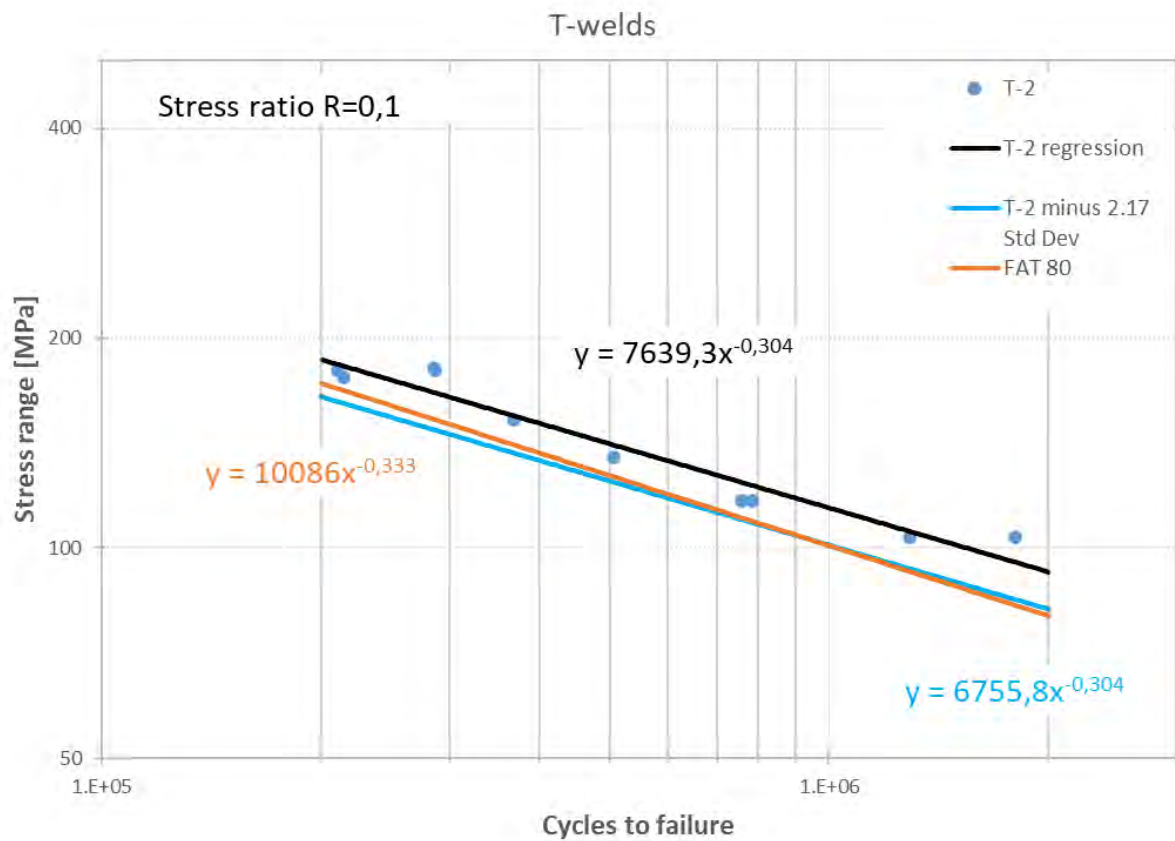


Figure 7. Results from fatigue testing of T-welds 2.

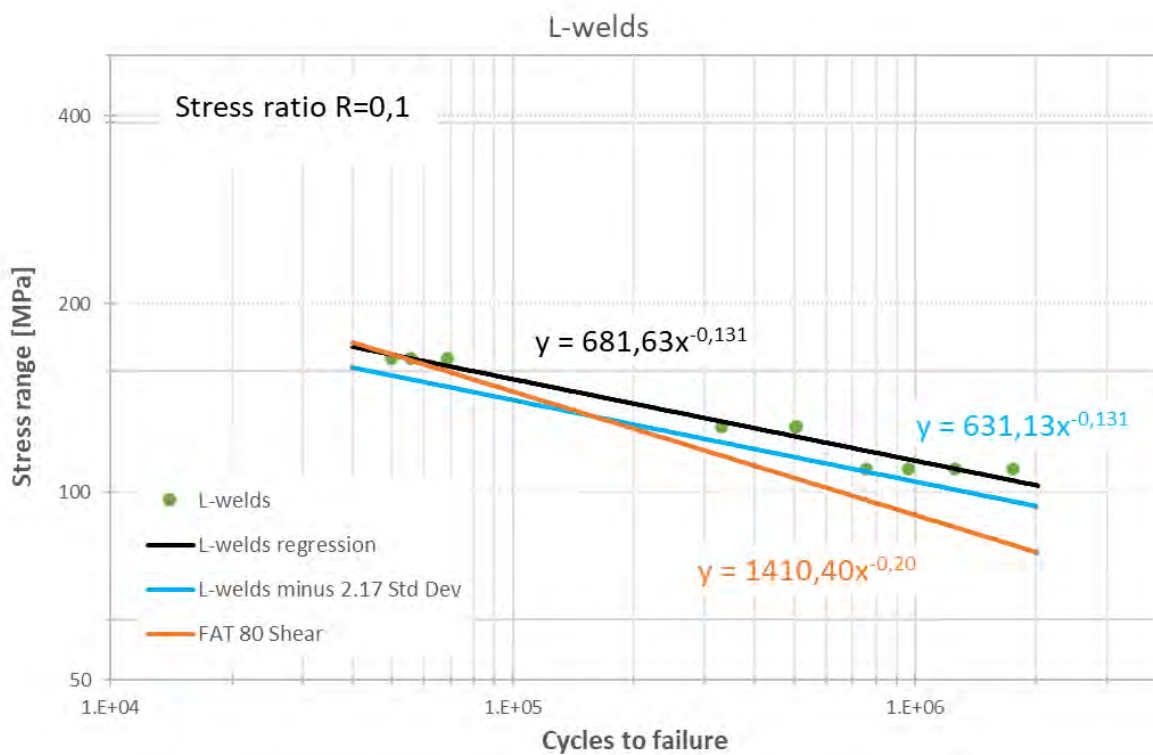


Figure 8. Results from fatigue testing of stake welds. Note that FAT 80 refer to shear stress.

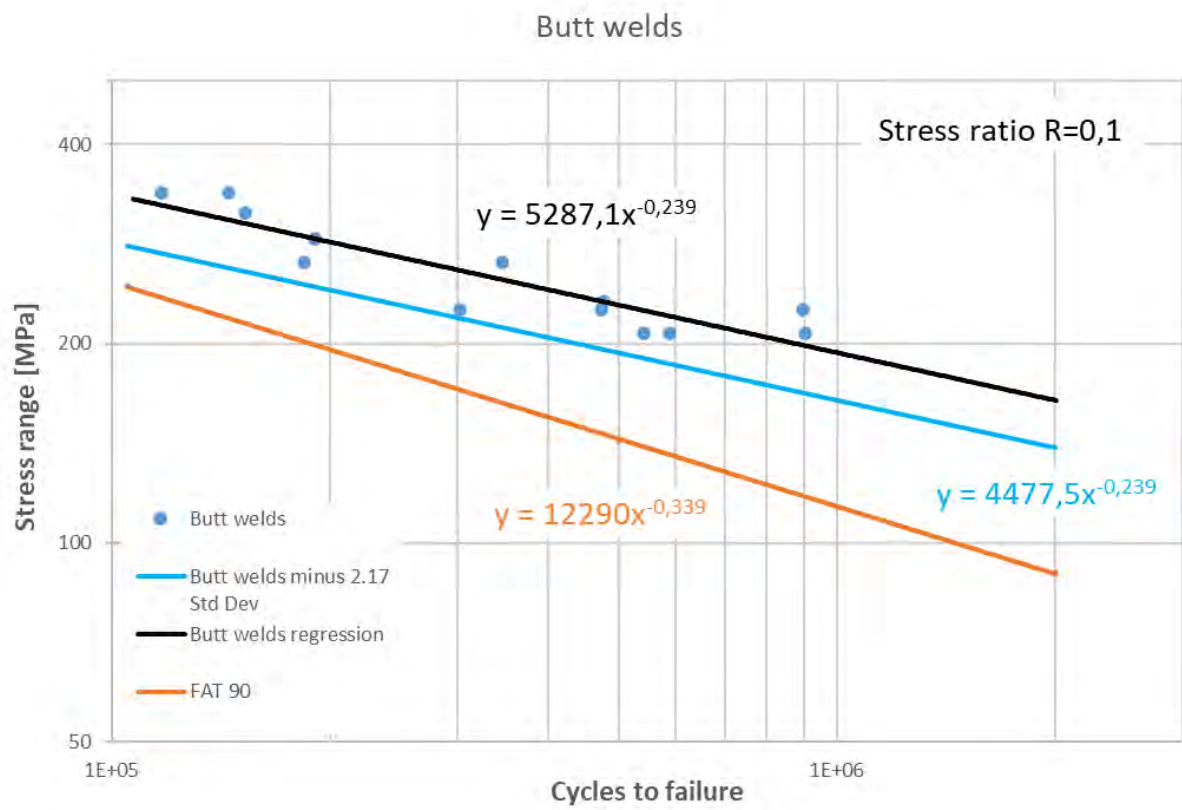


Figure 9. Results from fatigue testing of butt welds.

### 3 Conclusions

The fatigue testing resulted in mean curves well above the reference FAT-curve for all cases. For comparison also the adapted FAT curve is plotted with normal slope but with a deduction of 2.17 standard deviations as proposed in IIWs guidelines for fatigue assessment. Since the slope is less ( $m > 3$ ), the margin to the proposed design curve is increasing with increasing number of load cycles.

Both the T-weld with lack of fusion and the enhanced T-weld displayed a very consistent fatigue behaviour throughout the series. A slightly higher fatigue performance is seen for the enhanced T-welds with a mean curve corresponding to a stress of 103 MPa at 2E6 cycles, in comparison to 95 MPa at 2E6 cycles for the lack of fusion T-welds.

Results from the fatigue testing of L-welds show a very consistent fatigue behaviour. Due to the complex design of the L-welds with double welds, difficulties arise to calculate the exact load line. Multiple FEM investigations were performed to ensure that pure shear stress was applied. However, the actual stress distribution both along and in between the double welds cannot be guaranteed to be even, which should be kept in mind when evaluating and using the results from the fatigue testing of L-welds. The fitted mean curve indicates that a stress level of 113 MPa is achieved at 2E6 cycles.

The results from the butt welds show that there is a rather large spread for these specimens, and it was observed that the fractures appeared in different regions; in the weld, in the heat affected zone and in the base material. The welds show a fatigue behavior almost in line with parent material, this explains why the fracture seems to occur in arbitrary weld regions. The fitted mean curve indicates that a stress level of 183 MPa is achieved at 2E6 cycles.

# Appendix 1. Pre-trial quality check of the butt welds

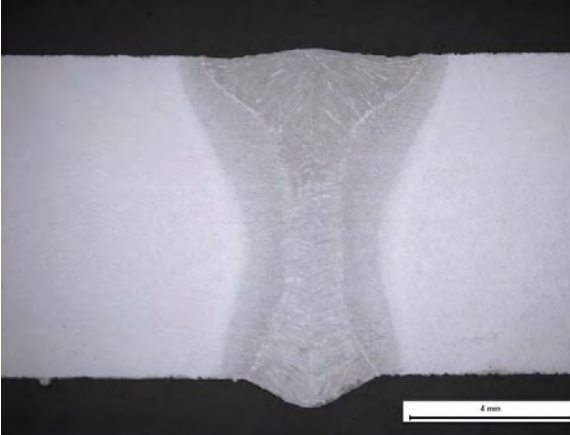


Figure 10. Butt weld, cross-section, overview.

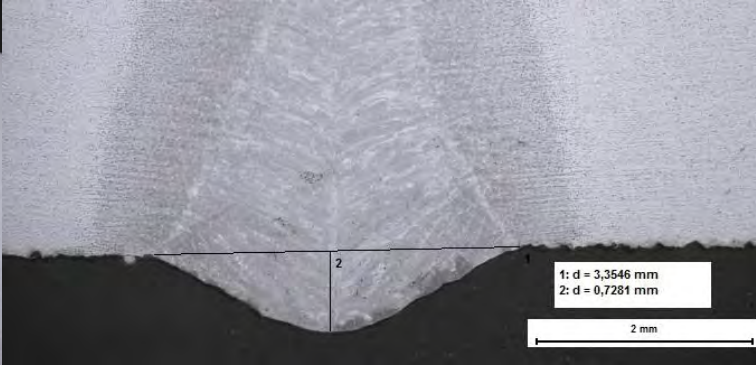


Figure 11. Butt weld, cross-section, root

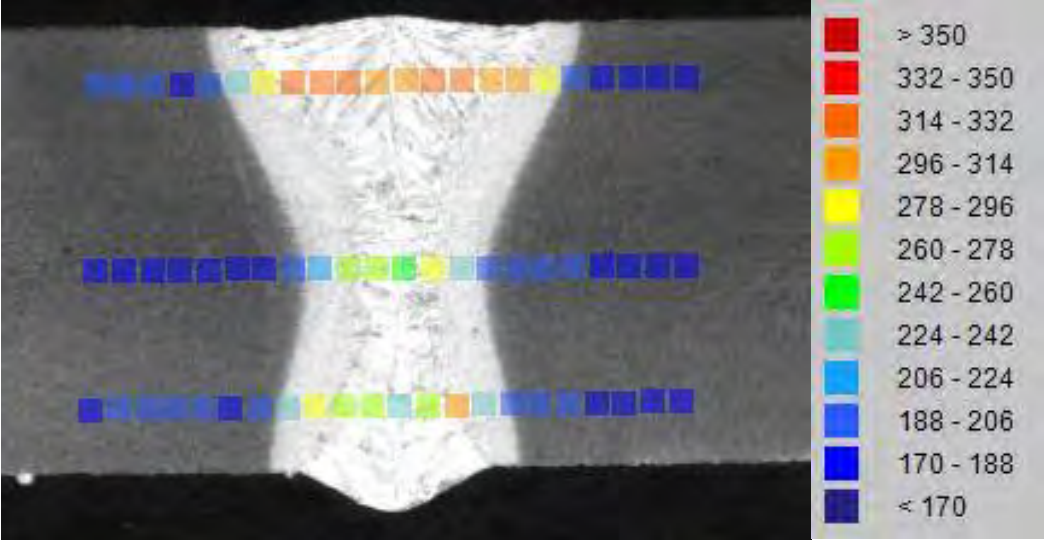


Figure 12. Hardness measurements, colour scale.

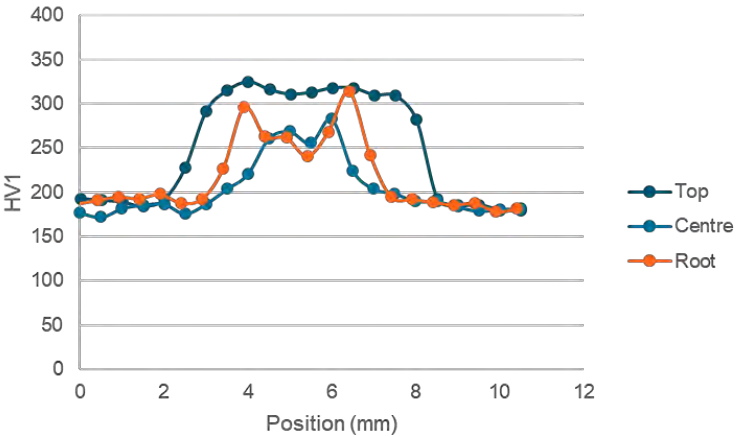


Figure 13. Hardness profiles.

# Appendix 2. Pre-trial quality check of the stake welds (L-type)

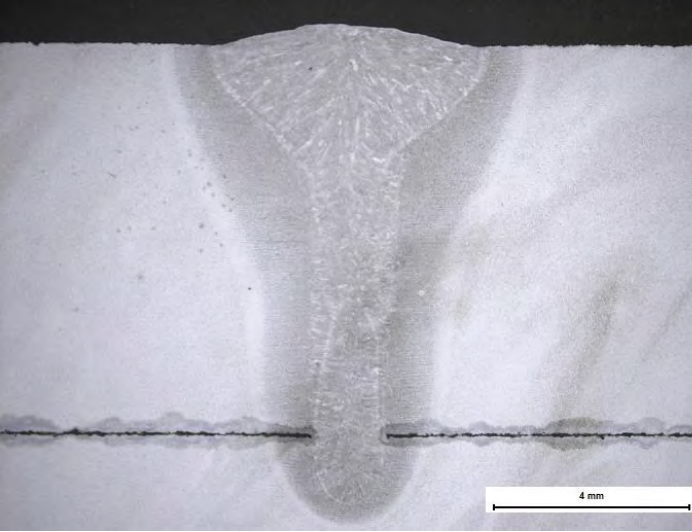


Figure 14. Stake weld, L-type, cross-section, overview.

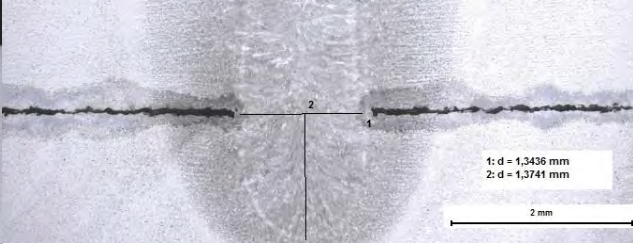


Figure 15. Stake weld, L-type, cross-section, root

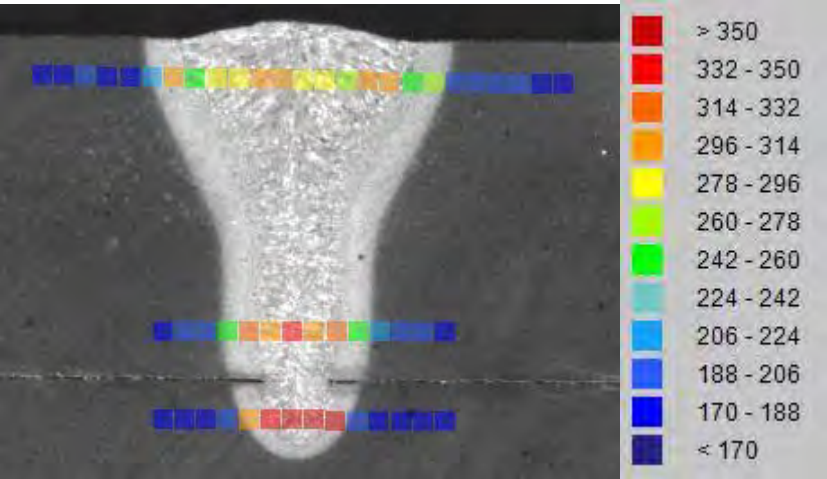


Figure 16. Hardness measurements, colour scale.

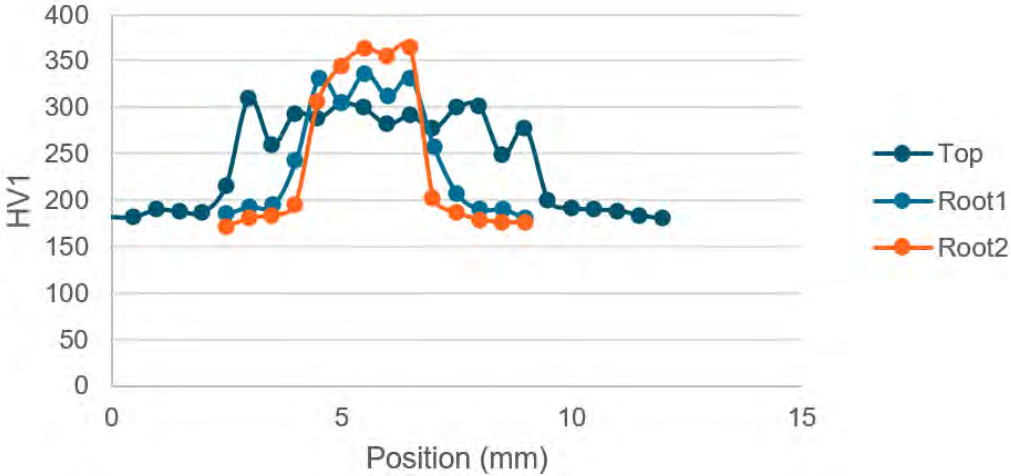


Figure 17. Hardness profiles.



# Appendix 3. Pre-trial quality check of the stake welds (T-type)

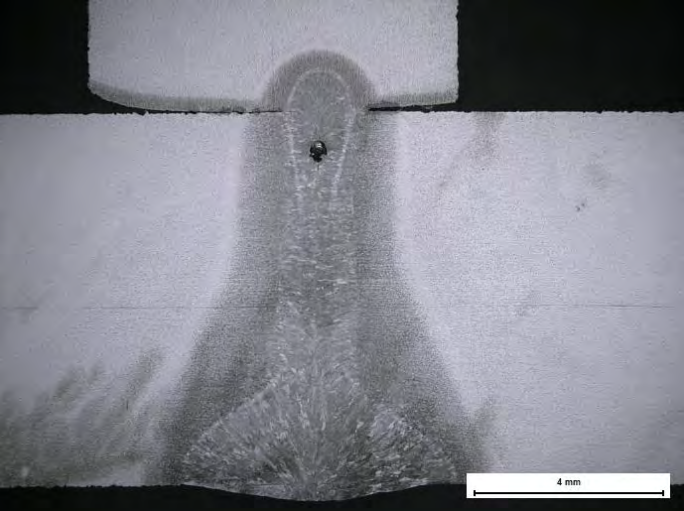


Figure 18. Stake weld, T-type, cross-section, overview.

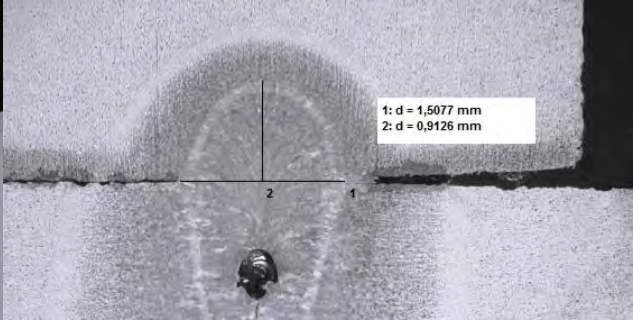


Figure 19. Stake weld, T-type, cross-section, root

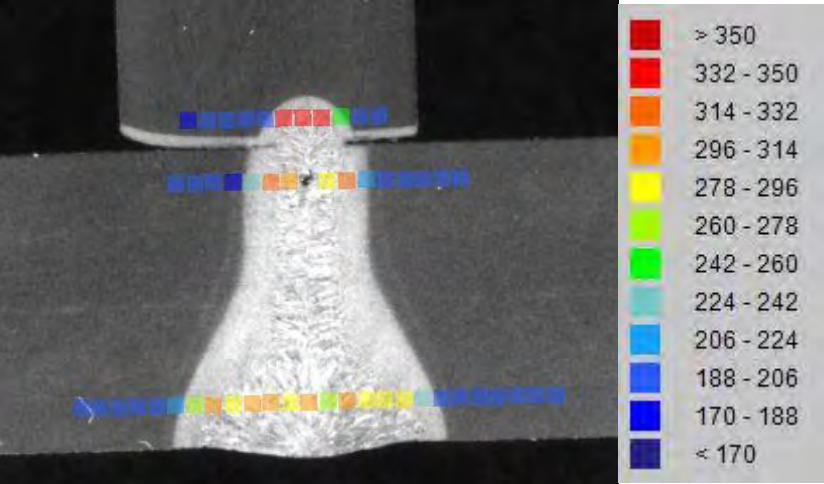


Figure 20. Hardness measurements, colour scale.

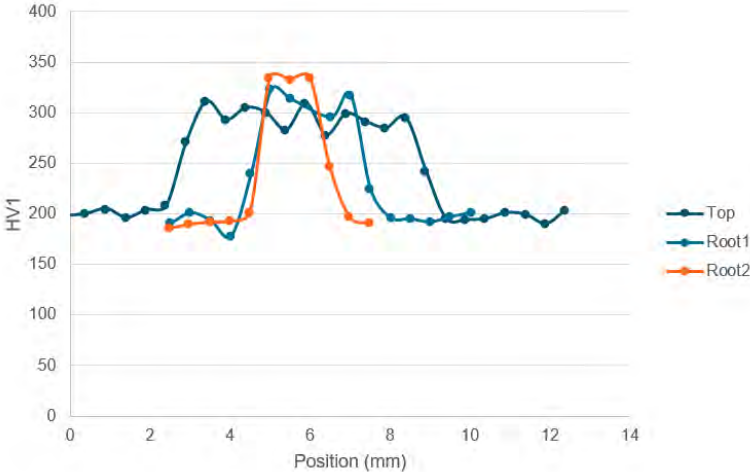


Figure 21. Hardness profiles.

## Appendix 4. Pre-trial quality check of the T-weld

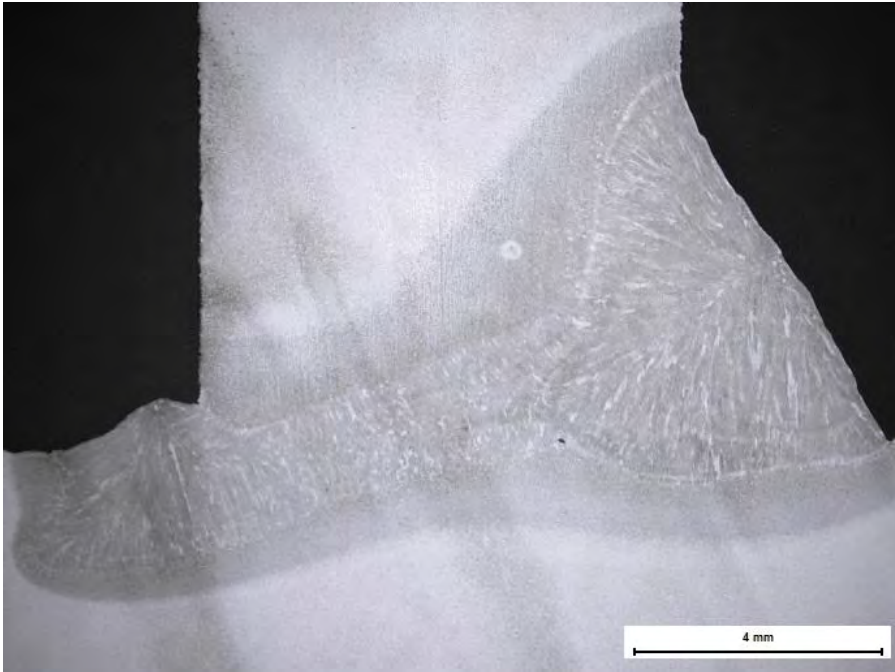


Figure 22. T-weld, cross-section, overview.

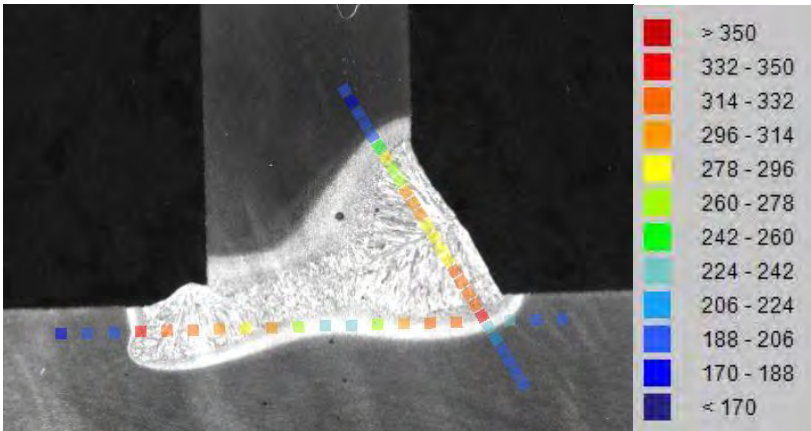


Figure 23. Hardness measurements, colour scale.

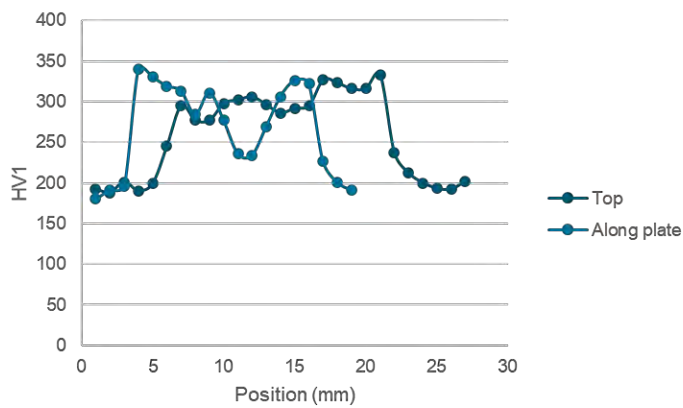


Figure 24. Hardness profiles.

## Appendix 5. Macroscopic images

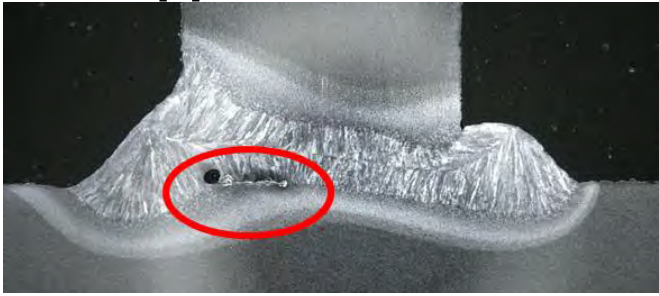


Figure 25. T-weld A from first delivery.

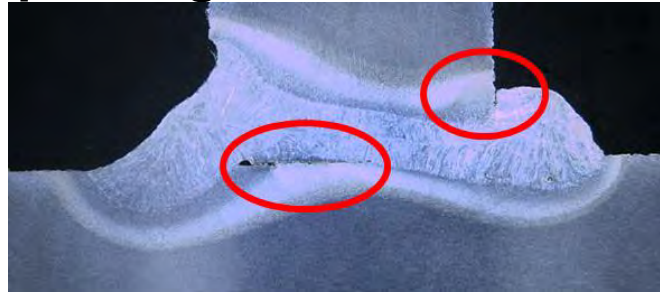


Figure 26. T-weld B from first delivery.



Figure 27. T-weld A from first delivery. Lack of fusion 2.5 mm, not permitted.



Figure 28. T-weld B from first delivery. Lack of fusion 3.5 mm, not permitted.

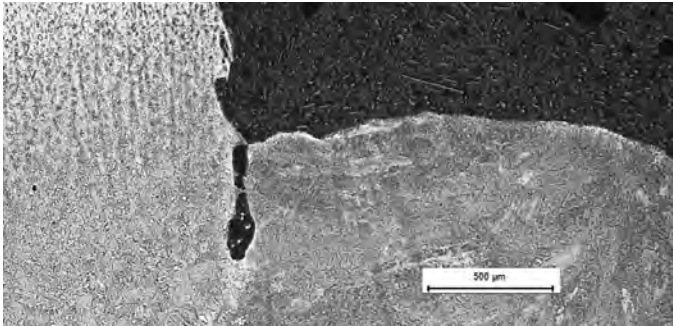


Figure 29. T-weld B from first delivery. Lack of fusion 0.5 mm, not permitted.

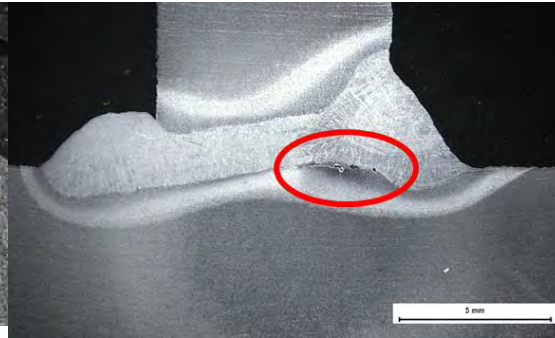


Figure 30. T-weld C from first delivery.



Figure 31. T-weld B from first delivery. Lack of fusion 2.8 mm, not permitted.

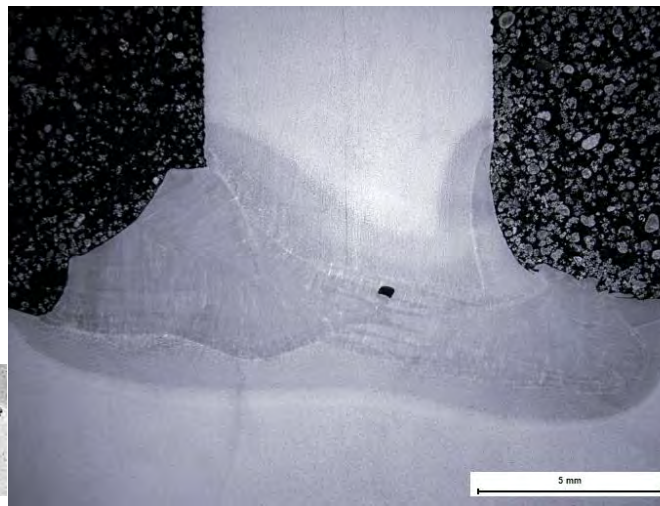


Figure 32. T-weld from the second delivery.

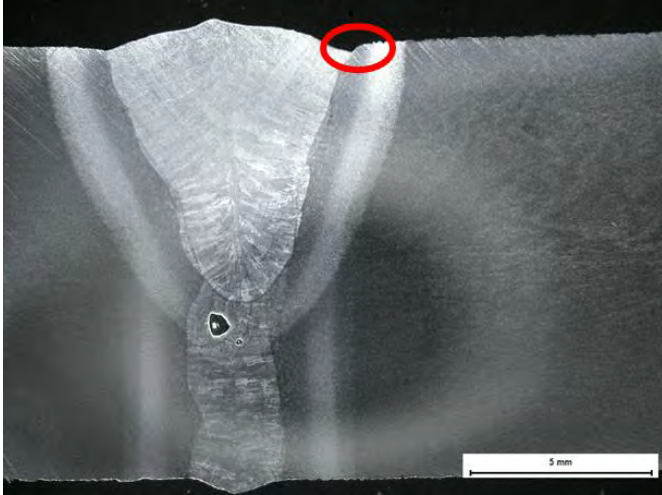


Figure 33. Butt weld, under-cut is marked

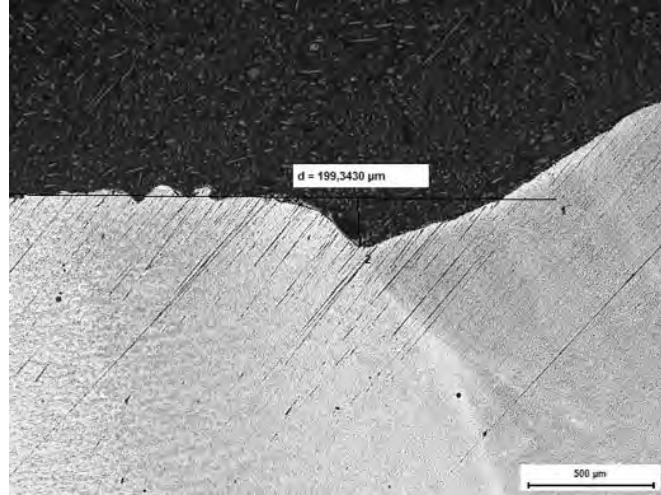


Figure 34. Butt weld, under-cut 0.5 mm.

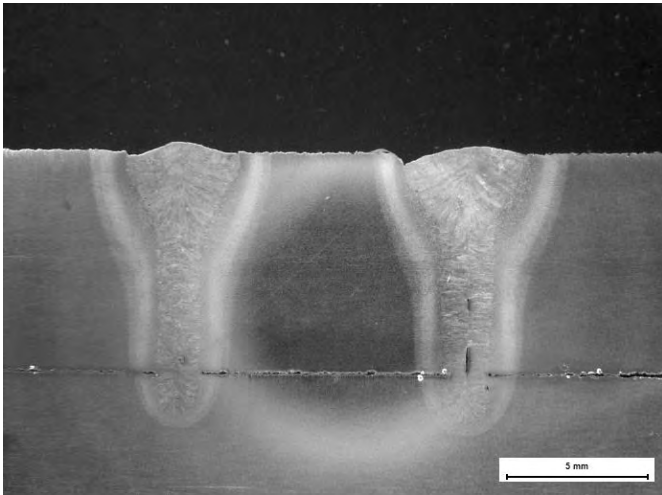


Figure 35. L-welds from the second delivery.

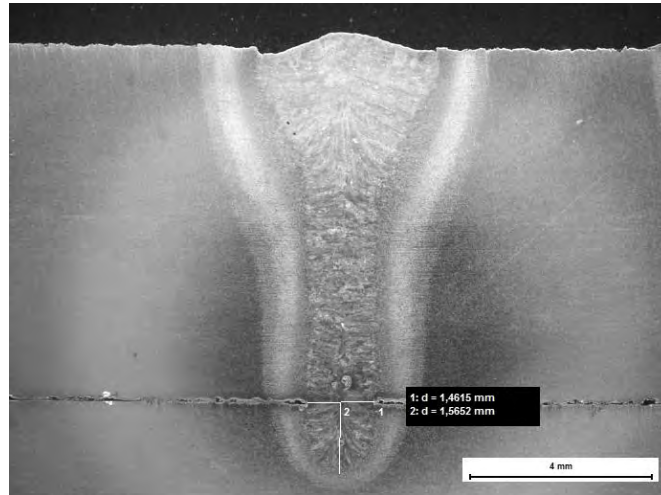


Figure 36. Left weld in Figure 35.

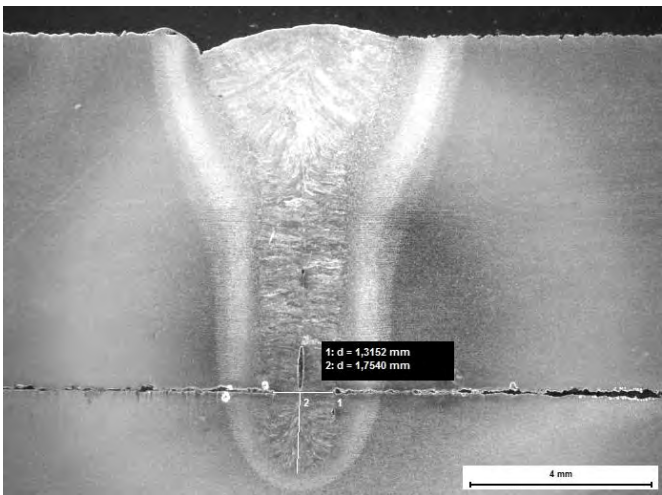


Figure 37. Right weld in Figure 35.

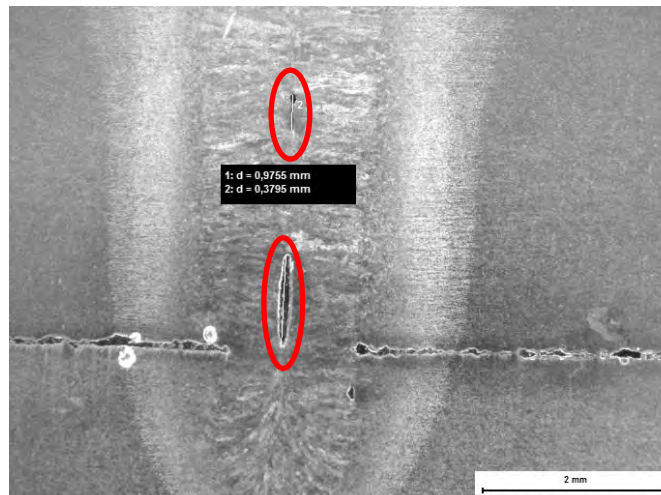


Figure 38. Right weld in Figure 35. Centre cracks are marked.

## Appendix 6 – Fatigue test results

The following tables contains detailed information about the conducted fatigue testing.

*Table 1. Fatigue test results from T-welds 1.*

Plate	Specimen	Stress [MPa]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Pmax [kN]	Pmin [kN]	Force amplitude [kN]	Cycles to failure
T1-1	1	142,9	560	80	8	36	368 834
T1-1	2	142,9	560	80	8	36	381 842
T1-1	3	142,9	560	80	8	36	339 896
T1-1	4	157,1	560	88	8,8	39,6	296 810
T1-2	1	169,6	560	95	9,5	42,75	206 220
T1-2	2	125,0	560	70	7	31,5	614 117
T1-2	3	169,6	560	95	9,5	42,75	201 038
T1-3	1	169,6	560	95	9,5	42,75	265 625
T1-3	2	107,1	560	60	6	27	1 372 857
T1-3	3	107,1	560	60	6	27	1 237 995

*Table 2. Fatigue test results from T-welds 2.*

Plate	Specimen	Stress [MPa]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Pmax [kN]	Pmin [kN]	Force amplitude [kN]	Cycles to failure
T2-1	1	115	493,6	56,76	5,68	25,54	1 290 408
T2-1	2	195	488,8	95,32	9,53	42,89	214 941
T2-1	4	170	492	83,64	8,36	37,64	369 135
T2-2	1	200	487,2	97,44	9,74	43,85	287 060
T2-2	2	201,5	488,8	98,49	9,85	44,32	286 142
T2-2	3	115	488,8	56,21	5,62	25,30	1 802 763
T2-3	1	150	495,2	74,28	7,43	33,43	506 043
T2-3	2	130	492,8	64,06	6,41	28,83	759 419
T2-3	3	130	493,6	64,17	6,42	28,88	783 736
T2-3	4	200	492,8	98,56	9,86	44,35	210 972

Table 3. Fatigue test results from stake welds.

Plate	Specimen	Stress [MPa]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Pmax [kN]	Pmin [kN]	Force amplitude [kN]	Cycles to failure
L2-1	4	121	248	30	3	13,50	1 747 847
L2-2	1	181	248	45	4,5	20,25	55 739
L2-2	2	141	248	35	3,5	15,75	331 165
L2-2	3	141	248	35	3,5	15,75	506 339
L2-2	4	141	248	35	3,5	15,75	506 400
L2-3	1	121	248	30	3	13,50	961 869
L2-3	2	181	248	45	4,5	20,25	68 797
L2-3	3	121	248	30	3	13,50	755 495
L2-3	4	121	248	30	3	13,50	1 253 338
L2-3	5	181	248	45	4,5	20,25	50 066

Table 4. Fatigue test results from butt welds.

Plate	Specimen	Stress [MPa]	Area [mm <sup>2</sup> ]	Pmax [kN]	Pmin [kN]	Force amplitude [kN]	Cycles to failure
1	1	250	960	240,0	24,0	108,0	302 000
1	2	257	960	247,0	24,7	111,2	476 600
1	3	230	960	220,8	22,1	99,4	541 745
4	1	250	960	240,0	24,0	108,0	896 000
3	1	250	960	240,0	24,0	108,0	473 600
3	2	230	960	220,8	22,1	99,4	587 149
3	3	295	*660	194,7	19,5	87,6	345 839
3	4	320	*660	211,4	21,1	95,2	190 400
3	5	350	*660	231,0	23,1	104,0	152 740
3	6	375	*660	247,5	24,8	111,4	145 280
3	7	375	*660	247,5	24,8	111,4	117 018
4	2	230	960	220,8	22,1	99,4	905 893
4	3	295	*660	194,7	19,5	87,6	184 260

\*Lower area than the initial tests to achieve higher stress levels.

## Appendix 7 – Fractures and fracture surfaces

The following figures, Figure 39 to 42 shows the appearance and location of the fractures caused by the fatigue testing.



*Figure 39. Fracture surface of T-weld 1 after fatigue testing.*



*Figure 40. Upper: Crack propagation during fatigue testing of T-weld 2. Lower: Fracture surface after fatigue testing.*



Figure 41. Fracture surface of stake weld after fatigue testing.

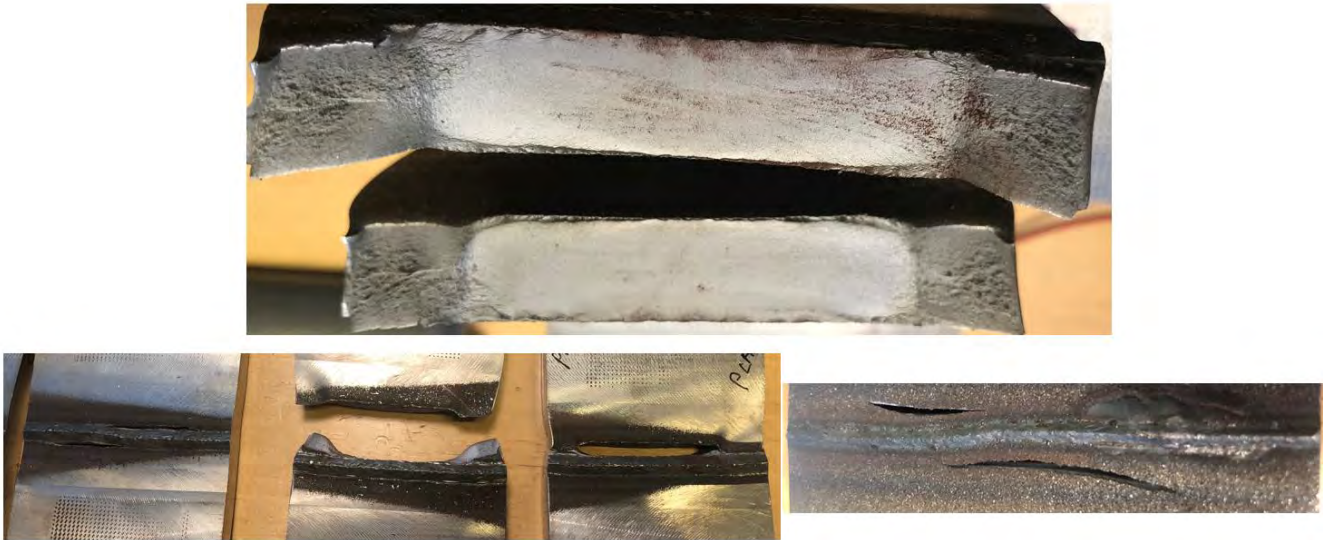


Figure 42. Upper: Fracture surfaces of butt weld after fatigue testing. Lower: Different types of fracture location.

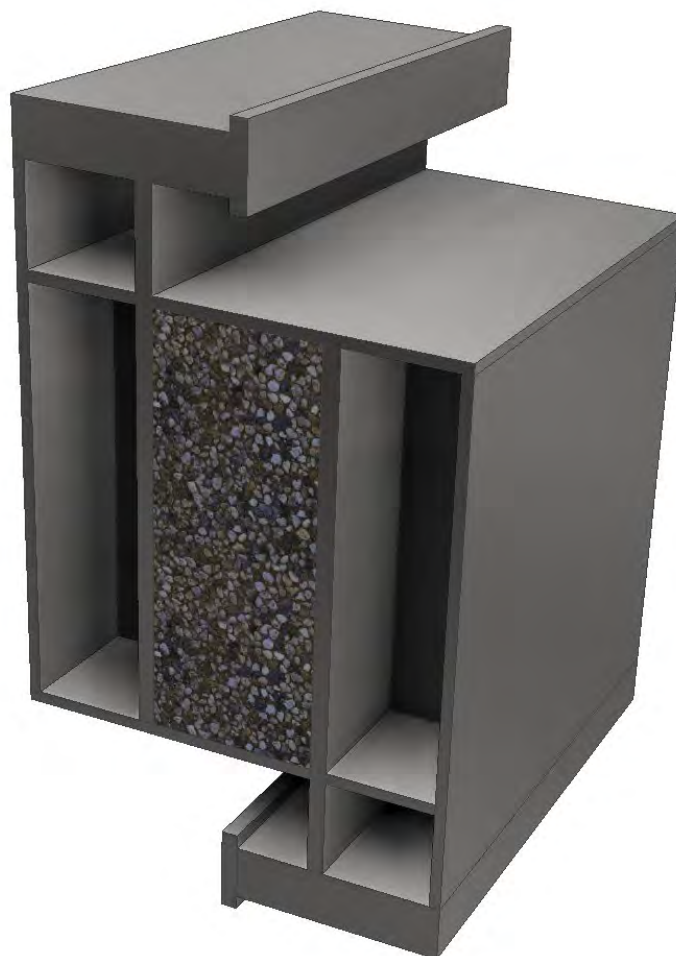


[www.swerim.se](http://www.swerim.se)



# Calculation Report

## Concrete-filled shear connection of sandwich



Revision	Description	Date	Resp.	Approved
0	Issued for comments	14.12.2021	JM	
1				
2				
3				
4				

## CONTENT

---

1	Introduction.....	3
1.1	Reference documents .....	3
2	Description of Ya bridge .....	4
3	Description of test .....	5
4	Calculation .....	6
4.1	Manual calculation of shear force.....	6
4.2	Manual calculation of longitudinal force.....	7
4.3	FEM calculation .....	9
4.3.1	Design loads.....	9
4.3.2	Calculation .....	9

# 1 INTRODUCTION

---

Prodtex have been working for long time with sandwich solutions for different purposes. For roadway top deck a sandwich with the right design may reduce the steel weight or increase the fatigue lifetime. The maintenance may also be easier because of less open steel structure.

For bridges away from sea, the steel parts must be produced in a size that is transportable on a truck on commonly used roads. Due to that, the transported parts will be small and there will be a lot of welded connections during assembly at bridge site. Connection of a sandwich is a time-consuming operation with a lot of inside stiffeners to be welded and an infill plate to be mounted and welded after the inside are finished and executed NDT.

To reduce the work with connection of a sandwich panel it has been worked with different solutions together with Statens Vegvesen and decided to work further on with a concrete filled shear connection. This report is describing the calculations and testing of this connection.

It is decided to use this concrete-filled shear connection on Ya-bridge that shall be mounted at Kvikne in Norway summer 2022. This bridge consists of a sandwich top deck and two steel boxes below.

## 1.1 REFERENCE DOCUMENTS

- Shear connectors
- Concrete, Mapefill N-LH
- Test report from Kiwa
- PAK1021 Drawing test piece without shear connectors
- PAK1250 Steel structure test piece

## 2 DESCRIPTION OF YA BRIDGE

The sandwich top deck for Ya-bridge has the following dimensions:

- Total thickness: 350 mm
- Thickness top plate: 14 mm
- Thickness bottom plate: 8 mm
- Longitudinal stiffeners: 8 mm

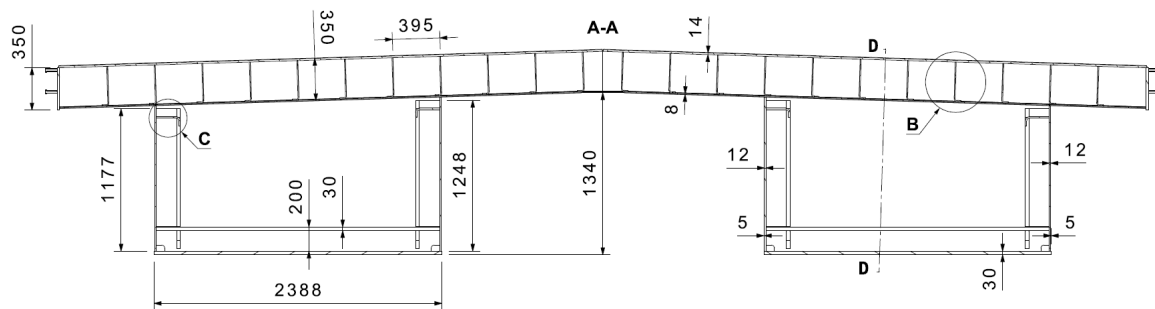


Figure 1: Ya bridge cross section

This bridge has support points only in bridge ends and there will only be pressure force in the sandwich steel structure. The pressure in the longitudinal plate stiffeners inside the sandwich will be transferred into the concrete.

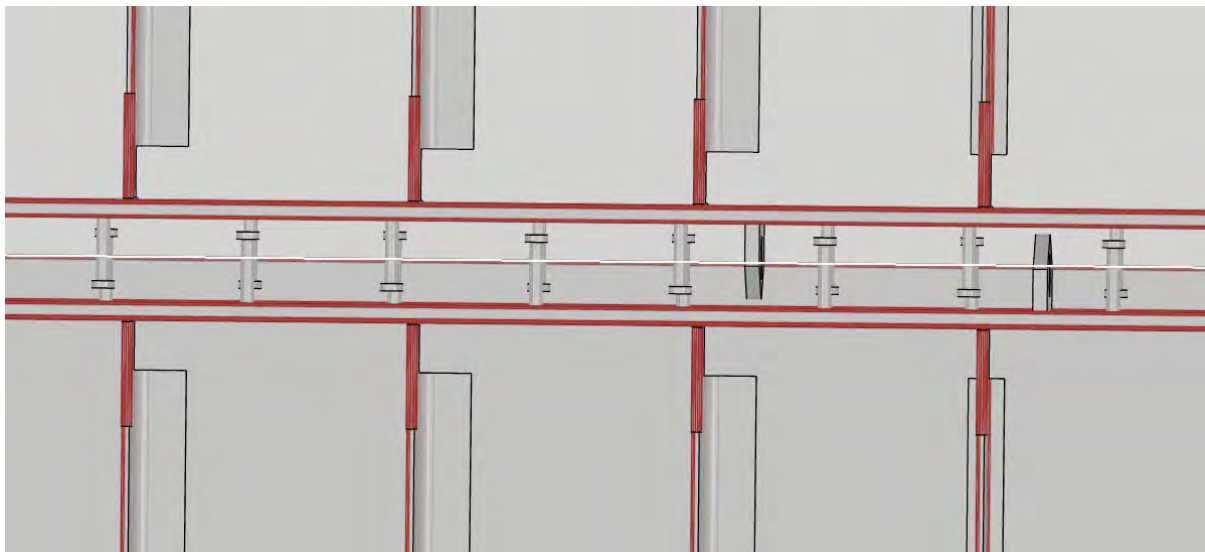


Figure 2: Concrete filled shear connection

The concrete filled connection will withstand the necessary shear forces in this bridge without shear connectors. There is no known experience with such a connection and how it will respond on dynamic loads, so shear connectors will be installed to increase the safety on the Ya bridge.

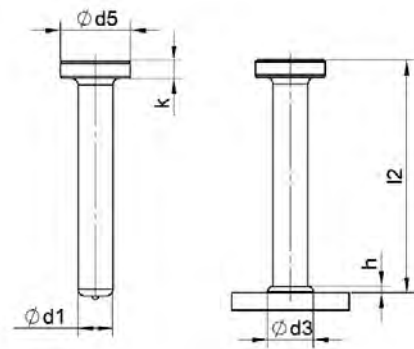
The shear connectors are commonly used, and there are standardized calculations to specify number and positions.

DIMENSIONS (mm)

$d_1$	$l_2$	$d_5$	$k$
10	50-250	19	7,1
13	50-400	25	8
16	50-525	32	8
19	50-525	32	10
22	75-525	35	10
25	75-525	41	12

Material: S235J2+C450

Figure 3: 19 mm shear connector used in test and bridge



before welding / after welding

### 3 DESCRIPTION OF TEST

Four test pieces were made at Prodtex and sent to Kiwa for testing. One of the test pieces are fitted with shear connectors. The shear connectors are of the same type as the ones that will be used in the Ya-bridge. The other 3 does not have any shear connectors and will take the shear force as pressure in the concrete diagonal. In the test report the first one is with shear connectors.

There is less distance between the shear connectors in the test than in the bridge to have a symmetrical distance in a test piece of 400 mm.

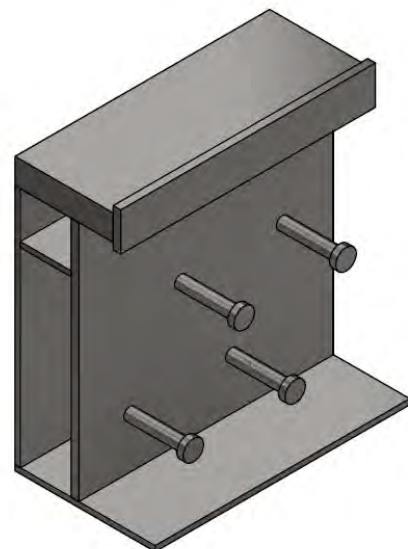
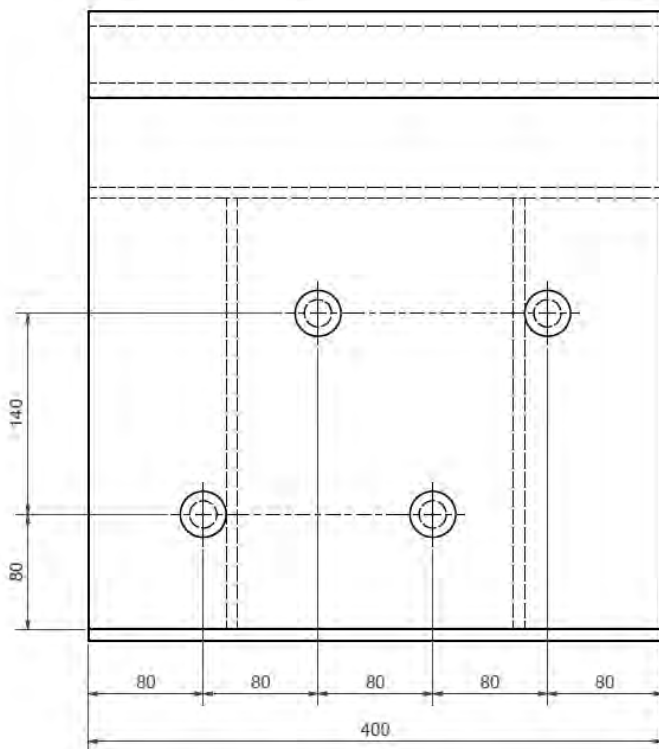


Figure 4: Placement of shear connectors in the test piece

## 4 CALCULATION

There are done manual and FEM calculations of the concrete-filled connection described in this report. The calculations on the Ya bridge are performed by Statens Vegvesen and is not included here.

### 4.1 MANUAL CALCULATION OF SHEAR FORCE

The manual calculation uses a pressure area, assumed to about 30 mm and the whole length of the shear connection. The length of the test piece is 400 mm.

Stress level in concrete: 
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ kN}}{30 \text{ mm} \cdot 400 \text{ mm}} = 41,7 \text{ MPa}$$

At a load of 500 kN (approx.. 50 tons) the pressure stress level in the concrete is about 42 MPa. The stress level is not uniform through this calculated pressure area and the tested load may be different from this value. Due to deformations in the steel structure the local stress level will be higher, see FEM calculation.

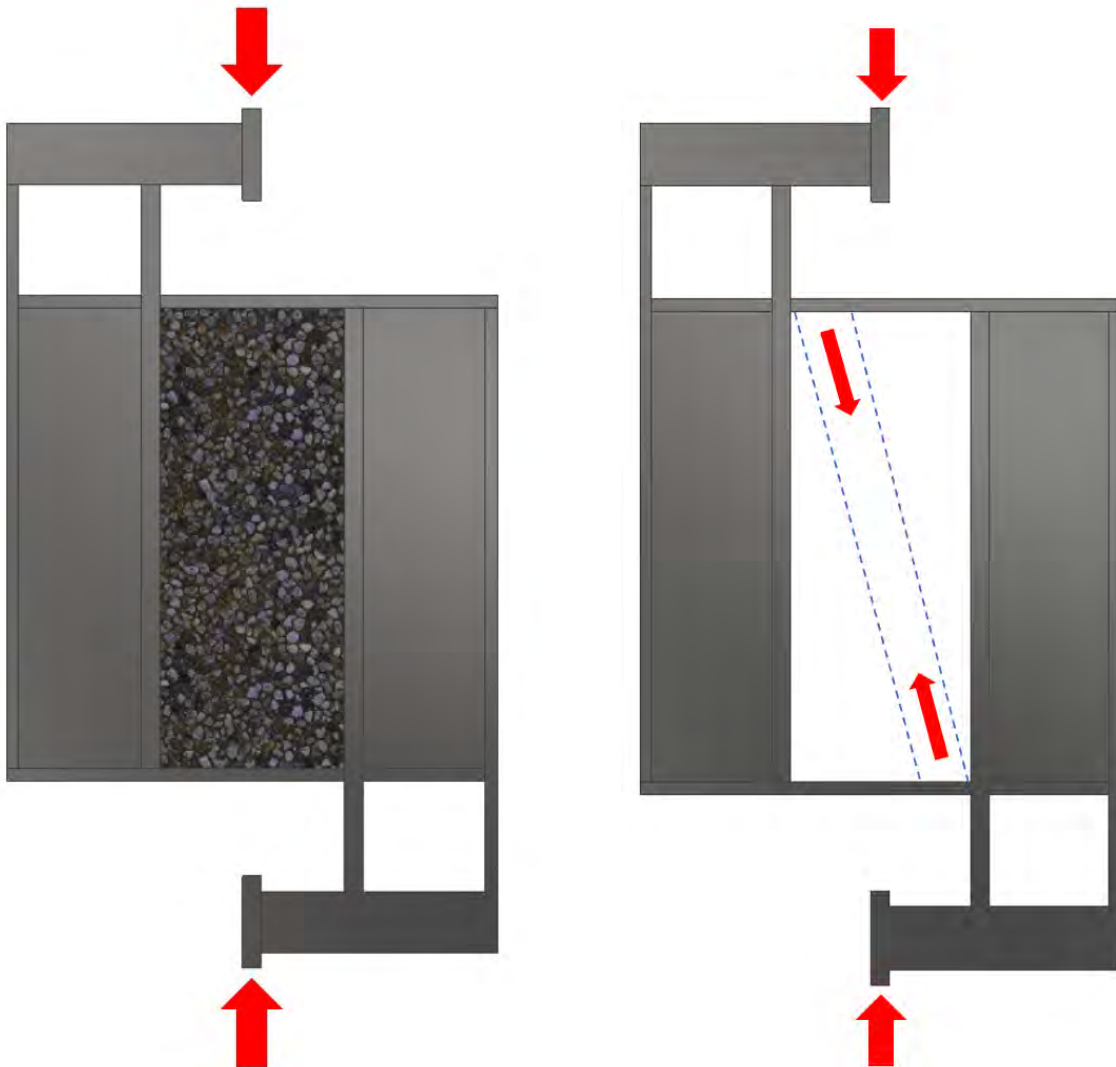


Figure 5: Concrete filled shear connection

## 4.2 MANUAL CALCULATION OF LONGITUDINAL FORCE

The sandwich will be exposed to a pressure force from bending moment in bridge beam. The top and bottom plate in sandwich is continuous and will give a uniform stress level through the connections. The pressure force in the longitudinal stiffeners must be transferred through the concrete.

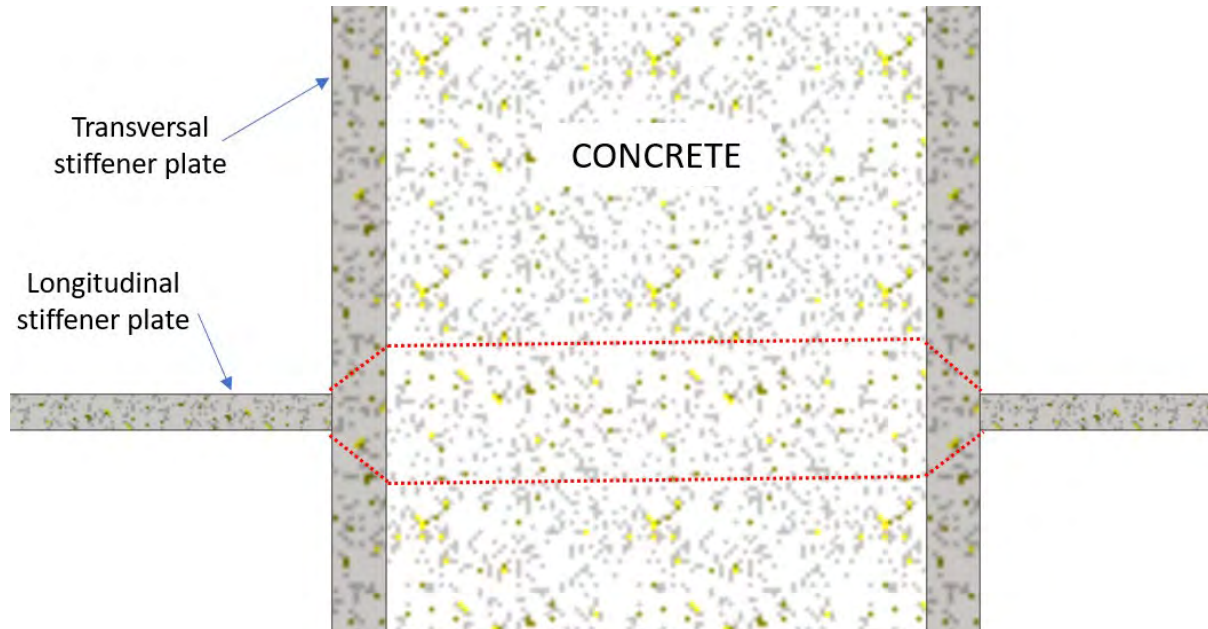


Figure 6: Pressure from longitudinal stiffeners

It is assumed a stress distribution of 45 degree through the transversal stiffener plate. This plate has a thickness of 20 mm and the pressure width at the concrete side is 48 mm.

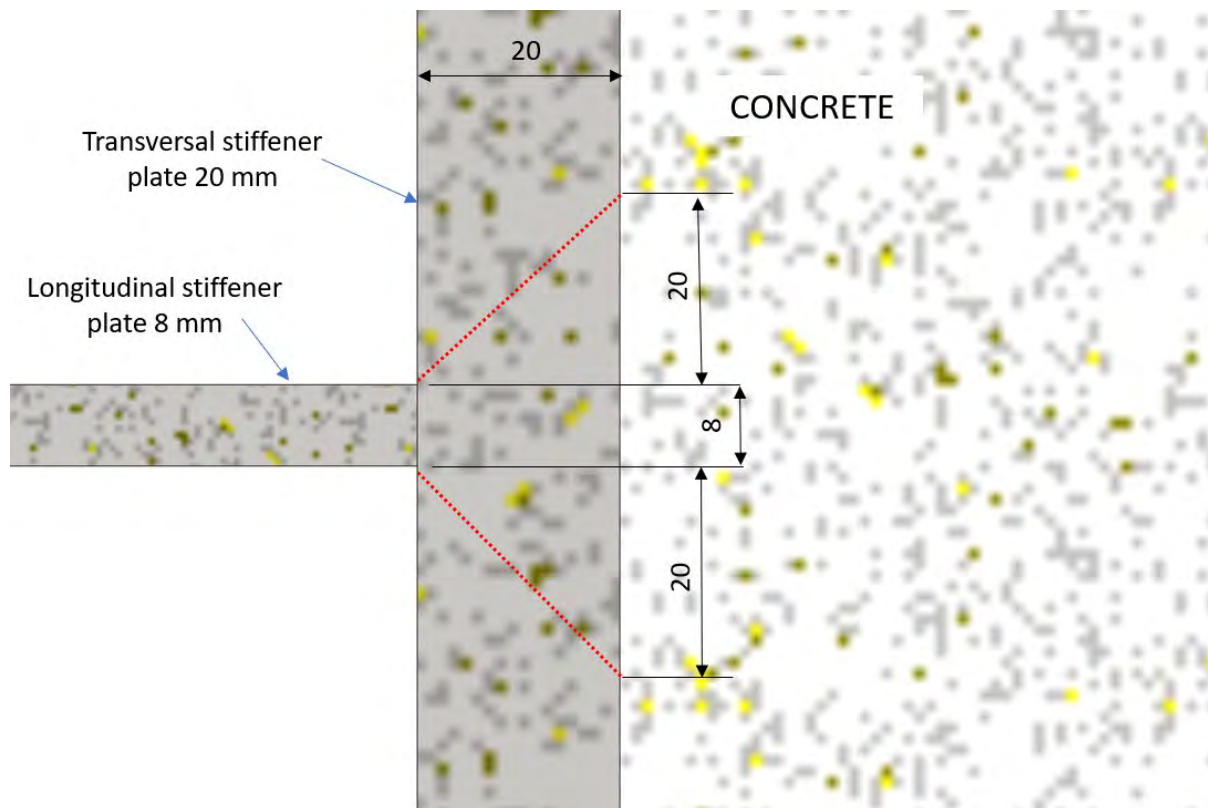


Figure 7: Pressure from longitudinal stiffeners



The pressure area on the concrete side is 6 times the area on the steel side. This means the stress level will be only 1/6 of the stress level in the longitudinal stiffener profile.

If Yield stress in profile (355 MPa), the stress level in concrete is 60 MPa. The concrete has a compressive strength at minimum 80 MPa and the concrete will be stronger than the steel structure for compression load.

FINAL PERFORMANCE (11.5% blending water)			
Performance characteristics	Test method	Minimum requirements according to EN 1504-3 for R4 class mortar	Product performance
<b>Compressive strength (N/mm<sup>2</sup>) (11,5 % blending water):</b>	EN 12190	≥ 45 (after 28 days)	> 20 (after 1 day) > 50 (after 7 days) > 80 (after 28 days)
<b>Compressive strength (N/mm<sup>2</sup>) (10,5 % blending water) :</b>	EN 12190	> 45 (after 28 days)	> 90 (after 28 days)
<b>Flexural strength (MPa):</b>	EN 196-1	none	> 4 (after 1 day) > 8 (after 7 days) > 10 (after 28 days)
<b>Carbonation resistance:</b>	EN 13295	$D_k \leq$ control concrete (MC 0.45)	passes
<b>Modulus of elasticity in compression (GPa):</b>	EN 13412	≥ 20 (after 28 days)	> 40 (after 28 days)

Figure 8: Mapefill N-LH

A thinner transversal steel plate may be used, but it is recommended minimum 20 mm for welding of shear connectors. If thinner plate shall be considered for future project, better analysis of stress level is recommended.

### 4.3 FEM CALCULATION

It is performed a finite element calculation of the concrete-filled shear connection without shear connectors. To include the shear connector in the analysis is much more complex. Calculation of the shear connectors are easier to do using standardized manual calculations. This is a linear calculation and does not take into consideration high stress peaks and material yield.

#### 4.3.1 Design loads

The calculation is done with a press force of 500 kN or approximate 50 ton.

#### 4.3.2 Calculation

There are used frictionless contact between the steel and concrete on the vertical sides and compression only contact on top and bottom of the concrete block. In practical there will be some friction and this calculation is considered to be conservative.

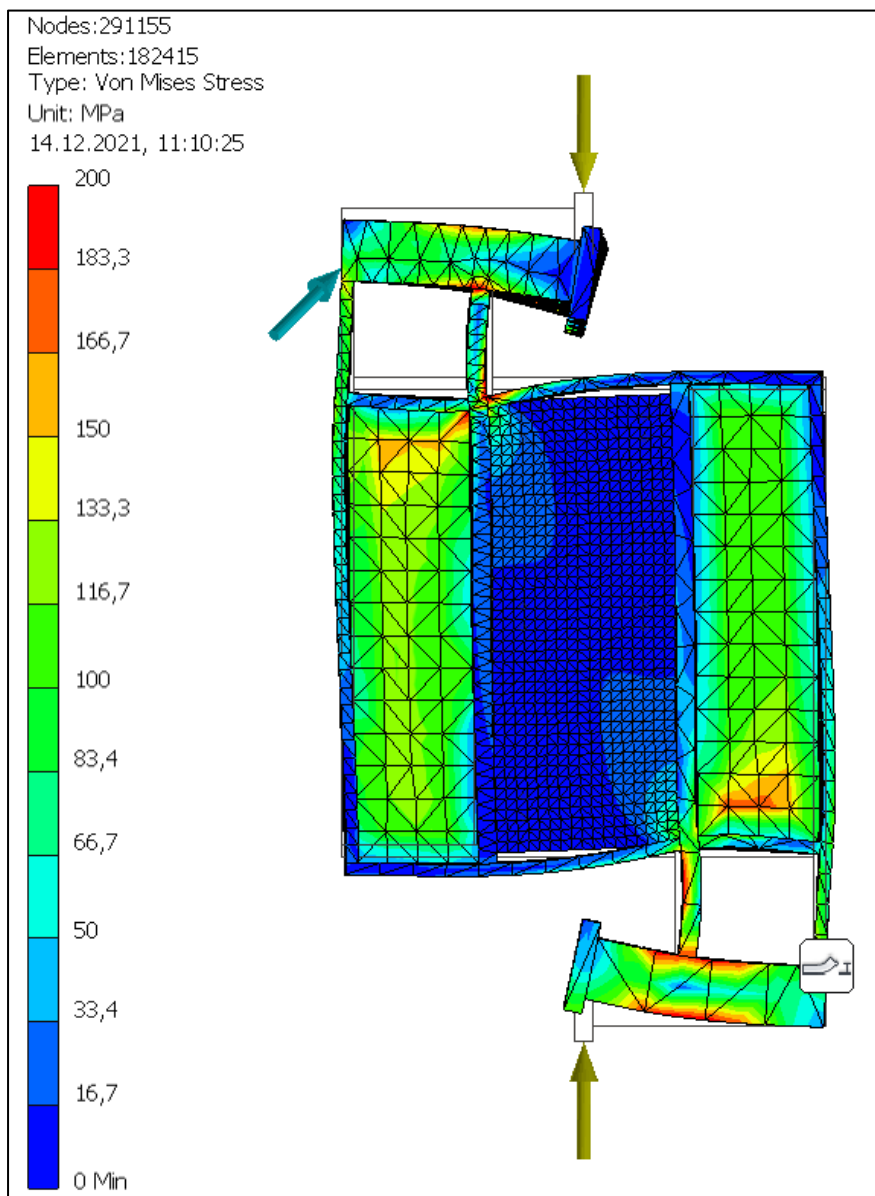


Figure 9: Stress level

The plate dimensions, height of the sandwich and arrangement differ from the design of the Ya bridge and stress levels found here cannot be used in the bridge design. This test is done to do verification on the concrete when loaded with shear forces.

The load on top is placed on a length of 250 mm that give higher stress level below the loaded surface. The picture below shows that about 50 tons the material is starting to yield at some areas. The calculation is linear, and the deformation will therefore be higher on the test than this calculation show.

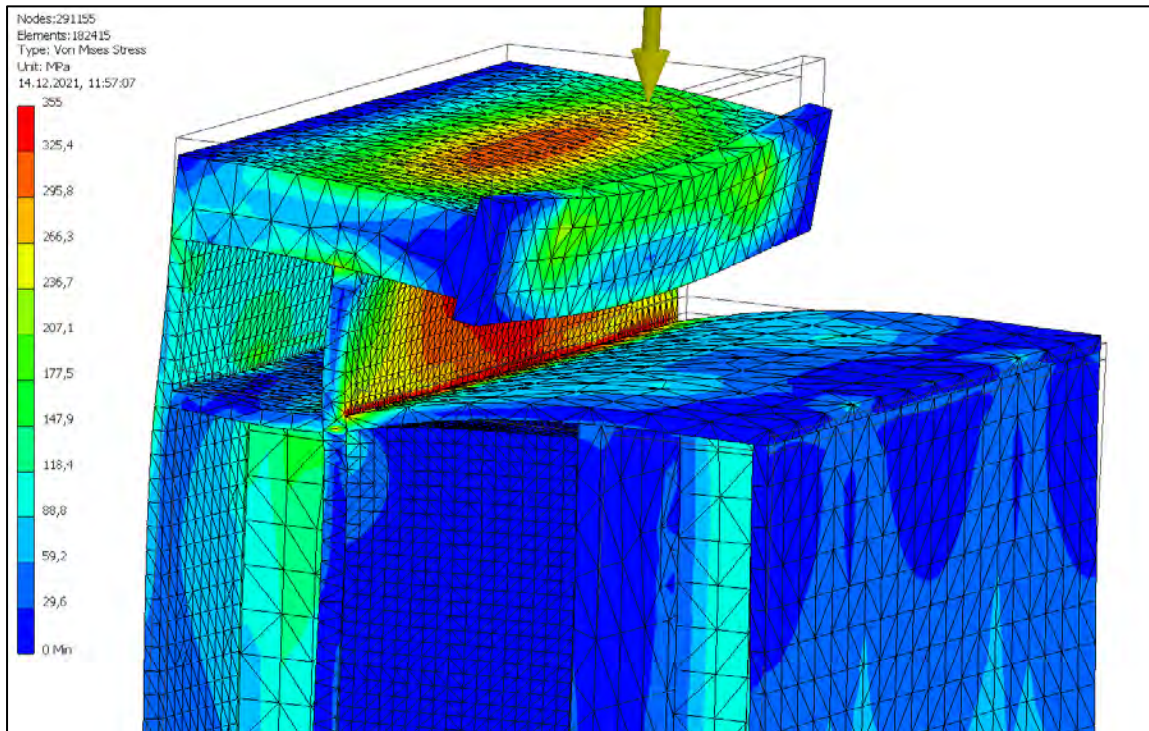


Figure 10: Stress level - steel structure

In the figure above the deformation is scaled and the gap between the concrete and steel structure is visible.

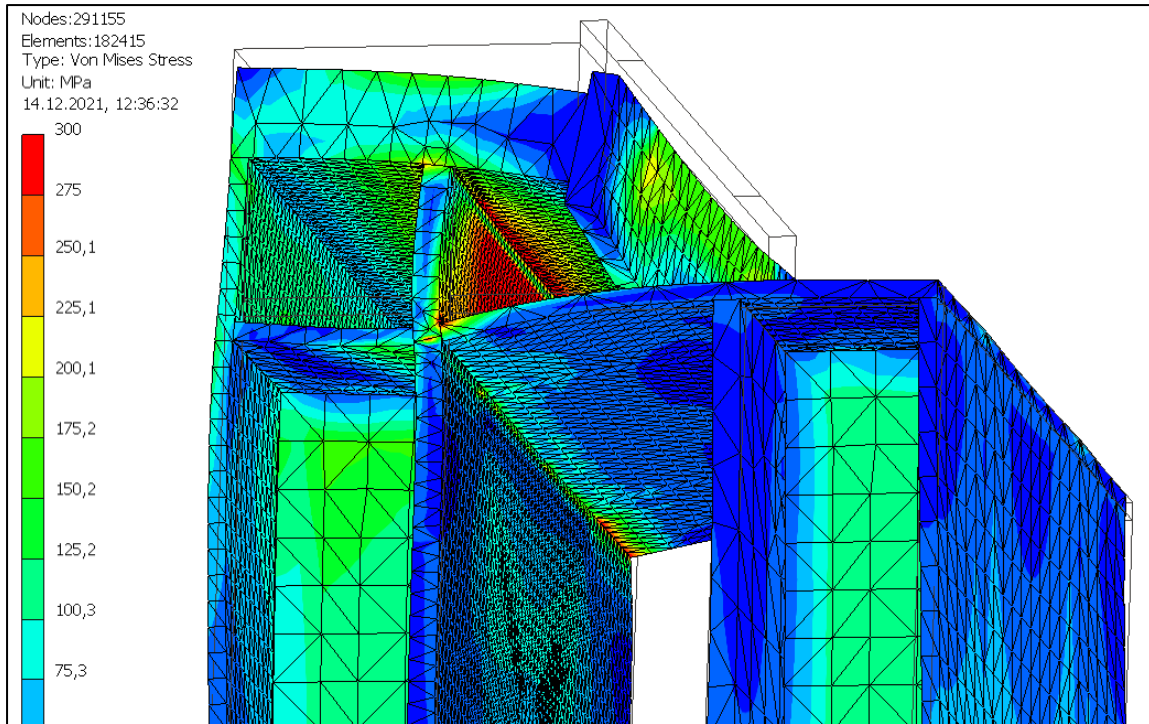


Figure 11: Stress level - steel structure

The stress level in the concrete is low except from the loaded corners. In the corners the stress level increase from a low stress level to peak value in a short distance. The concrete has a compression strength more than 80 MPa, and this calculation shows local stress level more than that.

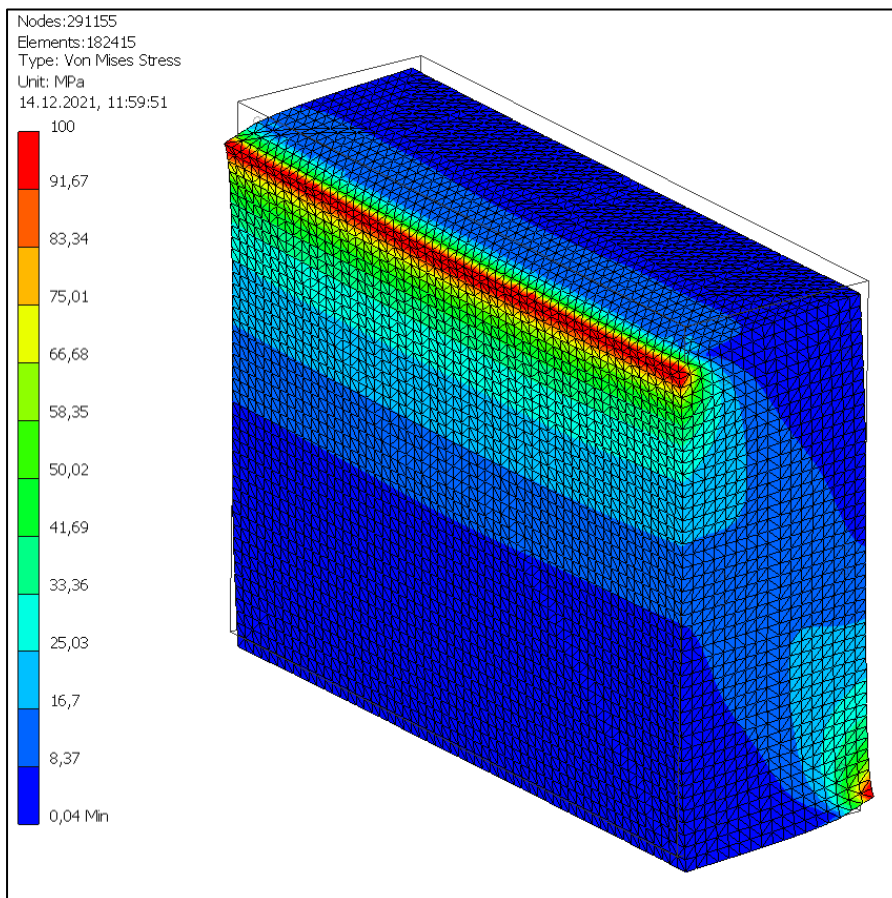


Figure 12: Stress level concrete

This indicates crushing of small volumes of concrete before the load is reached 50 tons. The design will withstand significant higher load before breakage.

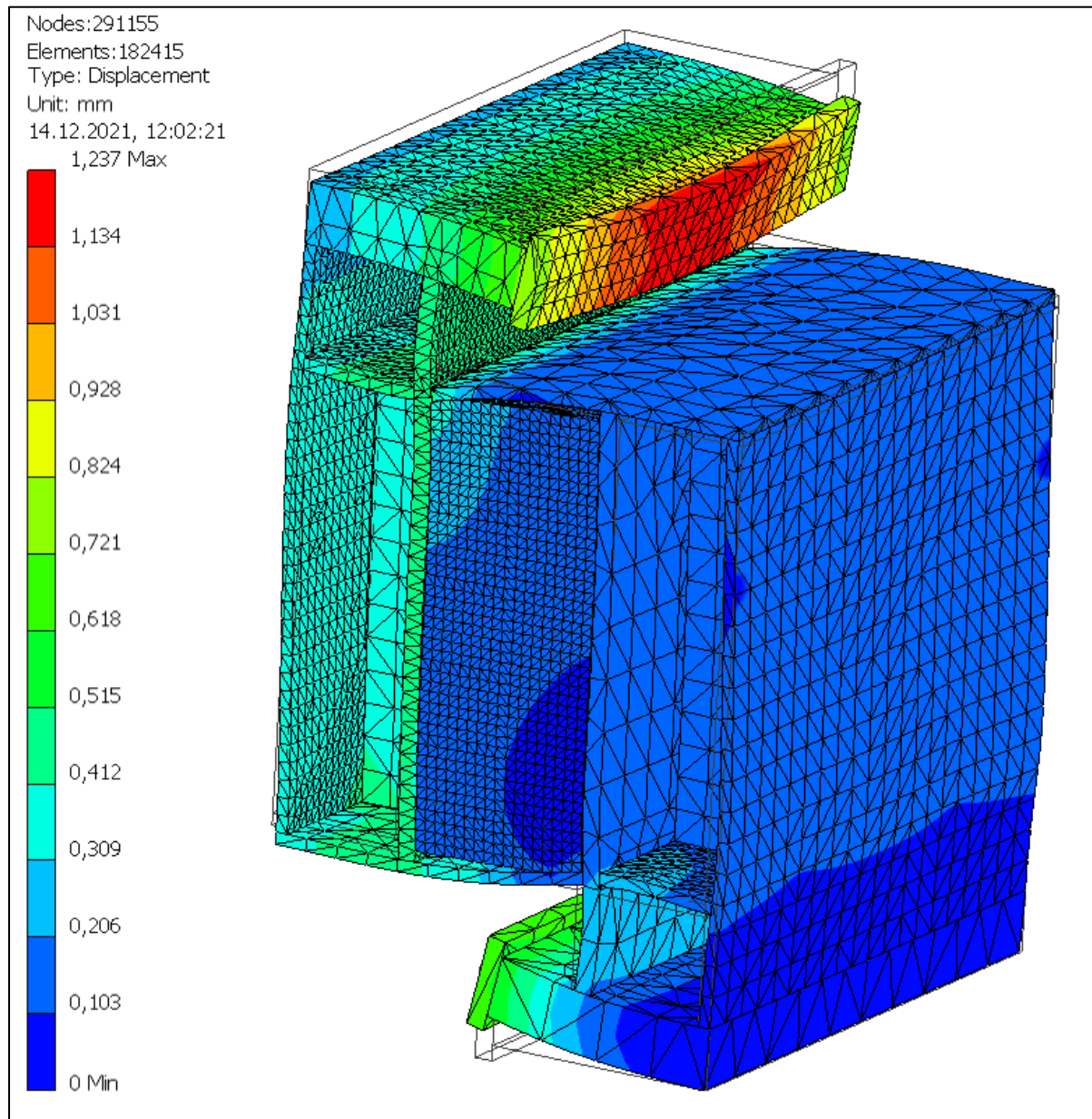


Figure 13: Deformation

The deformation at a load of 50 tons is approximate 2 mm in the calculation and 4 – 5 mm in the real test. The reason for this is considered to be material yield.

# TEST REPORT

DATE OF ISSUE : 10.12.2021

REPORT NO. : 21NO-00493OR01

Page 1 of 10

CUSTOMER : **Prodtex Industri AS**  
**Fiskåholmen**  
**6143 Fiskå**

PROJECT : **"Skjøt for sandwich brudekke"**

DESCRIPTION : **Shear testing by compression**

## IDENTIFICATION OF TEST PIECE(S):

Object : **PAK 1021 Steel structure with casting compound Mapefill N-LH.**

	Height [mm]	Depth [mm]	Width [mm]
Geometry :	<b>560</b>	<b>400</b>	<b>320</b>

Samples received: **4**  
Sampling by Kiwa: **No**

Date approved: 10.12.2021



Elin Marie Langaker, Senior Adviser

Eventual test results apply only for the tested objects.

Copying of this report is only authorised when copied in its complete form.

**Kiwa**  
Kabelgaten 2  
NO 0580 Oslo  
Norway

**Kiwa, location Rygge**  
Granheimveien 12  
NO 1580 Rygge  
Norway

**Contact:**  
Phone: +47 22 86 50 00  
E-mail: [post.norge@kiwa.com](mailto:post.norge@kiwa.com)  
VAT: NO976491696MVA

[Kiwa.no](http://Kiwa.no)

Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

Page 2 of 10

Test overview

TEST SPECIMENS:

Shear specimens:

<b>493OR01-1</b>	Dowels
<b>493OR01-2</b>	Leca 18 mm armouring
<b>493OR01-3</b>	Leca 18 mm armouring
<b>493OR01-4</b>	Leca 18 mm armouring



The four samples that were delivered.



Safe handling with forklifter.

Notes:

Test specimens and rest material will be stored for three months unless otherwise is agreed.

The test was carried out in a normal laboratory environment unless otherwise stated.

Decision rule for test results unless otherwise agreed.

Accepted / Acc. The measurement result with uncertainty (95% confidence interval) within acceptance limit.

Accepted\* / Acc.\* The measurement result within the acceptance limit, but uncertainty (95% confidence interval) measurement result may be outside acceptance limit.

# Mechanical testing



Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

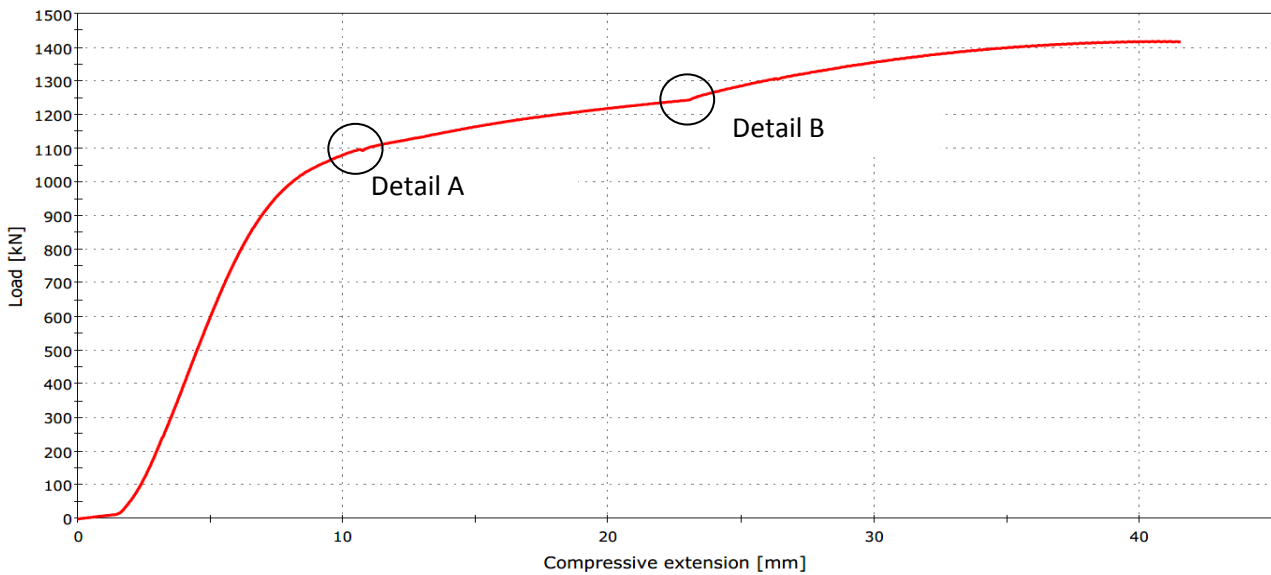
Page 3 of 10

## Shear test by compression

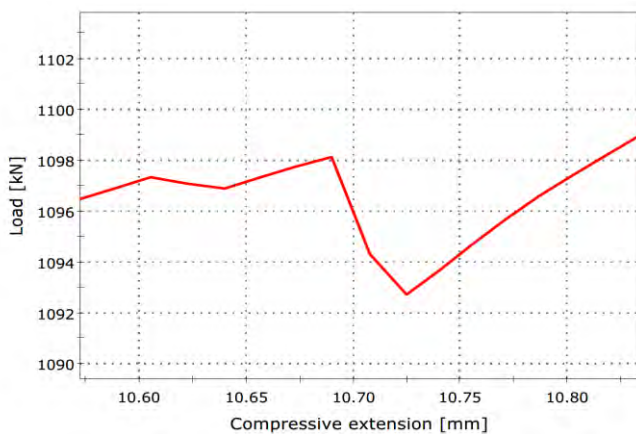
Testing machine: Instron 1500 kN

Testing conditions: 10 mm/min

Test specimens	Dimensions of test specimens [mm]			Time to shear failure sec	Load at shear failure kN	Compressive extension at shear failure mm	Failure mode	Comment
	Width	Depth	Height					
493OR01-1 (w/ dowels)	320	400	560	64	1098	10,7	Shear fracture in casting	The highest result of the four



### Detail A)



The first occurring load drop which was also detected by video recording with a clear shear fracture at the outward facing casting surface.

### Detail B)

The graph shows an increment in stiffness. This is due to the upper compression platen contacting the large flat area next to the raised edge. This phenomenon is natural because of the deformation of the sample and especially the raised edge.

### Comment:

See next page for sample setup and a good visual evidence of the casting shear failure.

Date:  
07.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen



# Test

Customer:  
Prodtex Industri AS

Type of test:  
Shear testing by compression

Report No.: 21NO-00493OR01

Page 4 of 10

## 493OR01-1 Pictures



← The sample in place before test



Deformation of the upper loading edge from the compression platen.



← The sample after test. A good visual of the shear failure in the casting.

Date:  
10.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Mechanical testing



Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

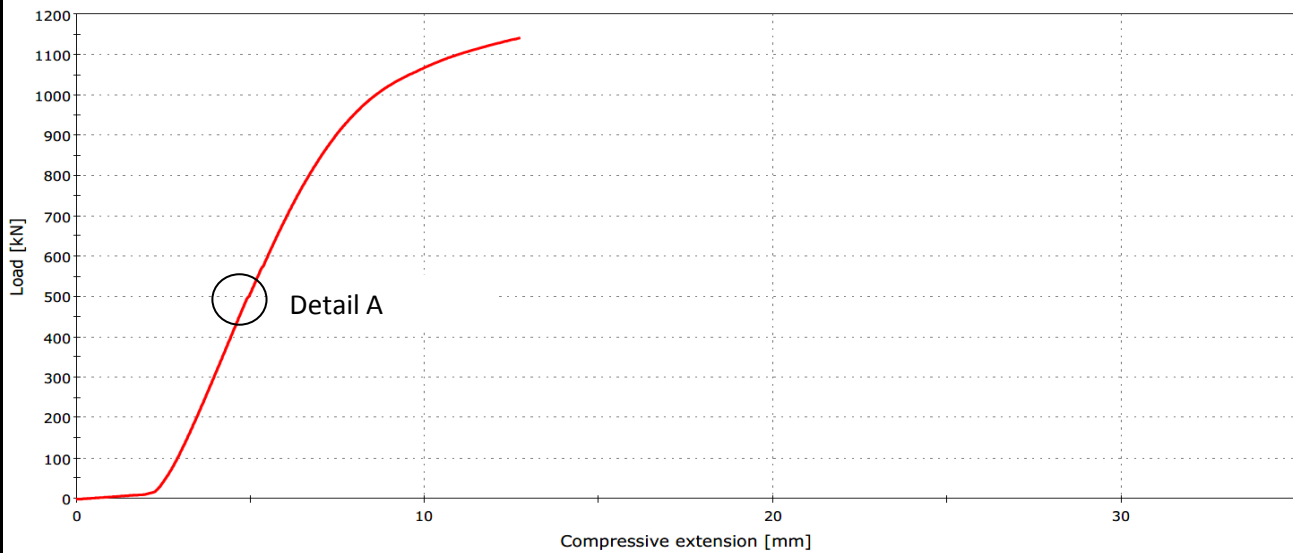
Page 5 of 10

## Shear test by compression

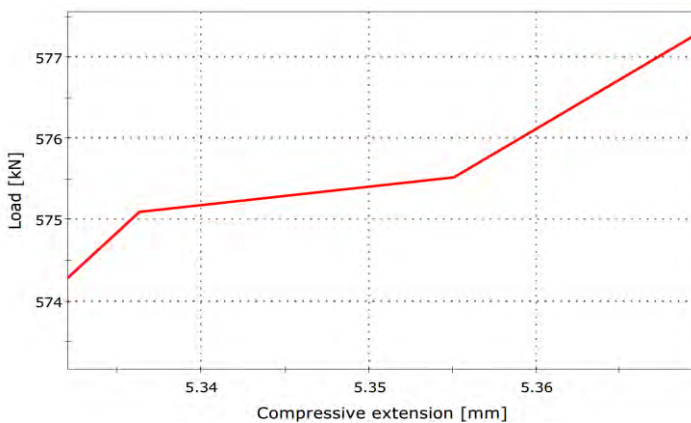
Testing machine: Instron 1500 kN

Testing conditions: 10 mm/min

Test specimens	Dimensions of test specimens [mm]			Time to shear failure sec	Load at shear failure kN	Compressive extension at shear failure mm	Failure mode	Comment
	Width	Depth	Height					
493OR01-2	320	400	560	32	575	5,3	Shear fracture in casting	



### Detail A)



### Comment:

See next page for sample setup and a good visual evidence of the casting shear failure. The casting was still in place after the shear fracture, making sure the core stiffness stays close to the same.

The first occurring load drop which was also detected by video recording with a clear shear fracture at the outward facing casting surface.

Date:  
07.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Test

Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

Page 6 of 10

## 493OR01-2 Pictures



The sample in place before test



Wooden supports were used to safely position and stabilise the sample(s) until contact with the compression platens was achieved.



The sample after test. A visual of the shear failure in the casting. Thin line from the left upper corner to the right lower corner of the casting. Not so dramatic, which mirrors the graph on the previous page.

Date:  
10.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Mechanical testing



Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

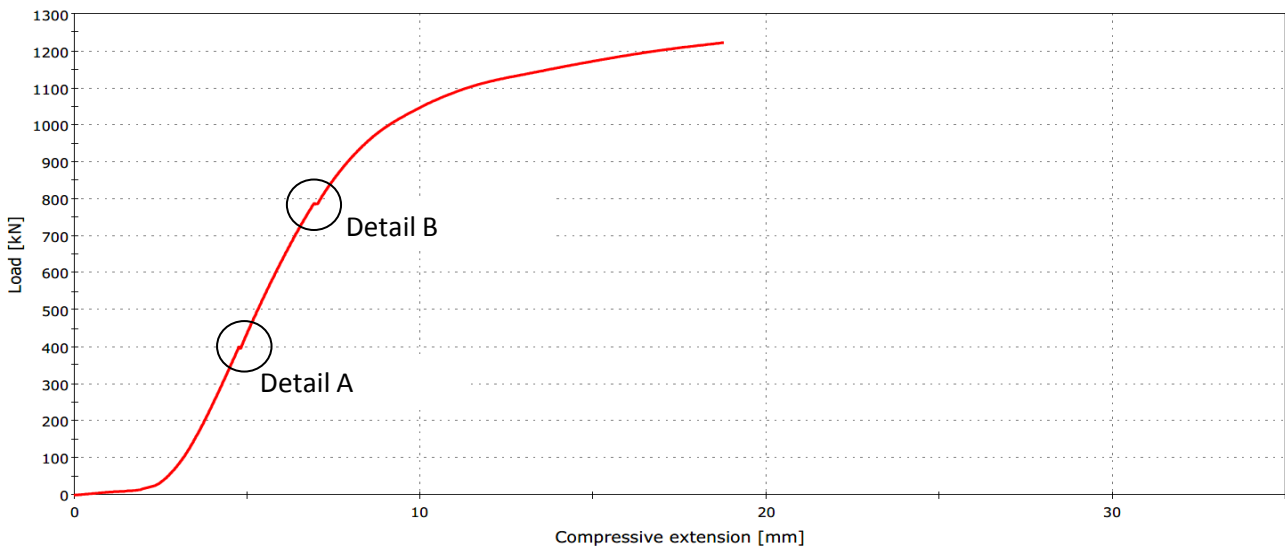
Page 7 of 10

## Shear test by compression

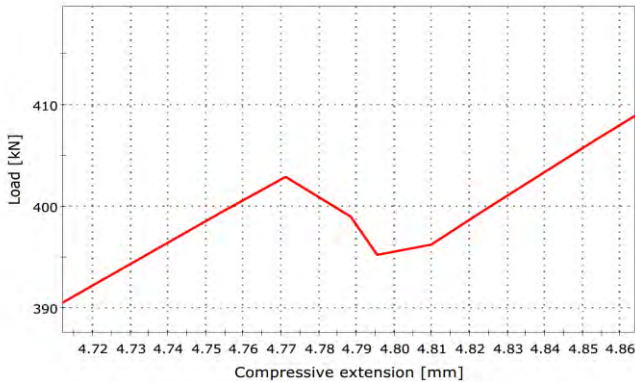
Testing machine: Instron 1500 kN

Testing conditions: 10 mm/min

Test specimens	Dimensions of test specimens [mm]			Time to shear failure sec	Load at shear failure kN	Compressive extension at shear failure mm	Failure mode	Comment
	Width	Depth	Height					
493OR01-3	320	400	560	42	790	7,0	Shear fracture in casting	

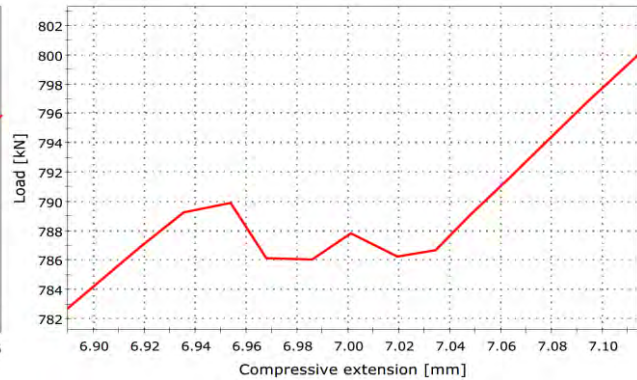


Detail A)



This drop was not detected on the outward facing surface. Difficult to conclude what this irregularity is, but it could be a particle or an unevenness that was flattened out.

Detail B)



This load drop was detected by video recording with a clear shear fracture at the outward facing casting surface.

**Comment:**

See next page for sample setup and a good visual evidence of the casting shear failure. The casting was still in place after the shear fracture, making sure the core stiffness stays close to the same.

Date:  
07.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Test

Customer:  
Prodtex Industri AS

Type of test:  
Shear testing by compression

Report No.: 21NO-00493OR01

Page 8 of 10

## 493OR01-3 Pictures



The sample in place before test



The sample after test. A good visual of the shear failure in the casting.

Date:  
10.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Mechanical testing



Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

Customer:

Shear testing by compression

Prodtex Industri AS

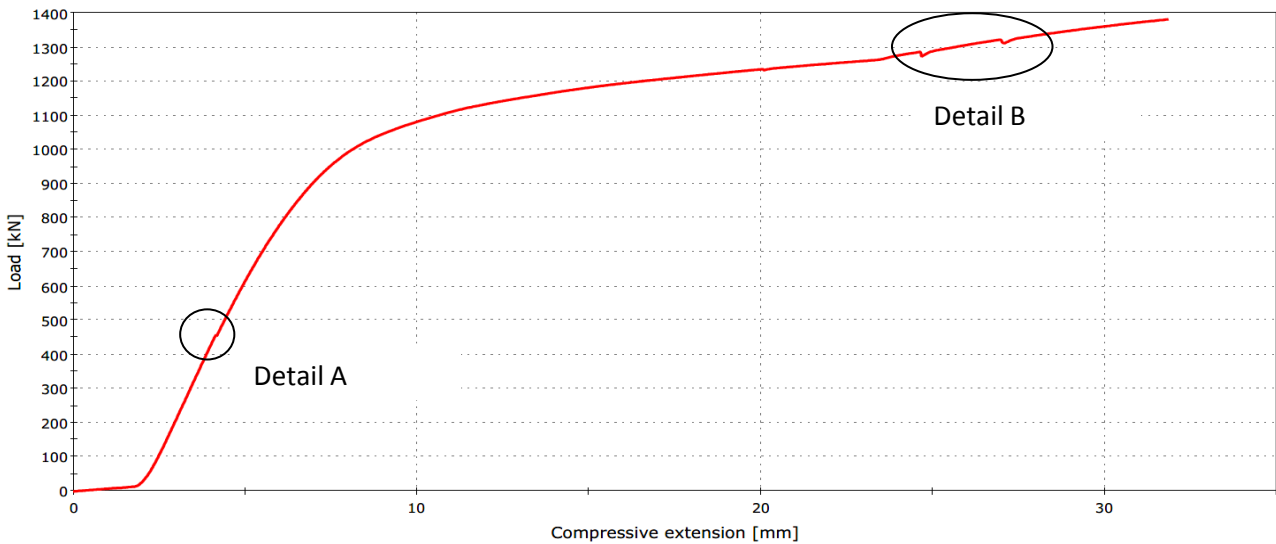
Page 9 of 10

## Shear test by compression

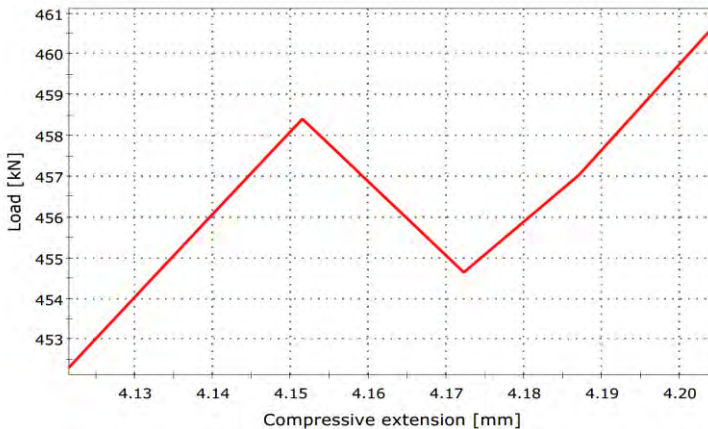
Testing machine: Instron 1500 kN

Testing conditions: 10 mm/min

Test specimens	Dimensions of test specimens [mm]			Time to shear failure sec	Load at shear failure kN	Compressive extension at shear failure mm	Failure mode	Comment
	Width	Depth	Height					
493OR01-4	320	400	560	25	458	4,2	Shear fracture in casting	



**Detail A)**



The first occurring load drop which was also detected by video recording with a clear shear fracture at the outward facing casting surface.

**Detail B)**

These drops are most likely further cracking/settlement of the casting due to the total deformation of the structure.

**Comment:**

See next page for sample setup and a good visual evidence of the casting shear failure. The casting was still in place after the shear fracture, making sure the core stiffness stays close to the same.

Date:  
07.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen

# Test

Type of test:

Report No.: 21NO-00493OR01

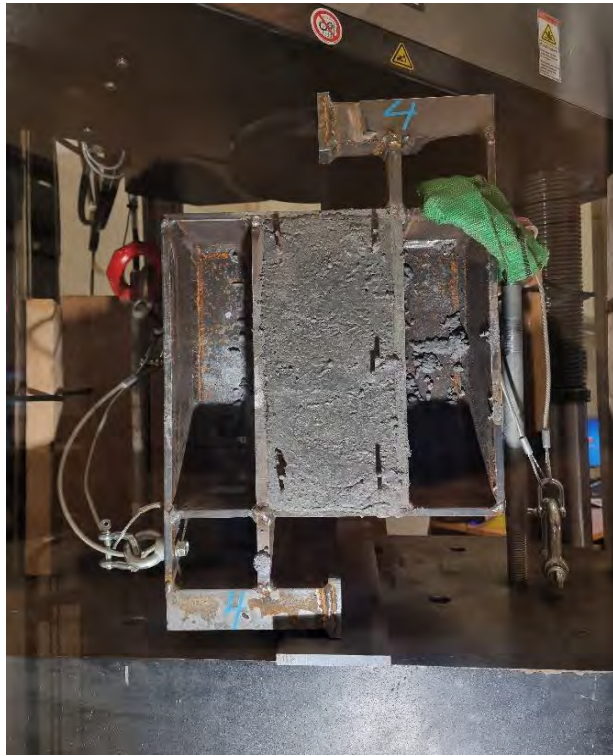
Customer:

Shear testing by compression

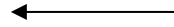
Prodtex Industri AS

Page 10 of 10

## 493OR01-4 Pictures



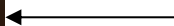
The sample in place before test



After examining the whole sample after test the rougher backward facing surface of the casting revealed the shear fracture.



The sample after test. No visual on the outward facing surface of the shear failure.



Date:  
10.12.2021

Performed by:  
Nikolai B. Andersen



STATENS VEGVESEN REGION VEST LEIKANGER KONTORSTED  
Askedalen 4 6863 Leikanger  
Norway

DNV AS Energy Systems  
Environmental Loading & Response-  
4100-NO  
Veritasveien 1

**Date:**  
2023-04-21

**Our reference:**  
1903718

**Your reference:**  
1129139-VO2 CATOR

1363 Høvik  
Norway  
Tel: +4767579900  
945 748 931

## Vedlegg til Prodtexs erfaringsrapport fra Ya bru

### Introduksjon og bakgrunn:

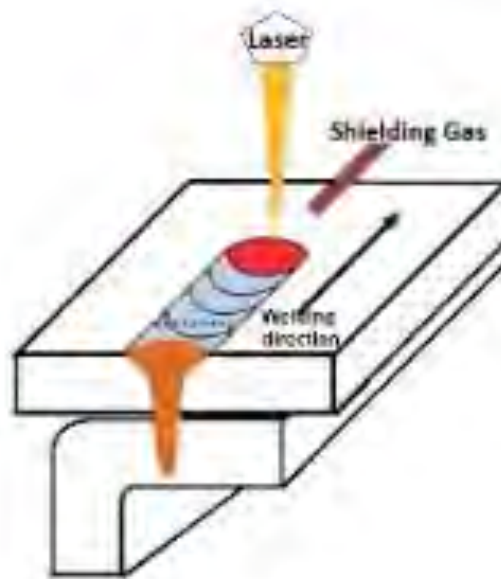
DNV har på oppdrag fra Statens Vegvesen (SVV), fulgt byggeprosessen av YA med fokus på teknologikvalifisering av lasersveising for brobygging. Denne rapporten beskriver aspekter DNV vil trekke frem som viktige i Prodtex' erfaringsrapport (Erfaringsrapport Ya-bru – Prodtex, rev 0). Hensikten med dette vedlegget er å vurdere Prodtex aktiviteter opp mot kvalifiseringsbasis, beskrevet i DNV rapport 2022-3188. DNV har ikke vært involvert i hele prosessen, men har gitt råd på områder som kvalifisering, kvalitetskontroll og kvalitetssikring av lasersveis og på kvalitetsaspekter som blir påvirket av at lasersveising er benyttet som sveisemetode. Rapporten er derfor begrenset til disse aspektene, og ment å leses i sammenheng med Protex erfaringsrapport for Ya bru.

### Kvalifisering av sveiseprosedyre:

I tillegg til sveiseprosedyrene fra Frønesbrua ble det for Ya kvalifisert en såkalt lapweld konfigurasjon for å kunne sammenføre en knekt stiver til en plate fra utsiden, se Figur 1. Fordelene med denne sveisekonfigurasjonen er at det muliggjør lukking av kasser og paneler fra utsiden, uten utfordringer med tilkomst. Utfordringer med det er at det er en ukjent sveiseform i beregninger av styrke, og at det gir utfordringer med inspeksjon / NDT.

Lapweld ble kvalifisert i henhold til EN ISO 15609-4/EN ISO15614-11, med akseptable resultater. Slagprøver ble testet ved -50°C, for å teste sveisen til samme temperatur som grunnmaterialet ble testet ved og prosedyren kan anses å være kvalifisert ved temperaturer ned til -50°C. Spesielt uklarhet rundt metodikk og kriterie for hardhetsmåling ble diskutert i prosjektet. Normale sveiseforbindelser i stål testes gjerne med 10kg Vickers hardhet (HV10), men på grunn av smal varmepåvirket sone i lasersveising ble 5kg benyttet (HV5) med et kriterie på maks 380HV5. Kriteriet ble økt fra 325HV som er basiskriteriet i Håndbok R762 til 380HV, i tråd med ISO 15614-14 og DNV-CG-0287 – standarder for bruk av laser hybrid sveising, på basis av at sveiseprosessen har en svært høy grad av kontroll og automatisering. Det ble diskutert i prosjektet om også bruk av 5 kg er for høyt for hardhetsmåling av lasersveising, men DNV anser HV5 som etablert for kvalitetskontroll av lasersveis i et produksjonsmiljø, selv om også HV1 ofte benyttes i forskningslitteraturen. Sveisekvalifiseringen gav resultater under 380 HV5.





**Figur 1 Prodtex tegning av lapweld konfigurasjon**

Et testprogram ble designet for å redegjøre for styrken i lapwelden, og et utmattingsprogram ble designet for å undersøke utmattingsstyrken i panelene. Dette arbeidet ble ledet av SINTEF. DNV gjorde en tredjeparts vurdering av metodikk for styrkeberegning på lapwelds, basert på testresultatene, beskrevet i Teknisk memo 1865953 til SSV, datert 2023-03-13.

#### **Ikke-destruktiv prøving (NDT) og omfang:**

Det ble ikke utført volumetrisk ikke-destruktiv prøving (NDT) på lasersveiser eller laser-hybridsveiser på Ya bru. Sveisegeometriene, t-forbindelse og lap-weld, gir svært vanskelige forhold for ultralydprøving (UT) og radiografisk prøving (RT).

På grunn av dette, og fremgang i prosjektet måtte t-forbindelsene anses som kilsveiser, selv om sveiseprosessen i realiteten har mye større gjennombrenning enn en vanlig kilsveis – muligens opp mot full gjennombrenning. Sveiser med full gjennombrenning skal etter Håndbok R762 testes med UT, under antagelsen at sveiser med full gjennombrenning også ser større spenninger. Siden gjennombrenning er en generell effekt av sveiseprosessen, og dette ikke blir tatt med i design, vil man dermed få en god sikkerhetsmargin selv om sveisen ikke inspeseres med ultralyd. Det ligger likevel en begrensning i bruken av teknologien i det at det er en utfordring å ha full utnyttelse av sveisens innbrenning ettersom volumetrisk inspeksjon er vanskelig. Som kilsveis var det kun spesifisert overflate NDT på t-forbindelsen.

For lapweld ble det også benyttet en kontrollklasse som kun spesifiserte overflateinspeksjon. For denne sveisetypen er det likevel mulig å oppdage manglende innbrenning som en visuell indikasjon i sveiseråk. Dette er fordi et potensielt luftrom mellom de to platene vil gjøre at flytende metall flyter inn mellom de to platene i stedet for å holde smeltebadet oppfylt for sammenføring, og gi en grop i sveiseråk. Andre volumetriske feiltyper vil være vanskelig å oppdage, så basert på arbeidet i dette prosjektet har man kun vist at visuell inspeksjon og overflate NDT er egnet på denne typen forbindelse.

DNV besøkte Protex i løpet av prosjektet for å vurdere utførelsen av spesifisert NDT (VT og MT). Prodtex egne testresultater viste at de i begynnelsen av produksjonsløpet hadde indikasjoner, men at de ved å justere på prosessen

kunne unngå at dette fortsatte. DNVs inspektører fant ikke uakseptable indiksjoner i laser og laser-hybrid sveisene i løpet av sine besøk til prodtex. Det ble likevel identifisert noen utfordringer knyttet til utførelse av NDT, summert for følger:

- Det ble påpekt at arbeidsstilling og verneutstyr i produksjonshallen gjør utførelse av VT og MT vanskeligere. Lasersveising muliggjør geometrier som med trangere rom, men dette gir igjen utfordringer med klargjøring av overflater (fjerning av støv og sveisesprut), og tilkomst med inspeksjonsutstyr og synsvinkel.
- Fordi inspeksjon gjøres i produksjonshallen hvor det også pågår lasersveising må NDT operatørene også ha på seg spesielle vernebriller. Det er strenge krav til syn og fargede glass for VT og MT operatører i kvalifikasjonsstandarden ISO 9712, og det ble poengtert ovenfor Prodtex at inspeksjonsforhold også må tas i betraktning.
- Stor hastighet i produksjonslinjen for sveiste paneler gjør at inspeksjonsaktiviteten ble en flaskehals. På generelt grunnlag har dette en effekt på inspeksjonskvalitet fordi personene som jobber med kvalitetskontroll ser et økt press på hastighet.
- Prodtex er en leverandør i vekst og har relativt få enkeltpersoner i forhold til antall roller. Som følge av dette foretok Prodtex en endring i organisasjonsstrukturen for å reflektere uavhengighet til personell som jobber med kvalitetskontroll.


De 4 punktene er alle relatert til at sveiseteknologien og automatisering muliggjør en høy produktivitet, og at Prodtex derfor må ha en kontinuerlig vurdering av hvordan dette påvirker manuelle steg i produksjonen og kvalitetskontrollen.

En av de identifiserte mulighetene med lasersveising og laser hybridsveising er at på grunn av økt kontroll over prosessene sammenlignet med manuell sveising kan man argumentere for at det er lavere sannsynlighet for utilsiktede/tilfeldige sveisedefekter og dermed vil det være tryggere å redusere omfang av NDT for denne sveiseprosessen enn det vil være for manuelle sveiser. NDT resultatene fra produksjonen støtter denne hypotesen ved at det ble identifisert en del defekter i begynnelsen av prosjektet, og at disse problemene forsvant med justeringer i prosessen. Sveisedefekter som følge av systemsvikt kan fortsatt være mulig, så fjerning av NDT helt vil ikke være mulig, men mer data burde hentes inn i kommende prosjekter for å videre støtte og bevise at omfang av NDT kan justeres basert på økt konfidens i prosesskontroll.

### **Konklusjon:**

Prodtex viser i ya bru prosjektet at de kan levere sveiste konstruksjoner med lasersveiser i høy kvalitet, med egenskaper som er i tråd med Håndbok R762 og gjeldende standarder. Funn gjort i løpet av prosjektet anses å støtte opp om teknologiens kapabilitet som beskrevet i kvalifiseringsbasis, DNV rapport 2022-3188.

Med vennlig hilsen  
for DNV AS



Stian Saltnes Gurrik  
Senior Engineer

Direct: +4797018189  
Stian.Gurrik@dnv.com



Tone Hasle  
Principal Engineer

Direct: +4790147508  
Tone.Hasle@dnv.com



Statens vegvesen  
Pb. 1010 Nordre Ål  
2605 Lillehammer

Tlf: (+47) 22 07 30 00

[firmapost@vegvesen.no](mailto:firmapost@vegvesen.no)

ISSN: 1893-1162

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

**Tryggere, enklere og grønnere reisehverdag**