

2020:00494 - Åpen

Rapport

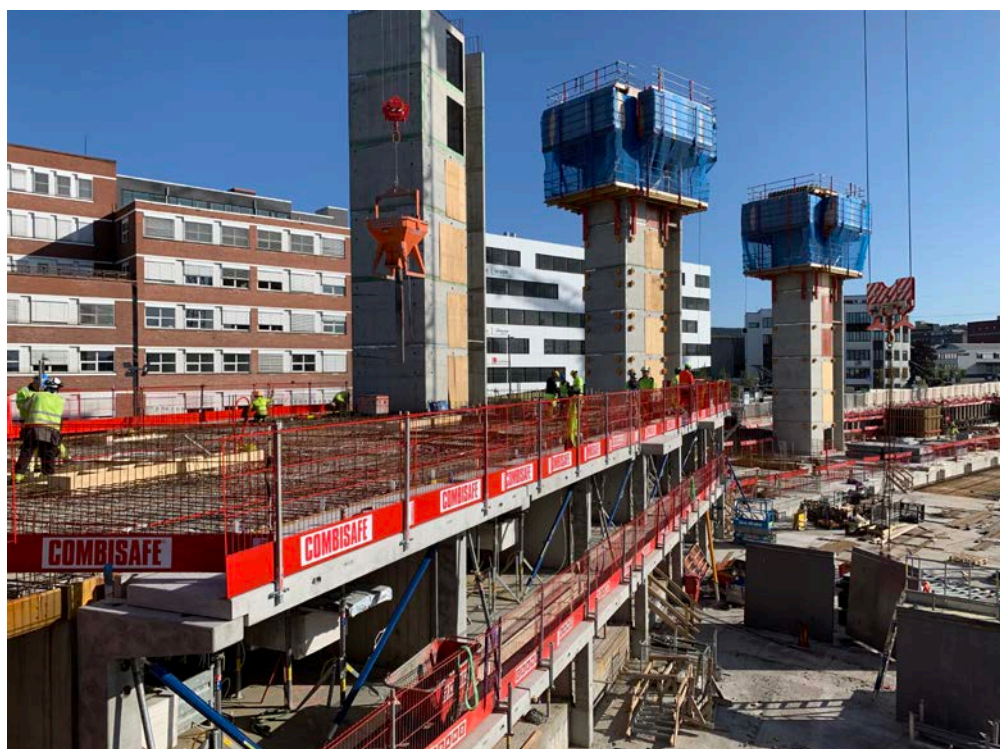
SiteCast: Demonstrasjonsprosjekter

Forfatter

Andreas Sjaastad (Veidekke)

Broska Karim (Veidekke)

Yannick Anton (SINTEF)



SINTEF Community

Postadresse:
Postboks 4760 Torgarden
7465 Trondheim

Sentralbord: 40005100

info@sintef.no

Foretaksregister:
NO 919 303 808 MVA

Rapport

SiteCast: Demonstrasjonsprosjekter

EMNEORD:

VERSJON

1.0

DATO

2023-09-18

FORFATTER(E)

Andreas Sjaastad (Veidekke)
Broska Karim (Veidekke)
Yannick Anton (SINTEF)

OPPDRAGSGIVER(E)

SiteCast
NFR-prosjekt 282236

OPPDRAGSGIVERS REF.

Espen Martinsen
Celsa Steel Service AS

PROSJEKTNR

102018294-3

ANTALL SIDER:

53

SAMMENDRAG

Prosjektet SiteCast skal utvikle løsninger og arbeidsprosesser for byggeprosjekter der betongkonstruksjoner utføres på byggeplass, med mål om å redusere tidsbruk og kostnader. Partnerne i prosjektet er Celsa Steelservice (prosjekteier), Veidekke, Unicon, Peri, AFRY og SINTEF.


Denne rapporten gir en beskrivelse av demonstrasjonsprosjektene som har vært brukt og oppsummerer de erfaringene som er gjort i disse prosjektene når det kommer til løsninger for en mer effektiv og kostnadsreducerende betongproduksjon.

Det er også skrevet en egen sluttrapport som oppsummerer mange av de andre aktivitetene vi har hatt i prosjektet, SINTEF rapport 2023:00633.

UTARBEIDET AV

Andreas Sjaastad

SIGNATUR


Andreas Sjaastad (Sep 18, 2023 13:15 GMT+2)

KONTROLLERT AV

Gunrid Kjellmark

SIGNATUR


Gunrid Kjellmark (Sep 19, 2023 09:38 GMT+2)

GODKJENT AV

Vibeke Nossum

SIGNATUR



RAPPORTNR

2020:00494

ISBN

978-82-14-06520-6

GRADERING

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	2023-08-30	Endelig rapport

Forord

Prosjektet SiteCast adresserer utfordringene med plasstøpte konstruksjoner gjennom innovasjon i materialer (armerings- og forskalingsløsninger og betongsammensetning), arbeidsprosesser (koordinering, simulering og optimalisering av fremdrift på byggeplass (BIM4D)) og produkt (bygget eller anlegget som leveres). Dette gjøres gjennom å:

1. Utvikle armerings-, material- og forskalingsløsninger som krever mindre tidsbruk på byggeplass og kunnskapen som i dag besittes av fagarbeiderne bygges inn i materialene, armerings- og forskalingsløsningene.
2. Utvikle nye arbeidsprosesser i planlegging og gjennomføring av prosjektene, inkludert fremdriftsplanlegging under usikkerhet og modell for fremdrift understøttet av sanntids datafangst fra byggeplassen, og simuleringer i forkant for optimalisering av støpearbeidene.
3. Utvikle konsepter for merverdi gjennom integrering av sensorikk i den plasstøpte konstruksjonen.

Prosjektet er unikt i den forstand at det spesifikt retter seg mot forbedring og utvikling av en byggemetode, plasstøping av betong, og tilknyttede arbeidsprosesser. Gjennom et samarbeid mellom forskningsmiljøer og ledende bedrifter i hele verdikjeden, utvikles innovative, målrettede og kostnadseffektive løsninger.

Nye modeller for samhandling mellom to eller flere av aktørene med mål om store positive effekter på tidsforbruk og kostnader identifiseres, simuleres og kvalitetssikres sammen med forskningsmiljøene og dokumenteres i demonstrasjonsprosjekter. Nødvendig tilpasning til disse nye samarbeidsløsningene av de øvrige leverandørene skjer på samme måte; identifisering av beste tilpasning, simulering og kvalitetssikring før testing i praksis.

Prosjektet adresserer flere forskningsutfordringer:

1. Byggeprosess
2. Læring, kunnskapshåndtering og forbedring
3. Materialteknologi
4. Integrering av verdi og verdirealisering

Kjersti Berntsen
Prosjektleder – SiteCast
Celsa Steelservice AS



Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	5
2	Ulvenparken	6
2.1	Ulven: Mange fronter og stor produksjon.....	7
2.2	Hva er kunsten?.....	7
2.3	Utfordringer for betongleverandøren.....	8
3	Vollebekk	9
3.1	Vollebekk: Forutsetninger for en god betongdrift	9
3.2	Taktplanlegging	10
4	Middelthunsgate 17 (M17)	11
4.1	Utfordringer i produksjonen under en pandemi.....	11
4.2	Prefabrikkert armering.....	13
5	Nye Lilleby	14
6	Oksenøya Skole	16
7	Ruseløkka Skole	18
8	UDK01 - Bergtunnel	20
8.1	Utfordringer og løsninger.....	20
9	UDK02 - Kulvert i åpen byggegrop	22
9.1	Løsmassetunnelen.....	22
9.2	Utfordringer i anleggsperioden	22
9.3	Utfordringer og løsninger.....	22
9.4	Maturix og optimalisering av fremdrift	22
9.5	Eksterne vibratorer på forskalingen.....	23
9.6	Vegger og dekke støpt i samme etappe	24
9.7	Støpetrykk	25
9.8	Planlegging av støpehastighet.....	25
9.9	Måling av støpetrykk:.....	27
10	Mosetertoppen – besparelser med alternativ armering	29
11	Øvre steinaunet BB1: Karbonoptimalisering av betongkonstruksjoner i boligblokk	30
12	Kattås Rentvannsbassenger	31
13	Nedre Semb Låve	37
14	Ulven – Veidekkes nye hovedkontor – ekstrem lavkarbonbetong med resirkulert tilslag	39
15	Ulven – Dagglid	45
15.1	Dagglid på Ulven B4	45
15.2	Ukeglid på Ulven D1a	47
15.3	Samlet erfaring glid Ulven	50
16	Materialbesparelse boligblokker	51
17	Måløy Skipsvern	52

1 Bakgrunn

Demonstrasjonsprosjektene er i hovedsak å anse som prosjektets levende "laboratorium". Innledningsvis var utbyggingsprosjektene *Frysjaparken* og *Vollebekk* identifisert som demonstrasjonsprosjekter i SiteCast. Begge disse prosjektene bestod av blokk/leilighetsbebyggelse i flere trinn med tilnærmet like bygg, noe som gjorde dem godt egnet til å være demonstrasjonsprosjekter.

Året 2020, og spesielt våren, medførte imidlertid store utfordringer med å få gjennomført det planlagte arbeidet på demonstrasjonsprosjektene. Dette skyldte Covid-19-pandemien og de strenge smitteverntiltakene som ble innført i hele landet. Vi fikk ikke tilgang til byggeplassene i de periodene betongarbeidene ble utført, og fikk dermed ikke gjennomført de planlagte forsøkene og målingene. På grunn av dette har vi stadig måtte utvide antall demoprojekter, og vi har måttet endret litt fokus i prosjektet. Det er benyttet flere uplanlagte muligheter som har dukket opp, i stedet for å kun følge planen, dette for å få mest mulig ut av SiteCast, på grunn av meget vanskelige forhold under den 2 år lange pandemien.

Frysjaparken ble ikke med i prosjektet, men vi tok med mange andre: *Ulven* ble valgt på grunn av at prosjektet har høye ambisjoner for kostnadsreduksjon, mens *Middelthunsgate 17 (M17)* ble valgt fordi det er en svært trang byggeplass midt i et boligområde som krever nye løsninger for effektiv materialflyt, samt at det er et konkret mål om å redusere antall løft med kran betydelig. Begge disse prosjektene krever at man tenker utenfor boksen for å oppnå en tids- og kostnadseffektiv byggeprosess. *Øvre Steinaune BB1* ble valgt fordi den følger trenden til byggherrer, med mye høyere miljøambisjoner, som setter krav til betong, som påvirker fremdriften til bygging, det samme gjaldt *Veidekkes nye hovedkontor på Ulven*, og *Nedre Semb låve*. *UDK01*, *UDK02* og *Kattås* ble valgt fordi det er store prosjekter med mange repeterende/like betongarbeider og høye miljøambisjoner, der optimalisering var viktig, spesielt fordi miljøambisjonene påvirker valg av produkter og løsninger. I tillegg har vi tatt med erfaring fra noen andre prosjekter.

Denne rapporten gir en oversikt over de prosjektene vi har brukt som demonstrasjonsprosjekter i SiteCast og forklarer hvorfor vi har valgt de enkelte prosjektene. Videre er det gitt en oppsummering av viktige funn i demonstrasjonsforsøkene. Det er i rapporten henvist til flere notater som går mer i detalj på det arbeidet som er utført i demoprojektene.

I beskrivelsen av hvert prosjekt er det forsøkt å besvare følgende:

- Hva er spesielt med demoprojektet mtp. betongproduksjon og hva ønsket vi å se på i SiteCast.
- Hva gikk bra i demoprojektet?
- Hva gikk ikke så bra? - Hvor så vi forbedringspotensial ved utførelsen?
- Hva lærte vi av prosjektet? Noe som skal videreføres/overføres til et framtidig prosjekt?

2 Ulvenparken

Ulvenparken er et byggeprosjekt i Oslo-området, hvor OBOS som byggeherre har planlagt en helt ny bydel med ca. 3000 nye boliger, ti minutter med t-banen unna Oslo sentrum. Spesielt med Ulven er at det ble etablert et nytt selskap, sammensatt av entreprenør-, arkitekt- og rådgiversteam med en fundamentert boligkompetanse i bransjen. Selskapet, Team Veidekke DA gikk inn som totalentreprenør for utbyggingen. I SiteCast har vi sett på flere av byggetrinnene i Ulvenparken.

I Ulvenprosjektet lyktes det spesielt med modulisering og standardisert taktproduksjon. Den utstrakte bruken av prefabrikkerte elementer har påvirket hvordan produksjonen har vært organisert og ført til endrede prosesser. Blant annet har de tatt i bruk prefabrikkerte yttervegger, noe som er relativt nytt i Veidekke. Ytterveggene settes inn allerede i råbyggfasen, noe som gir et tettere råbygg enn de er vant med. Dette har åpnet for massiv inntransport av gips, stendere, vinduer og balkongdører allerede under oppføring av råbygget. Dette løser en del lagrings- og logistikutfordringer, samt at man kommer tidligere i gang med innvendige arbeider. Selve monteringen av ytterveggene er også nytt, og Veidekkes egne fagarbeidere har måtte tilegne seg ny kompetanse, skaffe erfaring og deretter forbedre arbeidsprosessene.



Figur 2-1: Ulvenparken arkitekturmodell og utklipp plantegning (bilde: Veidekke)

2.1 Ulven: Mange fronter og stor produksjon

På byggeplassen ble det benyttet forskjellige betongresepter og -kvaliteter for de ulike konstruksjonsdelene som vegg, dekke, søyle etc. Nedenfor er listet noen nøkkelfaktorer i prosjektet, med innvirkning på produksjonen:

- Klatring av sjakter ble optimalisert med betongresept som hadde veldokumentert fasthetsutvikling, sammen med sanntids oppfølging med sensortechnologi, var det ingen usikkerhet på når sjakten kunne klatres videre oppover.
- Støping av bunnplate ble gjort i større seksjoner, som kuttet antall støpedager
- Boligproduksjon på 1/3 av bygget (vegger, dekker, teknisk)
- Støping av søyler
- Støping av dekke over kjeller (spennarmert over parkeringsdel)
- 55-60 arbeidere jobbet samtidig på byggeplassen
- Ca. 11 000 kvm gulvareal
- I snitt var det 40-50 kubikk betongstøp per dag
- Flere tårnkraner ble brukt og måtte koordineres

Mange elementer skulle tas imot og monteres, her var det viktig med mottakskontroll for å sjekke at ingen av elementene var skadet:

- Balkonger
- Trapper
- Balkongkneker
- Plattendekker
- Bad
- Ytterveggselementer

Andre elementer som krevde plass, lagring og håndtering:

- Inntransport
- Stål, gips, vinduer
- Krankapasitet er en kritisk faktor.

2.2 Hva er kunsten?

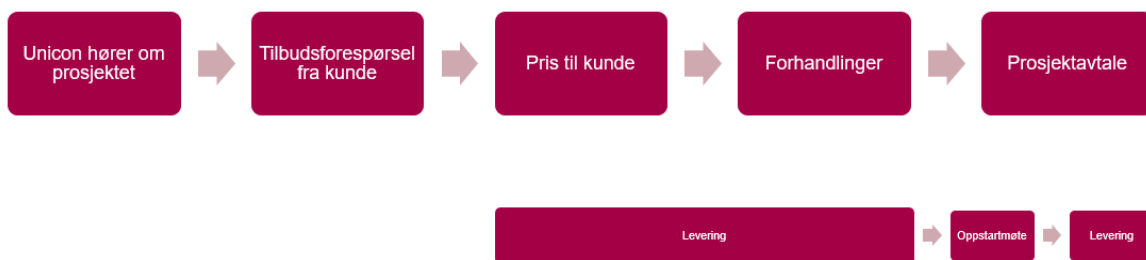
Noe av grepene/tiltakene som er gjort på Ulven har bidratt til at prosjektet ble en suksess, som også har påvirket "standardiseringsarbeidet" i Veidekke Bygg, blant annet:

- Puslespillet ute på byggeplassen – mest mulig utnyttelse av folk og utstyr
- Minst mulig venting på biler (leveranser og koordinering av lossing, lagring og bruk)
- Beregne riktige mengder/antall biler
- Fleksibilitet i begge ender
 - Hvis vi lar være å mase, tåler biler å vente og vi får høy prioritet.
- Dynamisk tilnærming til betongdrift
 - Flere fronter og full produksjon er bedre enn en front som skal gjøre seg ferdig før man begynner på neste.
 - Lange strekk med først binde jern, så forskale, deretter å støpe og avforskale. I stedet for kortere/mindre strekk som bryter opp arbeidsmønster og jevn produksjonshastighet man kommer inn i etter å ha gjort samme arbeidsoperasjon en stund.
- Ulven var tidlig ute med prisforespørsel fra leverandører.
- Prosjektavtale og "oppstartsmøte betong" var i boks i god tid før oppstart av leveringene.

- Prosjektorganisasjonen på byggeplass kjente teamet som priset og planla arbeidene på Ulven og deres prosjekter er “alltid godt planlagt” og dermed ingen “armer og bein” i oppstartsfasen. Dette var viktig for å få en god start og trivelig stemning på prosjektet.
- Det virker ofte som om det er personavhengig om støpene er godt planlagt eller ikke, mer enn hvilket firma/underentreprenør det er.

2.3 utfordringer for betongleverandøren

Figur 2-2 illustrerer en typisk utfordring for betongleverandøren til prosjektet, nemlig at betongleverandøren kommer sent inn og må starte levering av betong før alle avtaler er på plass. Det gir noen utfordringer med planlegging og leveranser. Dette har Unicon erfaring med fra mange prosjekter.



Figur 2-2: Vanlig bestillings- og prosjektprosess hos betongleverandøren

Figur 2-3 viser en ideell prosess for betongleverandøren, hvor de kommer tidlig inn i prosjektet og får bedre mulighet til å planlegge en god leveranse til kunden, både med tanke på betongkvalitet og leveransetakt.



Figur 2-3: Ideell bestillings- og prosjektgjennomføringsprosess hos betongleverandøren

Noen kjente utfordringer:

- Oppstartstidspunktet for en støp utsettes fordi byggeplassen ikke er klar med forskaling eller armering.
- Det er ingen mottakskontroll (NS-EN 13670).
- Kunden signerer ikke på følgeseddel fordi ingen er til stede på leveringsstedet.

3 Vollebekk

På Vollebekk skal det bygges til sammen 800 nye boliger i flere byggetrinn. Byggetiden på trinn 1 var 22 måneder. Flere boligblokker er fordelt på 4-6 etasjer hver som omgir et gårdsrom. Under byggene og gårdsrommet er det kjeller med boder og parkering.

Prosjektet utføres for OBOS og er utviklet i samarbeid med dem. Det inngår som det første av i alt sju planlagte byggetrinn hvor et stort industriområde skal utvikles til en ny bydel med grøntområder, torg, gågater, parker og møteplasser. Innflytting i det første trinnet skjedde i 2019. Parallelt med byggingen og som del av prosjektet inngår infrastruktur med veier, gatetun, nye tekniske anlegg og omlegging av eksisterende anlegg under bakken.



Figur 3-1: Illustrasjon Vollebekk (bilde: Veidekke)

3.1 Vollebekk: Forutsetninger for en god betongdrift

Det er flere faktorer som må være på plass for å starte og opprettholde en god betongdrift. Det starter alltid med god planlegging og at riktig personell er med fra starten av

- Forutgående arbeid:
 - Grunn, sprengning, peling og spunting. Viktig med tett og godt samarbeid med grunn, så betongarbeidene kan planlegge sin oppstart.
- Ytre forhold:
 - Vær. Temperatur (kulde) og luftfuktighet (regn) påvirker herdeprosessen og dermed hastigheten i produksjonen
 - Godkjenninger. For eksempel IG råbygg
- Informasjon:
 - Prosjektert grunnlag fra RIB må være ferdig i god tid i forveien for at armering, forskaling og innstøpningsgods ikke skal måtte gjøre endringer rett før støpearbeidene.
- Materialer:
 - Betong, armering, bærestål, forskaling og prefabrikkerte betongelementer
- Utstyr:
 - Kran, forskalingslementer, sikringsutstyr, byggestrøm, provann, sagecontainer, håndverktøy, presenninger, fying m.m.

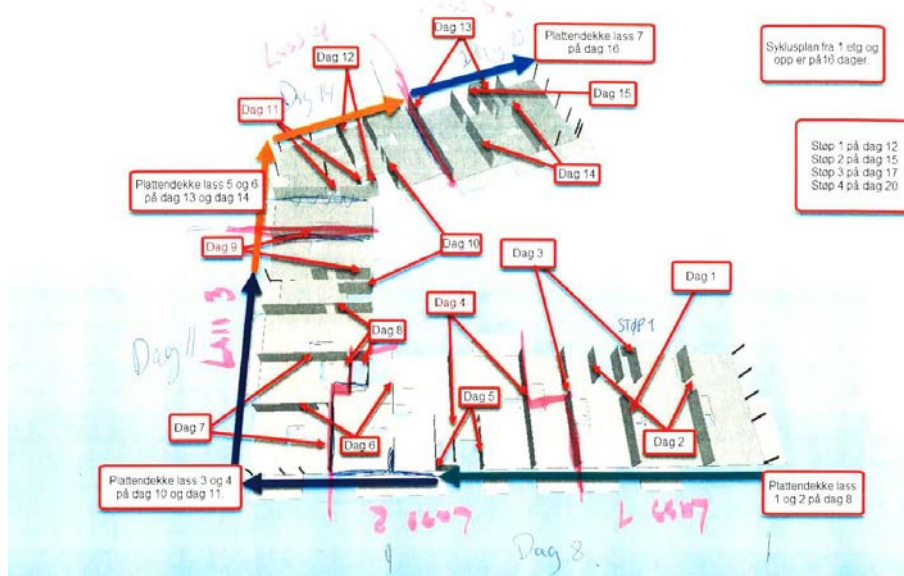
- Personell:
 - Betong, armering, stål, rør, elektro, tekking m.m.
- Plass:
 - Riggområde. Plassering av kraner, transportveier, lastesoner, lagerplasser, pumper, stillas/trappetårn, belysning m.m.

3.2 Taktplanlegging

Taktplanlegging er bra for å få "industrialisert" arbeidene, ved at etasjer/sectorer blir noe som kan kopieres og repeteres til neste etasje/sector. Fagene skal få jobbe slik de ønsker samtidig som man må hensynta tilstøtende fag. Enkelte nøkkelfaktorer:

- Få til så stabilt personell på plassen som mulig, og jevn flyt
- Unngå at folk jobber oppå hverandre
- Punktlig avleveringer mellom fagene
- Balansere det hele samtidig som man etterstreber høyt tempo

Figur 3-2 og Figur 3-3 viser visualisering av støpetapper utklipp av syklusplan for betongarbeider.



Figur 3-2: Grunnlag for syklusplan på 16 dager

2. etg										
Syklusplan betong hus A	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5	Dag 6	Dag 7	Dag 8	Dag 9	Dag 10
Armering vegg	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING	ARMERING
Støp vegg		STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP	STØP
El Vegg	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	EL VEGG	
Dekke over 2. etg										
Plattendekker						PLATTEN 1/2			PLATTEN 3	
Armering dekke						ARMERING 1	ARMERING 1	ARMERING 1/2	ARMERING 2	
El på dekket							EL DEKKE 1	EL DEKKE 1	EL DEKKE 1	EL DEKKE 2
Rør på dekket							RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 1	RØR DEKKE 2
Trykking av sprinkler									TRYKK D1	
Støp badenedsenk									BADENEDSENK	
Montering prefab balkonger								BALKONG D1		
Støp dekke										STØP D1

Figur 3-3: Utklipp fra syklusplan relatert til betongarbeider

4 Middelthunsgate 17 (M17)

På Majorstuen i Oslo skal det bygges 329 leiligheter i Middelthunsgate 17. I dette prosjektet har Veidekke jobbet tett sammen med byggherre fra tomten ble kjøpt. Det er til sammen tre bygg som utføres med plasstøping kombinert med plattendekker. Bæresystemene i de ulike byggene har en lignende struktur, men de enkelte leiligheter har ulikt karakter. Det er derfor ikke særlig stor grad av gjentakende konsepter når det gjelder gulvplan, størrelse av rom osv.



4-1: Illustrasjon Middelthunsgate "M17" (Bilde: LOL Arkitekten)

4.1 utfordringer i produksjonen under en pandemi

Det var i begynnelsen av betongarbeidene flere ting som skulle testes og dokumenteres på prosjektet, men grunnet COVID-19, ble dette drastisk redusert. Driften på M17 har måttet fokusere på produksjonen under koronapandemien, og har ikke hatt mulighet til å dokumentere alt som er gjort i forskningsøyemed. Det er likevel hentet inn noe informasjon og resultater av det positive som var planlagt til å inngå i SITECAST.

Noen av emnene som var planlagt å prøve ut var:

- Nivellering av forskaling – DokaExact, Måleutstyr som er en nivelering/lodding for forskaling, slik at man ser når forskalingen er rett satt opp – trådløs overføring til web/mobil, så man ser om man må rette opp forskaling. Forenkler overvåkning, og får alarmer ved avvik.
- Bruker Framax-forskaling, som skal kunne feste forskalingsposisjoneringssystem direkte på forskalingen. Får stor nøyaktig oppmåling ± 2 mm. Slipper fysisk oppmåling av en egen stikker (må løpe opp og ned mange ganger for å gjøre en måling).
- Doka Concremote, som måler fasthetsutvikling på betongen, slik at man lettere kan vite når man kan fjerne forskalingen og understøttelsen. Doka gikk gjennom en enkel presentasjon, se Figur 4-2 og Figur 4-3, av Concremote, for å beregne modenhet/styrke på betongen for å kunne flytte/klatre videre og hydraulisk klatring av sjaktene – for å begrense kranbruk. Hydraulisk klatring kan få opptil 2,5 løft i uka, som da er bedre enn glidestøp. Måler betongtemperatur på en betong som er kjent (fasthetsdata) – for å beregne styrke/modenhet. Systemet har trådløs tilkobling til web/mobil, er tilgjengelig på norsk og enkel å bruke. Dette systemet har også mulighet til å sende SMS/epost-alarmer om man ønsker.

DokaXact
Digitaliser forskalingsposisjons prosessen

Nøyaktig
Oppnå nøyaktig forskalingsplassering med 2mm +/- nøyaktighetsgrad.

Hastighet
Spar tid på kostnader ved oppmåling.

Fjern monitorering
Veiledning gjennom hele posisjonsprosessen med DokaXact-appen.

REAL-TIME DATA
Hold deg på oppdatert med live overvåking og rapportering for alle interessenter når som helst, hvor som helst.

DokaXact deler

Sensor

- (1) Fest flere punkter på forskalingen.
- (2) Mål det faktiske vertikale avviket på forskalingen
- (3) Top og bunn inclinometer med stram kabel

Koordinator

- (1) vurderer som bygget fra foregående støp i sin databehandlingsoperasjon
- (2) Kommuniser trådløs ved inclinometer med app i lukket nettverk

App

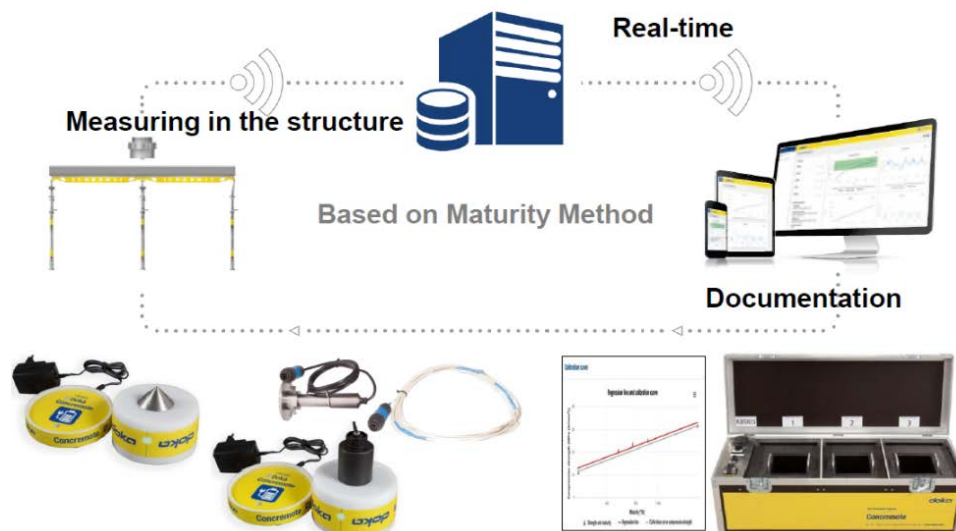
- (1) Veileder ansatte ved justering av formen
- (2) muliggjør liveovervåking av alle målepunkter
- (3) gir tilgang for relevante personer gjennom skyforbindelse

Figur 4-2: Utklipp fra presentasjon av Doka

- Concretmote har også sensor som kan kobles til veggstøp på forskalingen (borer et lite hull i forskalingen), som reduserer tid for oppsett av systemet mellom hvert flytt.
- Systemet gi ren prognose på ca. når betongen er hard nok, som gjør det enklere å planlegge videre arbeid med konstruksjonsdelen og forskalingsutstyret.
- Doka free falcon som fører til rasjonelle flytt for stilas, der man bruker jekketralle i stedet for kran, som frigjør mange andre operasjoner på byggeplassen.
- Armeringsnettet som kalles "Veidekke-nettet", har optimaliserte dimensjoner for boligveggene Veidekke lager. Nettene er vanligvis 2,3 m høye, mens vi fikk produsent til å produsere "Veidekke-nettet" med høyde 2,65, slik at man slipper ekstra operasjon å armere de siste 35 cm for hvert eneste nett. Tidsbesparelsen med denne løsningen er rundt 25 %.

Concremote – How does it work?

Slab sensor / cable sensor / wall sensing element / cable / maturity method / calibration box



Figur 4-3: Utklipp fra presentasjon av Doka.

4.2 Prefabrikkert armering

M17 var en svært trang byggeplass, samt at det var strenge føringer på når det kunne utføres arbeider med tanke på naboene. Tidsbesparelser og redusert behov for kran for armeringsarbeider har derfor vært avgjørende for en byggeplass med slike begrensninger og plassutfordringer. Et av grepene som ble gjort var å benytte stor grad av prefabrikkert armering. Mye av prefabrikeringen foregikk på bakken på byggeplassen, noe som viste seg å være mer effektivt og HMS-vennlig.

- Tidsbesparelsen med å bruke prefabrikkert armering har vært ca 70 % på boligvegger produsere og 80 % på montasje
- Det er vanskelig å si hvor mye penger som er spart, men mye på total tidsbesparelse på framdrift og redusert krantid.
- Utfordringen i prosjektet har vært at det trengs plass og løfteutstyr på armering til vegger på 17 meter kan noen ganger gi utfordringer med vind ved løfting.

Betongresept på M17 ble endret i forhold til tradisjonelt brukt resept for å få så rask betongherding som mulig, slik at man kunne klatre og bygge mye fortere, som gjorde at de lå noen uker foran skjema, til tross for COVID-19 situasjonen. I stedet for å kunne klatre 3 ganger på 2 uker, ble det klatret minst 4 ganger per uke.

5 Nye Lilleby

To av byggene i Nye Lilleby er nesten identiske. Det ene boligbygget er oppført i stål og betong, det andre i massivtre. Dette gjør det mulig for utbygger, entreprenør og prosjekterende å sammenlikne de to byggemetodene i forhold til miljøegenskaper, kostnader, tidsbruk, kvalitet, effektivitet og arbeidsmiljø.

På dette prosjektet ble det testet Bamtech som er en prefabrikkert armeringsløsning. Måten Bamtech legges ut på er å rulle ut en prefabrikkert rull av armering. Egner seg spesielt godt der det er bunnplater/dekker uten mye oppstikkende hindringer.

Adresse: Lilleby, Trondheim

Areal: 100 mål hvorav 38 mål parkområder

Ferdigstilt: Flere byggetrinn. Ferdigstilles trinnvis fra 2016 og fram til 2026

Byggherre: Lilleby Eiendom

Arkitekt: Lund Hagem arkitekter og HUS Arkitekter

Landskapsarkitekt: Asplan Viak AS

Entreprenør: Veidekke Entreprenør

Armeringsleverandør: Celsa Steel Service



Figur 5-1: Illustrasjon Nye Lilleby i Trondheim (bilde: Asplan Viak)



Figur 5-2: Bamtech "rullearmoring" (bilde: Andreas Sjaastad)

Kostnadene for sammenligning på dette prosjektet, se Tabell 1, er med priser fra 2019/2020, men selv om materialprisen på armering har gått kraftig opp og hatt store svingninger under/etter koronapandemien, så vil erfaringene fortsatt gjelde.

Armeringsløsning	Tidskostnader for legging	Materialkostnader
Tradisjonell legging av armering	1900 kr/tonn (2020)	7000 kr/tonn (2020)
Bamtech "rullearmoring"	3400 kr/tonn (2020)	9000 kr/tonn (2020)

Tabell 1: Sammenligning kostnader armeringsløsninger, priser fra 2019/2020

Rent prismessig for materialet er det dyrere å bruke Bamtec, men de ekstra utgiftene for materialet spares inn på redusert arbeidstid. I tillegg, så spares det tid og kostnader for redusert rigg og personell for prosjektet som helhet, så om man kan bruke slik prefabrikkert armering, så er det et økonomisk gunstig valg.

6 Oksenøya Skole

I Bærum kommunen skal "Oksenøya senter" på Fornebulandet bygges. Veidekke har sammen med Arkitema Architects, Arkitektgruppen Lille Frøen og Østengen & Bergo Landskapsarkitekter utviklet et konsept for en integrerende bebyggelse som skal inneholde en skole med sportshall, et bo- og behandlingssenter, en barnehage og et stort utendørsanlegg med møtesteder for lokalområdet.



Figur 6-1: Illustrasjon Oksenøya senter på Fornebu (bilde: Østengen & Bergo landskapsarkitekter)

Oppdraget, som ble vunnet i en pris- og designkonkurranse, er verdt i overkant av 1,1 milliard kroner ekskl. mva. Prosjektet har som mål å redusere klimagassutslippene med minimum 50 % innen transport, energi- og materialbruk, og omtales som et forbildeprosjekt innen miljø, -et såkalt FutureBuilt-prosjekt. Prosjektet skal miljøsertifiseres etter standarden BREEAM-NOR klasse Outstanding.

Forprosjektfasen har vært i gang siden 2019 og byggearbeidene ble satt i gang ved årsskiftet 2019/2020, ferdigstillelse er beregnet til 2022 for skolen og barnehagen, bo- og behandlingssentret vil stå ferdig i slutten av 2022. Til all plasstøpt betong ble det brukt betong av typen "lavkarbon ekstrem". I tillegg benyttes lavkarbon A betongelementer på skolen og i konstruksjoner under bakkenivå. Barnehagen utføres i treverk, sammen med det meste av bo- og behandlingssentret som også benytter massivtre og annet treverk i stor grad. Mer om prosjektet kan leses her:

<https://www.futurebuilt.no/Forbildeprosjekter#!/Forbildeprosjekter/Oksenoeya-senter>

Betongarbeidene med ekstrem lavkarbonbetong var fra høst 2020 til vår 2021, altså i den kalde delen av året. Herding av betong går tregere desto kaldere det er, samtidig som det blir benyttet en treg betongtype. Prosjektet hadde to hovedutfordringer ved å bruke "ekstrem lavkarbonbetong"; (1) tregere herdetid og (2) forhøyet støpetrykk. Forhøyet støpetrykk kommer av at størkningen av betongen går senere, og at betongen er flytende over lengre tid. Prosjektet hadde støp av 7-10 meter høye vegger, som gjorde at vi var interessert i å se på hvordan støpetrykket utvikler seg under støp ved bruk av ekstrem lavkarbonbetong. Testen som ble gjort av PERI, viste at støpetrykket var som normal betong, om den ekstreme lavkarbonbetongen ble tilsatt 1 % herdeakselerator av en bestemt type.



Figur 6-2: Vanlig bilde og termografering av betongstøp med innstøpte varmerør. Bilde: Nils Ivar Nilsen

Som et av tiltakene for den trege betongen, ble det innstøpt varmerør i betongen slik at betongen skulle herdne raskere.



Figur 6-3: PVC-rør ble innstøpt for å øke temperaturen i betongen, slik at den fikk tilstrekkelig/rask nok fasthetsutvikling. Bilde: Andreas Sjaastad

Studenter fra Høyskolen i Oslo skrev i 2021 en oppgave med fokus på betongen ved Oksenøya. Disse studentene ble fulgt opp i forbindelse med prosjektet og fikk litt innføring i arbeid og utfordringer med bruk av ekstrem lavkarbonbetong. De prøvde ekstrem lavkarbonbetong mot annen betong, og så på hvordan den oppførte seg i forhold til vanlig betong med tanke på støpetrykk og fasthetsutvikling, samt hva som kunne gjøres for å opprettholde en mest mulig normal fremdrift. Prøver ble gjennomført i laboratoriet, før det så ble prøvd ut på byggeplass.

Prosjektet lagde en egen veileder med erfaringene fra bruk av ekstrem lavkarbonbetong, og hva som skulle til for å sikre fremdriften av prosjektet. Resultatene ble også presentert på Veidekkes betongkonferanse i 2021. Veilederen blir erstattet av ny veileder for Lavkarbon Ekstrem i løpet av høsten 2023, basert på nyere erfaring og mer omfattende utprøving. Kort sammendrag av utprøving og erfaringer står under demoprojektet "Ulven – Veidekkes nye hovedkontor".

7 Ruseløkka Skole

Veidekke som totalentreprenør skal bygge den nye Ruseløkka skole i Oslo. Skolen blir på 10.300 kvadratmeter fordelt på syv etasjer for 690 elever fra 1.-10. trinn. Ruseløkka skal ha en landsomfattende danse- og ballettlinje i samarbeid med Den Norske Opera & Ballett. Bygget skal inneholde noe spesialrom, for eksempel en stor dansesal og en samlingsal som skal tilpasses for sang, strykeorkester og mindre blåsegrupper.



Figur 7-1: Ruseløkka skole (bilde: Arkitektkontoret GASA AS)

Prosjektet og byggingen kjennetegnes med høye miljøambisjoner, som et nesten nullenergibygg. Det skal bli solceller på deler av taket og i fasadene, i tillegg til en tilstrebet utslippsfri byggeplass. For å oppnå dette er et av tiltakene bruk av fjernvarme for å varme opp byggeplassen og til byggtørk, men også tilstrebe utslippsfrie og elektriske løsninger ellers på byggeplassen. Nye Ruseløkka skole satser på delvis gjenbruk av materialer fra den gamle skolen. Deler av den gamle teglsteinen ble brukt om igjen på noen av veggene i tillegg til gjenbruk av granitt fra den gamle innvendige trappen.

Det mest spesielle med Ruseløkka skole er at byggherren stilte krav om at det skulle benyttes sementtype “CEM III/B”, hvor 75 % av sementen er erstattet med slagg. Det førte til at karbonavtrykket per kubikkmeter betong gikk drastisk ned. Samtidig førte det til at det tok lengre tid for betongen å herde tilstrekkelig.

På prosjektet ble det tidlig utarbeidet en “herdeplan”, som antok hvor lenge betongen måtte herdne før herdetiltak kunne avsluttes. I forkant av støpearbeidene ble betongens fasthetsutvikling målt i laboratoriet. Disse data ble lagt inn i et system fra Maturix for oppfølging av betongens temperatur og tilhørende fasthetsutvikling på byggeplassen. Maturix systemet er nærmere beskrevet i Rapport 2023:00760: *The support of real-time maturity data for cast in-situ concrete construction*.

Ved å benytte temperaturmålinger for å følge med på betongens fasthetsutvikling via Maturix sin internettpotal unngår man å vente for lenge før man fjerner forskalingen. Man kan fjerne forskaling akkurat når betongen har oppnådd tilstrekkelig styrke. Dette er nyttig for planlegging av arbeidsoppgavene på prosjektet. Dersom man fjerner forskalingen for tidlig, kan det føre til deformasjoner, ufullstendig herding, skader og dårlig kvalitet. Tidligere metoder for kontroll av styrkeutvikling, var å logge temperaturen med et

apparat som man måtte koble til en pc for å hente ut temperaturutviklingen. Disse dataene kunne bli brukt til å finne modenheten/styrken på betongen. Betongen kunne da vise seg å enten være ferdig for lenge siden, eller at den trengte mer tid, slik at apparatet måtte kobles på igjen. Slik temperaturlogging er mest nyttig for å kontrollere om en herdeprosess har overgått maks tillatte temperatur.

På grunn av bruken av CEM III/B-sement i betongen, tok det lengre tid før man kunne fjerne forskalingen. Dette førte til at prosjektet måtte leie inn mer forskaling for å kunne klargjøre til neste støp. Det var derfor utrolig viktig at man kunne fjerne forskalingen så tidlig som mulig, for å begrense mengden med ekstra forskaling som trengtes. Størsteparten av betongarbeidene ble utført fra april-september, men det trengtes fortsatt "ekstra" hjelp med å få fortgang på herdingen ved bruk av tilsetningsstoffet "akselerator", dette var for at man ikke måtte leie enda mer forskaling. Det er ikke bare kostnader forbundet med leie av forskaling, det er også plasskrevende. Prosjektet er i Oslo sentrum, med trafikkerte veier på alle kanter, og hadde lite areal for å lagre utstyr.

Prosjektet er et godt eksempel på effektivisering av støpearbeider der det benyttes betong med lavt sementinnhold. Prosjektet hadde kontroll på fasthetsutviklingen på betongen ute på byggeplass, på grunn av det utviklede maturix-systemet, som gjorde at fremdriften ble optimalisert. Det førte også til begrensnings av plassbruk og kostnader på forskalingsleie.

8 UDK01 - Bergtunnel

Bergtunnelen bygges som en sprengt ett-løps dobbeltsporet tunnel med sprengningstverrsnitt på ca. 123 m² og et frittromsareal på ca. 93 m² etter at tunnelen er ferdig bygget. Bergtunnelen er ca. 6 km lang målt fra påhugget på Danvik til påhugget på Gulliksrud i Skoger. Tunnelen tettes ved hjelp av systematisk forinjisering for å sikre vannbalansen i området og ivareta det ytre miljø. Tunnelen stabilitetssikres med bolter, sprøytebetong, med videre, for en dimensjonerende levetid på 100 år. Vann- og frostsikring av tunnelen utføres med membran som dekkes med en kontaktstøpt hvelvkonstruksjon.

Tunnelen drives fra to tverrslag samt fra Gulliksrud i sør. De to tverrslagstunnelene, ved Austadveien og ved Danserud, vil fungere som evakueringstunneler i driftsfasen. I tilknytning til tverrslagene etableres det parallelle evakueringstunneler på deler av strekningen. I tillegg etableres to rene evakueringstunneler, én til eksisterende rømningstunnel fra Strømsåstunnelen og én ut i dagen ved Gunnerud slik at det blir rømningmulighet for hver 1000 m. Evakueringstunnelene er på 25 m², mens tverrslagene har et større tverrsnitt (60 m²) da de vil være adkomsttunneler for driving av jernbanetunnelen.

Link til en av nyhetssakene om prosjektet, som viser litt størrelse på prosjektet, noe av grunnen til at effektivisering av betongarbeidene var enormt viktig for å kunne realisere prosjektet:

https://www.tungt.no/article/view/812095/norske-entreprenorer-med-rekordstop-pa-hjemmebane?fbclid=IwAR0yXqg-nBpQ4u_8QhWZNWcbCfwMmiNUaPtNt-glcOhHTysQUhPaoX0iERo

8.1 utfordringer og løsninger

Bane Nor hadde høye miljøambisjoner og det skulle benyttes Lavkarbonbetong klasse A. Resepten som ble laget, ble veldokumentert og egenskaper som trengs for herdeberegning ble testet. Dette var (historisk) enorme mengder betong som skulle støpes på kort tid (~150.000 m³ betong / ~3,5 milliarder kg betong). Ved bruk av lavkarbon klasse A, blir fasthetsutviklingen tregere, og det har påvirkning på fremdriften til prosjektet.



Figur 8-1: Tunnelvogn som ble brukt på UDK01, som på det meste ble brukt på 6 støper i uken. (Foto: Andreas Sjaastad)

I motsetning til normale betongstøper, skulle det her fungere som noe midt mellom normal støp og glidestøp; forskalingen skulle fjernes/flyttes tidlig (1,5 MPa-3 MPa), som er ca. 12 timer etter endt støp. Slik gikk det an å støpe med samme vogn 6 ganger i uken (på det meste), noe som er 3-6 ganger mer enn normalt.

En egen logger ble fastmontert i forskalingen med en egenutviklet plugg, som begrenset arbeidet mellom hver støp, som fjernet behovet for montering. Loggeren inntil forskalingen (innsiden på bunn i taket) er veldig vanskelig å installere etter at forskalingsarbeidene er ferdig. På denne måten ble det også mulig å følge temperaturen i tunnelen og betongen for kontroll dersom det skulle vært utfordringer med kvaliteten på betongen.



Figur 8-2: Veidekke utviklet en plugg som ble montert på forskalingen og fulgte forskalingen for hvert støpeavsnitt, uten behov for kutting og oppsett av ny kabel for temperaturlogging.

9 UDK02 - Kulvert i åpen byggegrop

Det ble bygget en ca. 320 meter lang kulvert i åpen byggegrop med innvendig avstivning frem til løsmassetunnelen nord for Konnerudgata. Utgravingen ble foretatt delvis under grunnvannsnivå med gravedybder fra ca. 11 meter til ca. 21 meter. Grunnforholdene varierer med inntil 14 meter leire over faste glasifluviale masser i nord og ca. 5 meter med sand over faste glasifluviale masser i sør. De glasifluviale sedimentene er i hovedsak friksjonsmasse (sand og grus) med et finstoffinnhold under 10 %.

9.1 Løsmassetunnelen

For å ivareta nærmiljøet på Danvik er det planlagt å drive en ca. 290 meter lang tunnel i løsmasser før en får etablert et påhugg i berg. På strekningen med løsmassetunnel vil grunnen hovedsakelig bestå av friksjonsmasser. Løsmassene rundt selve tunnelen måtte grunnforsterkes. Hensikten var å øke massenes styrke/stivhet og oppnå tilstrekkelig lav permeabilitet i massene rundt tunnelen for å hindre vannlekkasje og dermed grunnvannssenking langssetter tunnelen. Etter grunnforsterkningen ble tunnelen drevet med en sekvensiell drivemetode (korte drivelengder samt bruk av delte tverrsnitt). Etter drivingen av løsmassetunnelen ble det montert en vanntett membran og en permanent lining. Den permanente liningen er en armert betongkonstruksjon som dekker hele tunnelperiferien.

9.2 utfordringer i anleggsperioden

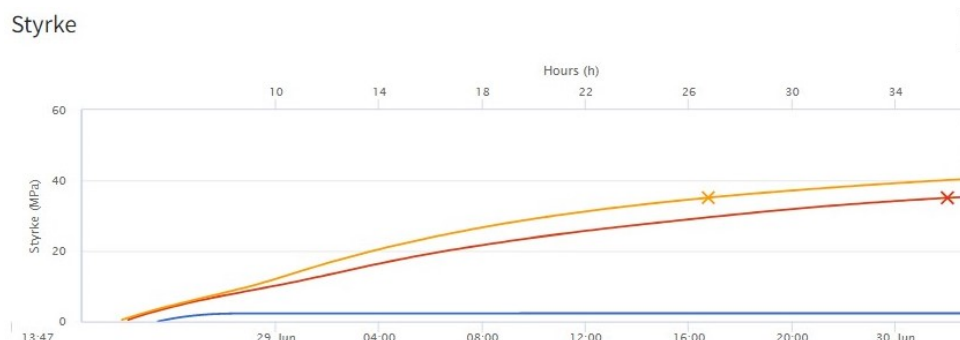
Massetransport fra det ene tverrslaget, i Austadveien, skjedde gjennom boligområder med lokal trafikk. Mange mennesker ble berørt av massetransporten, og det var nødvendig å ta spesielle hensyn når det kom til støy og støv, samt trafikksikkerhet, særlig for myke trafikanter.

9.3 utfordringer og løsninger

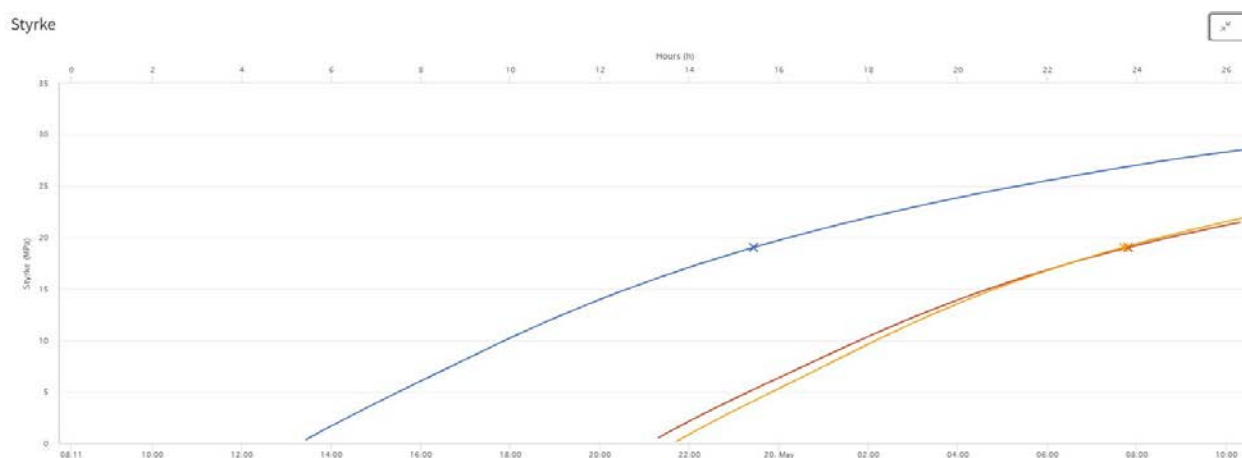
Med ca 25.000 m³ betong og høye krav til at betongarbeidene gikk fort, var det viktig å finne optimal løsning på betongarbeidene for kulvertstøpene. Det var 2 ulike kulvertformer, en sirkulær- og en firkantkulvert. Bane Nor hadde høye miljøambisjoner med lavkarbonkrav, og resepten som ble utviklet for å sikre kvaliteten var tett opptil lavkarbon klasse A. Siden det var krav til lavkarbonbetong, så måtte vi sette i verk tiltak for å begrense effekten den trege betongen hadde på fremdriften.

9.4 Maturix og optimalisering av fremdrift

Maturix ble valgt tidlig for å sikre fremdriften til betongarbeidene, da spesielt med tanke på kulvertstøpene. Det ble støpt inn loggere i hver eneste støp, for å ha full kontroll på fasthetsutviklingen, da det var krav om minst 35 MPa på betongen før firkantvogna ble sunket og flyttet fremover. Sirkulærvogna trengte 28 MPa, men ble i 2023 justert ned til 19 MPa. På grunn av systemet vi testet, var det full kontroll på hvordan dette påvirket fremdriften, se Figur 9-1 og Figur 9-2. Det gjorde at vi kunne avforme og flytte understøttelsen allerede til lunsj dagen etter, som kuttet tiden med 6-10 timer per støp, hvis vi ikke hadde løst det på denne måten, hadde vi fort måttet vente til dagen etter med avforskaling og fjerning av understøttelse.



Figur 9-1: Sanntids styrkeutvikling ga prosjektet full kontroll over fasthetsutviklingen på betongen. Her for firkantvogna, med avforming 36 timer etter støp.



Figur 9-2: Sanntids styrkeutvikling på sirkulærvogna, med avforming under et døgn etter støp på grunn av test om det fungerte, og sanntids oppfølging med Maturix.

Resultatene viste at ca 36 timer etter støp, så kunne firkantvogna senkes og kjøres frem. Hadde fastheten vært noe tregere, ville det påvirket arbeidstidene/valgene man gjorde, slik at man ville ha måttet flytte en dag senere. Det samme gjaldt for sirkulærvogna, selv om den hadde noe lavere fasthetskrav, var den mindre massiv, slik at fasthetsutviklingen gikk noe tregere, men etter optimaliserte forhold og oppfølging, brukte den under 24 timer på å oppnå tilstrekkelig fasthet (!).

En egen logger ble fastmontert i forskalingen med den egenutviklede pluggen, som begrenset arbeidet mellom hver støp, som reduserte behovet for montering og ekstraarbeid. Loggeren inntil forskalingen (innsiden på bunn i taket) er veldig vanskelig å installere etter at armeringen er ferdig. Siden den var fastmontert, halvertes arbeidet med oppsetting av logging for hver støp, ved at fysisk oppsett av målere kunne tas rett før støp, i stedet for rett etter armeringen hadde begynt i tillegg til etter at det var ferdig armert.

9.5 Eksterne vibratører på forskalingen

De høye veggene (7+ høydemeter både på sirkulær- og firkantkulvert) er tungt og tidkrevende for håndverkerne å vibrere med vanlig vibrator som må løftes opp og ned så mange meter flere ganger per støpeflo. Derfor prøvde vi eksterne vibratører, som festes på forskalingen og vibrerer flolagene oppover. Dette forenklet vibreringen, slik at behovet for personell som vibrerte gikk ned. Overflateresultatet på betongen kunne vi se ble likt eller bedre når vi avforskaltet.



Figur 9-3: Flyttbar ekstern vibrator.

I stedet for å feste eksterne vibratører på alle flohøydene, begrenset vi kostnadene for leie av eksterne vibratører, ved at vi utviklet festepunkter oppover forskalingen, slik at vibratorene kunne flyttes oppover underveis i støpen, vibratorene ble løftet opp med taljer for å gjøre flyttingen enklere og mer HMS-vennlig. Slik reduserte vi antall eksterne vibratører med ca 70 %, og kostnadene for leie tilsvarende.

9.6 Vegger og dekke støpt i samme etappe

Det er normalt å støpe vegger i en etappe og vente til veggene har herdet før det legges opp til å støpe dekke. I dette prosjektet ble vegger og dekke støpt i samme støpeetappe. Det ble bygget en vogn som hadde forskalingen på innsiden (vertikalt på vegger og horisontalt på "taket" på innsiden) og vertikalt på utsiden. Dette gjorde det mulig å støpe vegger og dekke i samme støpe-etappe. Denne løsningen gjorde at vi sparte herdetid/arbeid, tilsvarende 2-3 dager per kulvertseksjon.



Figur 9-4: Innsiden av vognen som ble utviklet for å støpe vegger og dekke i samme støpe-etappe.

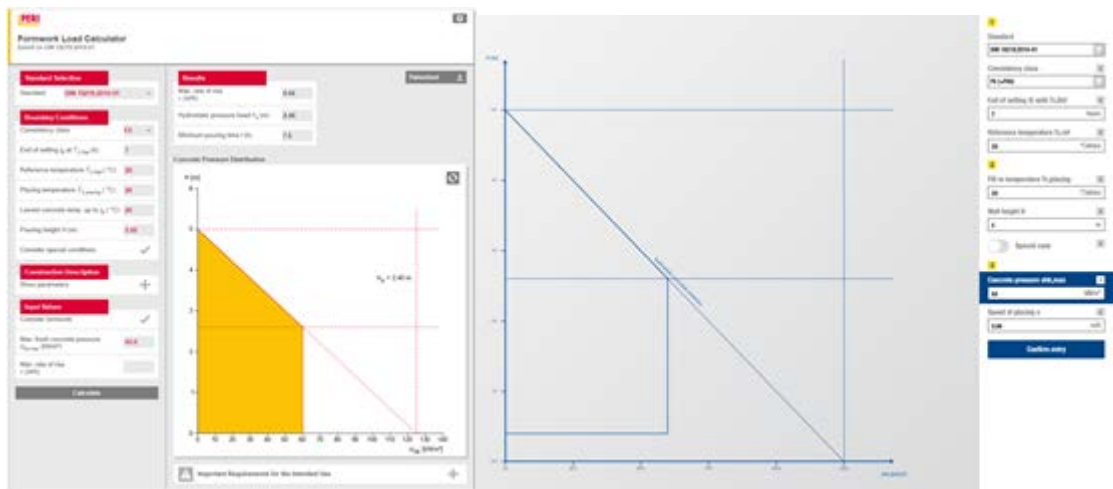
9.7 Støpetrykk

Beregninger og simuleringer gjort i forkant for optimalisering av støpehastighet, bekreftet med støpetrykksmålere, og justert med akselerator og temperatur

Siden konsistensutgangen/avbindingstid er tregere enn ved bruk av normale betongtyper, er det viktig å sikre at man ikke overstiger tillatt støpetrykk i forskalingssystemet. Forskalingsleverandørene skal oppgi tillatt belastning på system/form, men tar aldri ansvar for støpehastighet. Det blir da entreprenørens ansvar å påse at faktisk støpetrykk ikke overskrider tillatt formtrykk.

9.8 Planlegging av støpehastighet

I forbindelse med planlegging av støpen kan det være lurt å bruke en støpetrykkskalkulator, for å få en indikasjon på hvor fort man kan fylle formen, eventuelt dimensjonere formen til ønsket støpehastighet. Disse finnes på leverandørens hjemmesider. Ved å fylle inn egenskaper for betongen som skal brukes, regner den ut hvilken støpehastighet (m/h) man kan holde uten at tillatt formtrykk overskrides. Ved å legge inn ønsket støpehastighet, vil kalkulatoren beregne nødvendig kapasitet på forskalingssystemet.



Figur 9-5: Utklipp av simuleringsprogrammene for støpetrykk.

Støpetrykkskalkulator Doka: <https://utiposweb01.doka.com/dokatools/?language=en>

Støpetrykkskalkulator Peri: <https://apps.peri.com/SLR/index.php?lang=en>

Parametere i støpetrykkskalkulatoren:

Konsistensklasse:

Kalkulatorene tar utgangspunkt i konsistensklasse F1 – F6, samt egen klasse for selvkomprimerende betong (SCC). Konsistensklassene tar utgangspunkt i betongens utbredelse (flow diameter)

Konsistensklasse	Utbredelse
F1	≤340
F2	350-410
F3	420-480
F4	490-550
F5	560-620
F6	≥630
SCC	≥700

Avbindingstid/konsistensutgang (end of setting tE with Tc,Ref):

Tid i timer fra første tilsetning av vann til konsistensutgang

Referansetemperatur:

Temperatur i °C av fersk betong, som var basis for beregning av avbindingstid tE.

Temperatur ved fylling:

Temperatur i °C av betong når den fylles i formen.

Høyde vegg:

Støpehøyde i m.

Tillatt støpetrykk:

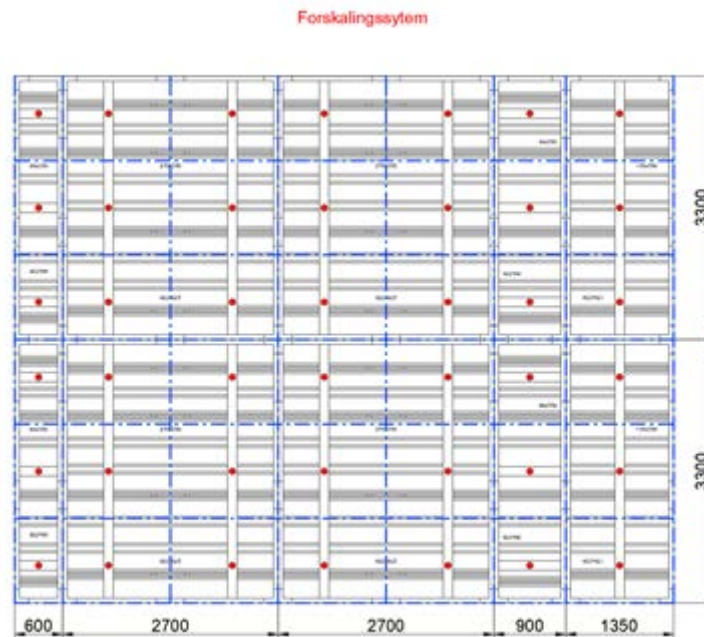
Kapasitet av forskalingsystemet i kN/m²

Støpehastighet:

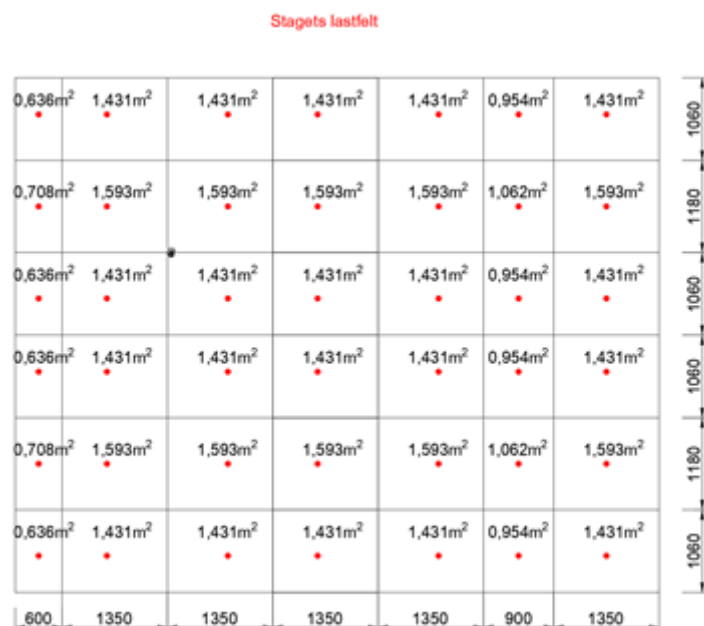
Støpehastighet i m/h

9.9 Måling av støpetrykk:

Støpetrykkskalkulatoren gir en indikasjon på støpehastighet, men for å være sikker på hvilket trykk man har i formen, må man måle dette under støp. Dette gjøres ved hjelp av støpetrykksmålere som monteres på stag, og måler strekkraften i staget. For å vite hva man skal lese av støpetrykksmåleren, må man regne seg frem til strekkraften i staget. Stagets lastfelt (m²) x tillatt formtrykk (kN/m²). Det er ekstremt viktig at stagets kapasitet ikke brukes som referanse siden lastfeltet til stagene varierer.

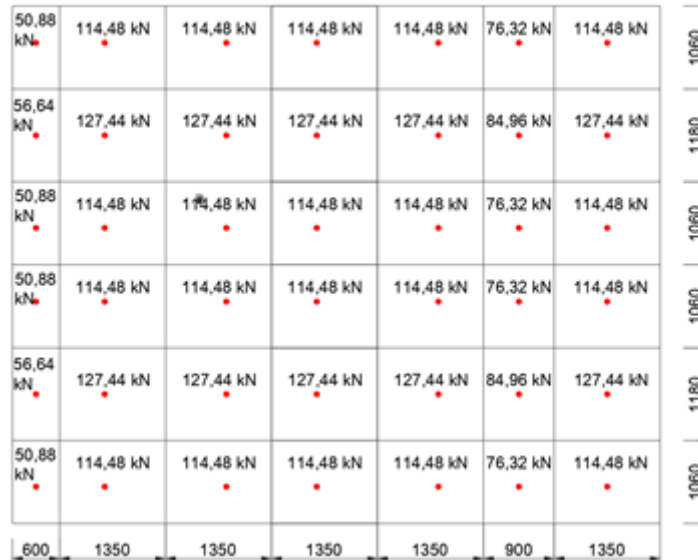


Figur 9-6: Her ser vi at stagene for forskjellig lastfelt pga systemets oppbygging.



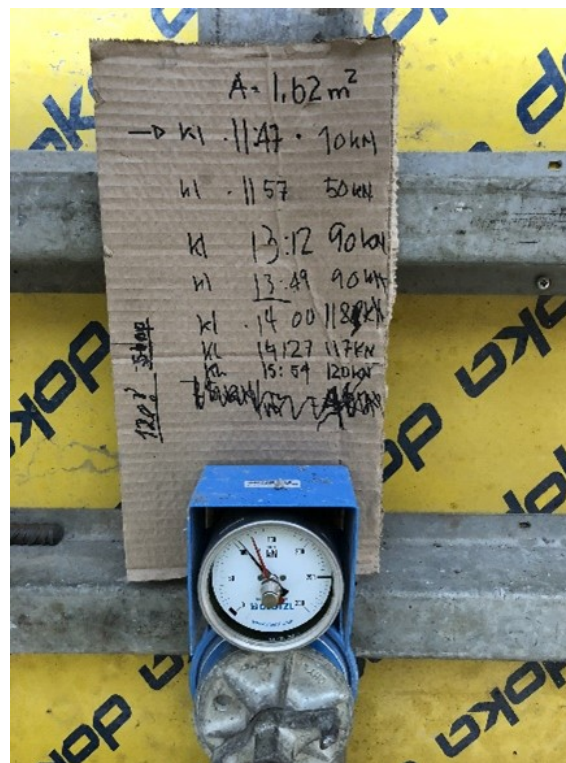
Figur 9-7: Her er arealet av lastfeltet regnet ut.

Strekraft i stag ved 80kN/m² formtrykk



Figur 9-8: Strekraften i staget ved tillatt formtrykk 80 kN/m²

Legg merke til at hvis man velger å sette støpetrykksmåleren på nederste stag på 60x330 kassetten, kan det leses av maks 50,88 kN, mens hvis man plasserer den nederst på 270x330 kassetten kan det leses av 114,48 kN. En lapp med informasjon om lastfelt og strekkraft kan være nyttig å ha sammen med støpetrykksmåleren. Her kan også resultatet fra avlesningene registreres.



Figur 9-9: Informasjon om lastfeltet under støp

10 Mosetertoppen – besparelser med alternativ armering

Mosetertoppen er fritidsleiligheter på Hafjell, der Veidekke sammen med RIB har funnet en alternativ løsning til 100 % tradisjonelt armerte konstruksjoner. Veidekke gikk tidlig inn og prøvde å finne alternativer for å redusere kostnadene, og det ene var at det ble valgt en kombinasjon av tradisjonell armering og fiberarmering (basaltfiber)

I en optimal kombinasjon av tradisjonell armering og fiberarmering, er det funnet løsninger som sparer materialforbruket, som reduserer klimagassavtrykket og kostnadene for bygging.

Den nye løsningen på prosjektet:

- Sparer prosjektet 3,5 millioner kr (nesten 1 % av totale byggekostnader!)
- Reduserer mengden armering med nesten 200 tonn!

Prosjektet ble presentert på Veidekkes Betongkonferanse 2022.

Kontrakt 400 mill eks mva

Oppstart: 04.10.2022

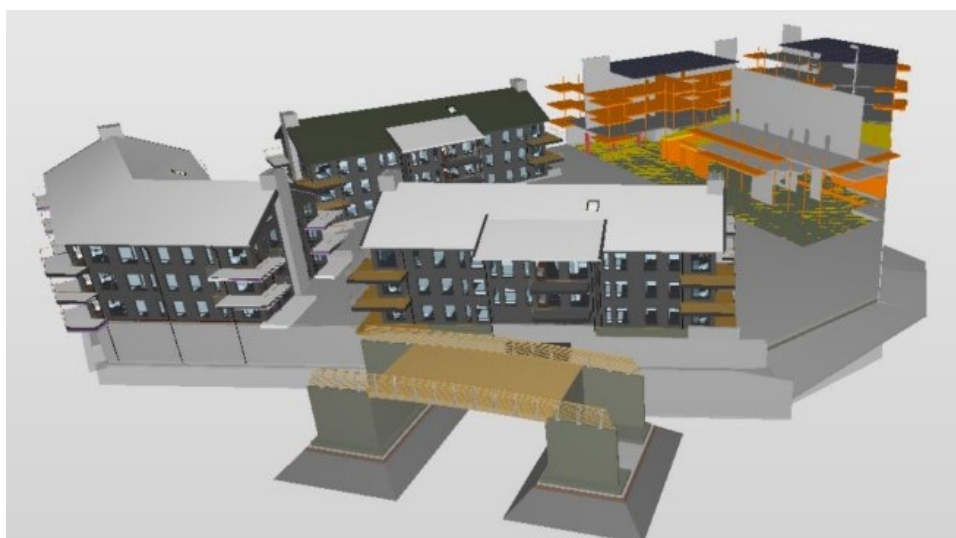
Ferdigstillelse: 30.11.2024

Garasjeanlegg: 6.700 m²

Næring: 2.150 m²

Bolig: 97 Fritidsleiligheter

Kalkulerte mengder: Betongvolum: 6.300 m³ Armeringsmengde: 525 tonn.



Figur 10-1: Mosetertoppen fritidsboliger (bilde: Veidekke)

11 Øvre steinaunet BB1: Karbonoptimalisering av betongkonstruksjoner i boligblokk

I dette prosjektet ønsket Veidekke entreprenør å sjekke ut muligheten for å redusere karbonavtrykket fra betongkonstruksjonen, og samtidig ha samme eller bedre fremdrift og økonomi. Det ble valgt å se på potensialet i å redusere mengden betong gjennom å redusere dimensjoner, og potensialet i å bruke betongresepter med lavest mulig karbonavtrykk. I prosjektets rammebetingelser lå det ingen form for økonomiske incentiver i å redusere karbonavtrykket.

Utgangspunktet for studiet var en komplett modell av byggets bærekonstruksjon fra forprosjekt, en modell som viste seg å være rimelig lik den ferdig prosjekterte modellen. I samarbeid med prosjektets RIB ble hvert objekt tilført opplysning om betongkvalitet, noe som gav oss oversikt over betongmengder for hver betongtype. Fra vår betongleverandør fikk vi opplyst EPD for hver betongtype noe som gjorde oss i stand til å beregne karbonavtrykket av hver bygningsdel og konstruksjonen samlet.

Betongkvaliteter og utslipp

Med dette som utgangspunkt testet vi ut virkningen av å endre hver betongtype laveste nødvendige fasthetsklasse og til lavkarbon klasse A. Vi så da at vi fikk et betydelig utslag på karbonavtrykket ved å redusere store deler av konstruksjonen til B25 (-5%) som RIB anså som nødvendig fasthet.

Fikk endret nasjonal standard

Det dukket opp en utfordring rundt tolkningen av betongstandarden rundt eksponeringsklasse. Det viste seg at hele bransjen praktiserer bruk av XC1 som minimum da det ikke var en tydelig avklaring rundt hvor tørt et bygg må være for å kunne benytte X0. XC1 medfører bruk av miljøklasse M60 og da må det i praksis benyttes en betong med fasthetsklasse B30 som minimum pga v/c forholdet ($B25M60 = B30M60$). Dette hindret oss i å kunne benytte en betong som har tilstrekkelig fasthet med et vesentlig lavere karboninnhold, noe vi ikke kunne akseptere uten en vitenskapelig avklaring. Vi løftet spørsmålet og fikk avklart at tolkingen av standarden var feil og at det er fullt mulig å benytte X0 i vanlige, tørre bygg som er oppvarmet. Dette medførte en endring av teksten i standarden. Ved å benytte LCBA på den «opprinnelige» betongkvaliteten kunne vi oppnå en reduksjon på 12 %, altså «kun» det dobbelte av å redusere fasthetsklasse, samt benytte M90.

Fleksibelt valg av kvalitet

En endring til LCBA medfører noen andre utfordringer grunnet herdetid, noe det var knyttet usikkerhet rundt i prosjektet. Vi valgte derfor å benytte lavkarbonbetong klasse A i støper hvor det ikke var tidskritisk med herdetid eller om værforholdene var slik at det ikke gav utfordringer.

Resultat

Resultatet ble til slutt at det ble benyttet (volumprosent av betongmengde):

40 % B25M90

56 % lavkarbon klasse A

Redusert karbonavtrykk ift opprinnelig plan 7-8 %.

Tilleggskostnader for prosjektet: 0 Kr.

Vi studerte også potensialet i å redusere dekke- og veggtykkelser ned til dimensjoner vi vet holder ift lydkrav, dvs hhv 230mm/180mm, noe som også gir utslag, men i mindre grad enn valget av betongkvalitet. Grunnet økte kostnader med RIB og økt risiko ift lyd så ble dette sporet ikke fulgt opp videre.

12 Kattås Rentvannsbassenger

Kattås Rentvannsbassenger er et prosjekt for Asker og Bærum vannverk som skal bygges i fjell, og omfatter:

- Adkomsttunneler
- Råvannsinntak
- Råvanns- / rentvannstunnel
- Rentvannsbassenger
- Filterhall inkl. gravitasjonsfortykking
- UV-anlegg
- Kjemikaliehall inkl. slamavvanning

Veidekke skal i løpet av prosjektets periode bruke:

- 27000m² forskaling
- 1600t armering
- 7000m³ betong
- Ca 15 måneder byggetid på hovedmengdene av betong



Figur 12-1: Modell av Kattås Rentvannsbassenger. Kilde: www.abvann.no/nytt-vannbehandlingsanlegg-i-asker-og-baerum

Til dette prosjektet ble simuleringsprogrammet Cracktest COIN benyttet sammen med HETT22 og TempSim, for å kjøre simuleringer på støping og valg av riktig betong og herdebetingelser. Det er begrenset med data om spenningsutvikling for norske sementtyper i Cracktest COIN, da de begrenser seg til Norcem Anlegg (utgått) og Norcem Anlegg FA. Under utviklingen av CracktestCOIN ble tidlige tester med sementtypen Aalborg sammen med ekstra tilsatt FA vurdert til å ha tilsvarende egenskaper som Anlegg FA. Det er derfor valgt å bruke data fra resept med sementtypen Anlegg FA i Cracktest COIN.

Felles forutsetninger for beregningene som ble utført:

- Resept: Semi low-heat concrete Anlegg FA 20% FA (justert for å tilpasses resept som skal brukes)
- Betongtemperatur på 20 grader
- 19 mm finer i forskalingen
- Omgivelsestemperatur på 10 grader (stabil temperatur inni fjellet)
- Tilstøtende konstruksjoner har temperatur på 10 grader
- Støping pågår i 6-7 timer

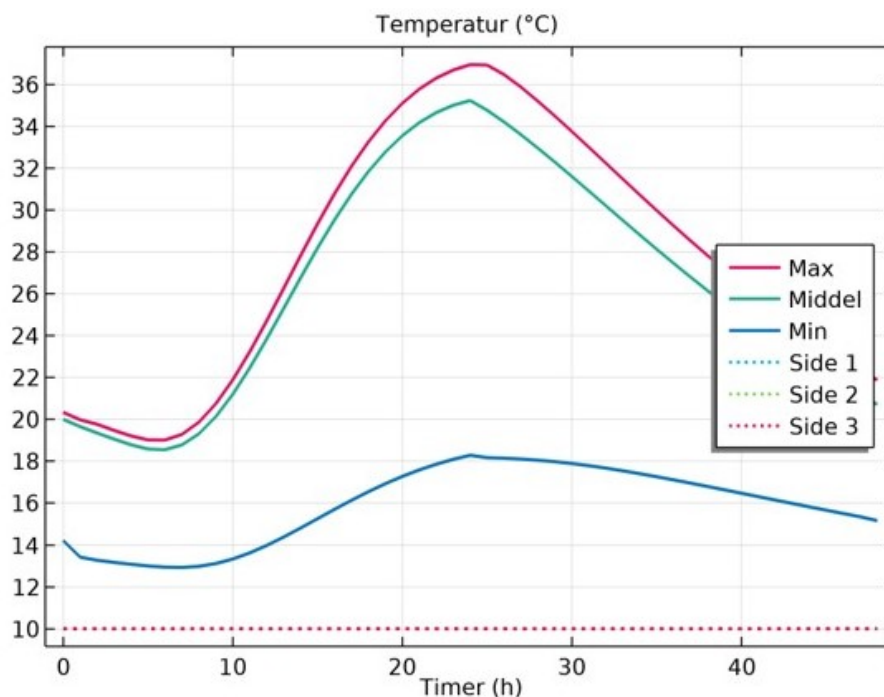
Flygeaskemengden i resepten som skulle benyttes er høyere enn mengden som er brukt i beregningene med Cracktest COIN, men materialegenskapene som ble lagt inn ble tilpasset slik at simulert temperaturutvikling var tilnærmet lik.

Ved simuleringer ble det gjort vurderinger underveis på ulike tiltak og hvilke effekt de har, og de som så ut til å gi best effekt (lavest rissindeks) ble det jobbet videre med for å gjøre simuleringene mest mulig realistiske.

Interne fastholdingsriss ble vurderet som neglisjerbart på grunn av at konstruksjonen er 300mm tykk og vi bruker lavkarbonbetong, noe som gjør at maks temperaturdifferanse i konstruksjonen ble begrenset.

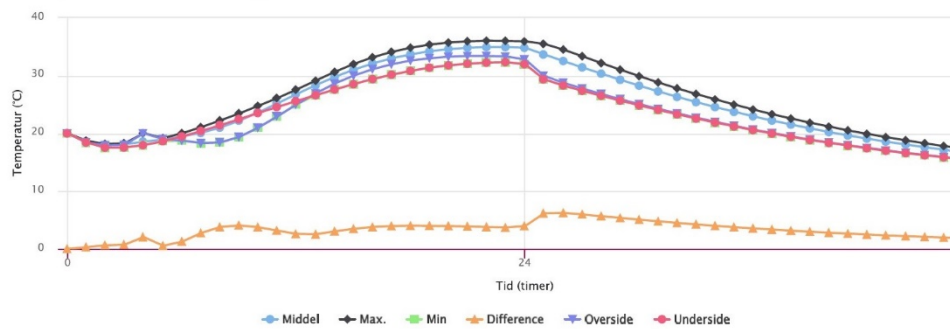
Rapporten «Praktiske råd og tiltak mot fastholdingsriss i herdende betongkonstruksjoner» fra det tidligere forskningsprosjektet COIN viser til kjennskap og beregninger fra tilsvarende vegger (noe tykkere konstruksjoner), med sekvensiell støping. Fastholdingsgraden i x- y- og z- aksen er i beregningene satt fra 0,25 (ikke full fastholding) opptil 1.0 (full fastholding). Basert på simuleringene kan man få ut rissindeks, som er et teoretisk mål for sannsynlighet for at riss oppstår, der 1.0 tilsvarer at strekkfastheten er fullt utnyttet. Vanligvis tilstrebes det å ha rissindeks på 0.75 eller lavere.

Det er blitt brukt to ulike herdeberegningsprogrammer, Hett22 for Standard FA+FA, og TempSim for Aalborg+FA. Den største bidragsyteren til spenningsoppbygging, utenom fastholding, er temperaturutviklingen de ulike reseptene har.



Figur 12-2: Beregnet temperaturutvikling for resept med StandardFA+FA (maks temp 36,5 grader).

Temperatur Simulering



Figur 12-3: Beregnet temperaturutvikling for resept med Aalborg+FA (maks temp 38 grader)

Temperaturberegninger for de ulike bindemiddelkombinasjonene viser at resepten med Standard FA+FA vil få noe lavere temperaturutvikling enn Aalborg+FA. Det er ikke en signifikant forskjell, men CO2-avtrykket for løsningen med Aalborg+FA er noe høyere, så det ble valgt å gå videre med StandardFA+FA for simulering og testing.

Resepter ble testet hos Unicon Sandvika, med mål om å finne en best mulig selvkomprimerende betong som tilfredsstillende lavkarbon klasse A og de ønskede herdeegenskapene.

Bilde: Siste resept som ble testet etter justeringer, noen småjusteringer kan forekomme før prøvestøp for å justere støpelighetsegenskapene til betongen.

prøving av ny sammensetning.

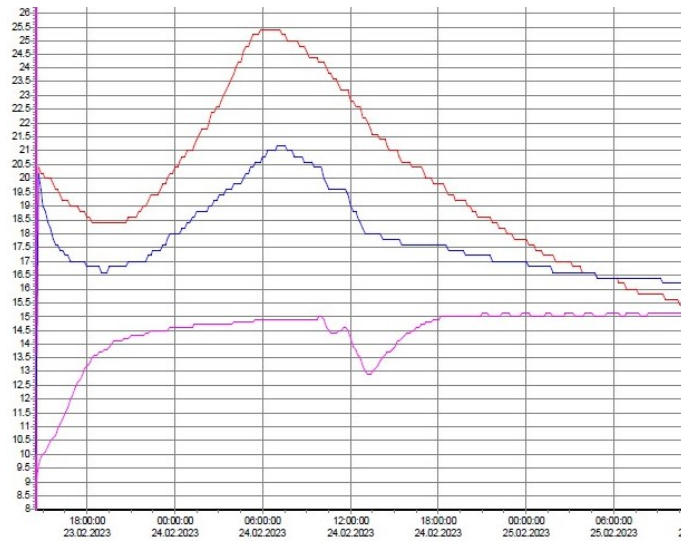
Betongresept: Fabrikk:

Egenskaper arvet fra denne resept: Fabrikk:

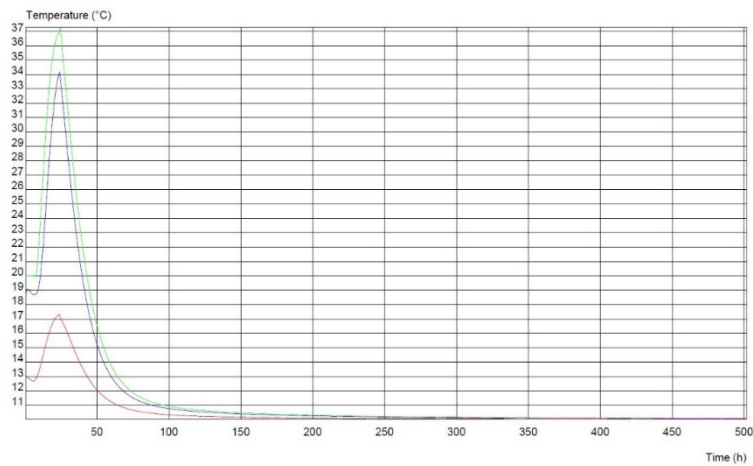
	16t	20t	24t	48t
Ønsket Terning Styrke:				
Oppnådd Terning Styrke:	16t kl 06:00	20t kl 10:00	24t kl 14:00	48t
	5,82	12,004	14,82	25,42
	5,98	12,299	14,55	24,92
Fcm	5,9	12,1515	14,685	25,17

Figur 12-4: Tidligfasthet målt i lab. Fasthetene stemmer godt overens med erfaringer fra tilsvarende resepter.

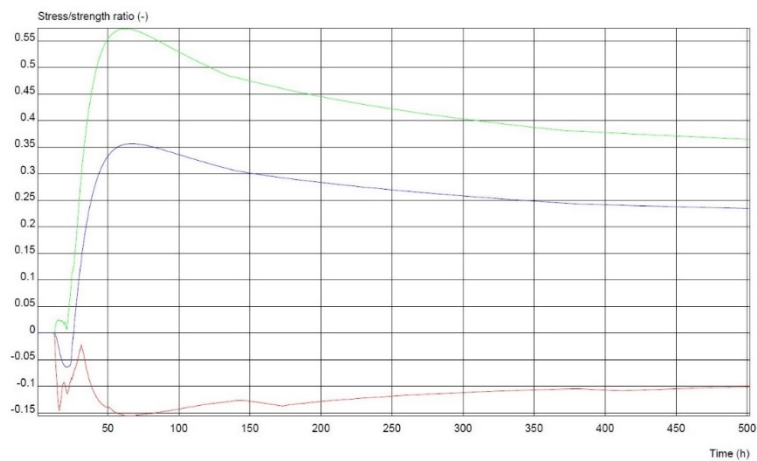
Det ble utført målinger i mindre herdekasser, og resultatene derfra stemmer godt overens med antagelsene som er gjort.



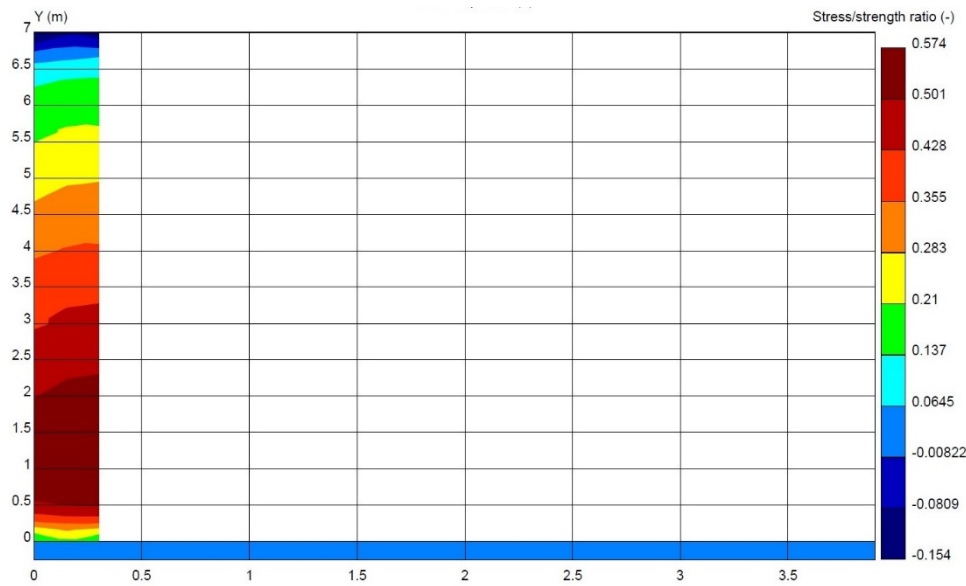
Figur 12-5: Temperaturmåling i små herdekasser med valgt resept. Rød linje er betong i en bøtte med diameter 20 cm i en isoporkasse, blå linje er i en bøtte med diameter 20 cm, lilla linje er omgivelsestemperaturen. Dimensjonene er noe tynnere enn simuleringene, men avbindingstidspunktet og dataene stemmer godt overens med betongegenskapene i simuleringene.



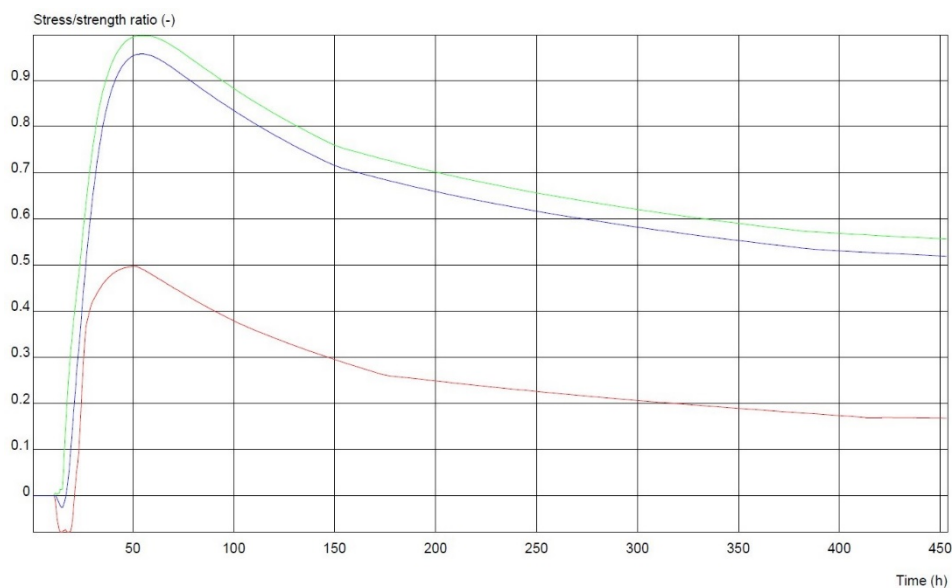
Figur 12-6: Temperaturberegning fra Cracktest coin, med fastholdingsgrad 0.25.



Figur 12-7: Rissindeks ved realistisk fastholding (0.25), som viser at den er under 0.75.



Figur 12-8: Fargekart av rissindeks når fastholdingen er størst.



Figur 12-9: Rissindeks ved full fastholdning (1.0). Denne simulerer siste støp i bassenget, og vil få høyest rissindeks siden den holdes fast mellom to vegger Her forventes det å få flere store riss som må vannettes.

Basert på beregninger fra Hett22, TempSim, Cracktest COIN og tester utført hos Unicon Sandvika, ble det beste å legge opp til en annerledes gjennomføring enn for massive støp (som er vanlig for vannrette konstruksjoner). Målet ble å kun ha tilstrekkelig fasthet i konstruksjonen før avforming (5MPa), for å redusere makstemperaturen som kommer i konstruksjonen, slik at temperatursvinnet minimeres. Etter avforming, sikres herdeforholdene til betongen til den har oppnådd 50% av karakteristisk fasthet i overflaten (Herdeklasse 3 fra NS-EN 13670), for å sikre at herdeprosessen går som ønsket. I bergrommet er det stabilt høy RF > 95 % som gjør at betongen får gode herdebetingelser.

Optimal gjennomføring av støp av vegger i bassenget ble da:

- Støp begynner på morgenen og holder på i ca 6-7 timer.
- Tildekking av toppen av formen med etafoam/plast.
- Avforming 20-24 timer etter oppstart (16-20 timer etter støpeslutt), da er betongen i toppen nådd tilstrekkelig fasthet for avforskaling.
- Påføring av herdemembran/støvbinder ("Vannglass"/Natriumsilikat) for tetting av overflaten, rett etter avforskaling.
- Herding under høy RF (>95%), eller med plast.

Til sammenligning, ville en tilsvarende tradisjonelt gjennomført konstruksjonsvalg krevd minst 1 ekstra dag før avforskaling for hvert eneste flytt (så ny løsning er 10-15% raskere), og ført til større og flere vannførende riss som hadde krevet injisering. Med den nye metoden kreves det ca. 30-40 % mindre materiale (forskaling, armering og betong), den har raskere fremdrift, vil kreve mindre injisering og vanntetting i etterkant.



Figur 12-10: Prøvestøp av et basseng i tunnelen på Kattås for å kontrollere at beregningene og tiltakene som ble planlagt fungerer som tiltenkt.

13 Nedre Semb Låve

Nedre Sem Låve oppføres etter FutureBuilts kriteriesett Zero, Zero T og NZEB (nær nullenergibygg). Videre er prosjektet pilot for FutureBuilt kriteriesett for plastbruk og sirkulære bygg som omhandler reduksjon av plastprodukter og ombruk av byggematerialer. Nybygget skal oppnå minst 50 % CO₂ reduksjon i henhold til FutureZero. Nedre Sem Låve er også med som pilot i EU-prosjektet sirkulære byer. Byggeplassen skal driftes utslippsfritt med elektriske maskiner.

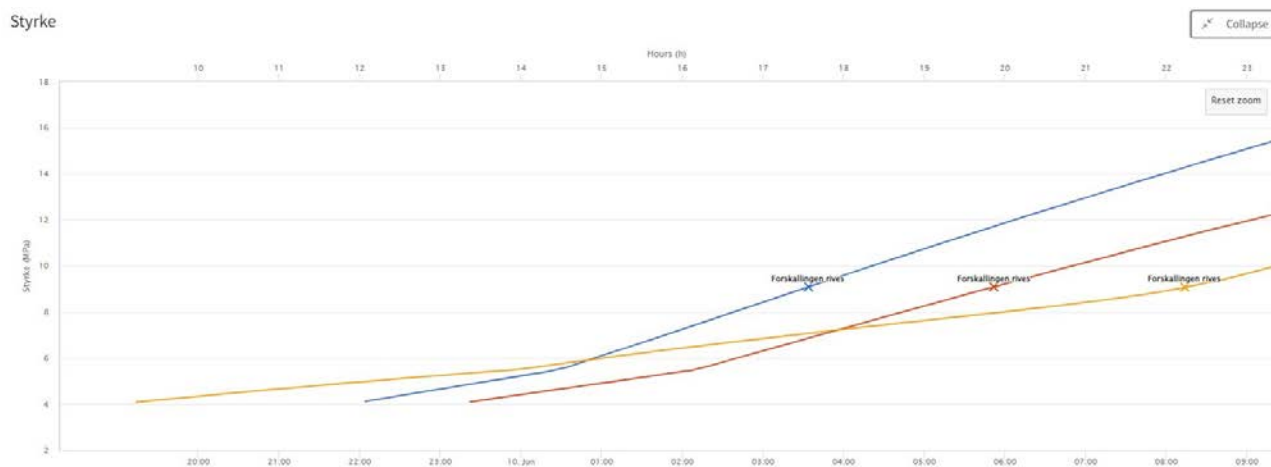
Dette er et prøveprosjekt for fremtidig bruk av lavkarbon ekstrem betong og resirkulert tilslag fra knust betong. Videre har ikke prosjektet mulighet til å støpe inn noe i konstruksjonen som ikke kan resirkuleres på et senere tidspunkt når det skal rives. Dette medførte at normale tiltak for oppvarming av betongen (eks. varmerør innstøpt) under støp ikke var mulig.



Figur 13-1: Betongarbeider med ekstrem lavkarbonbetong med resirkulert betong, som trengte ekstra planlegging, tiltak og oppfølging.

V-teknikk (Veidekkes fagavdeling) har vært involvert i forkant med prøving, og oppfølging under flere av støpetappene. I forkant har betongresept blitt utviklet og testet i samarbeid med Unicon på deres Betonglab på Sjursøya. Resultatene som ikke lar seg teste ut der, har blitt videresendt til en Betonglab i Danmark.

På byggeplass er det blitt oppfølging med forskjellige herdetiltak som tildekking med vintermatter, presenninger og isolasjon. Det har også blitt tilført varme i fra eksterne strømaggregater. Dokumentasjonen og oppfølging av tiltakene (hvem virker best og hva som trengs i forskjellige temperaturområder) er blitt utført med Maturix sine loggere for temperatur og fasthetsmålinger.



Figur 13-2: Fasthetsutvikling fra Nedre Sem Låve, som ved fasthetsoppfølging med ekstrem lavkarbonbetong kunne rive dagen etter med tiltakene som ble satt i verk.



Figur 13-3: Et av tiltakene var ekstra oppvarming av betongen og flatene som betongen kom i kontakt med, og dette måtte gjøres med strømaggregat grunnet høye miljøkrav.

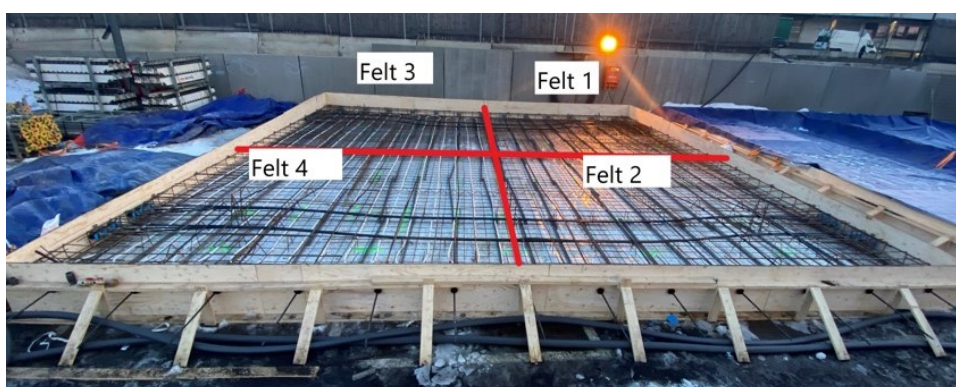
14 Ulven – Veidekkes nye hovedkontor – ekstrem lavkarbonbetong med resirkulert tilslag

Det skal bygges et nytt hovedkontor for Veidekke på Ulven i Oslo. Prosjektet har høye miljøambisjoner med nye innovative løsninger, og totalentreprisen er verdt 403 millioner kroner ekskl. Mva.

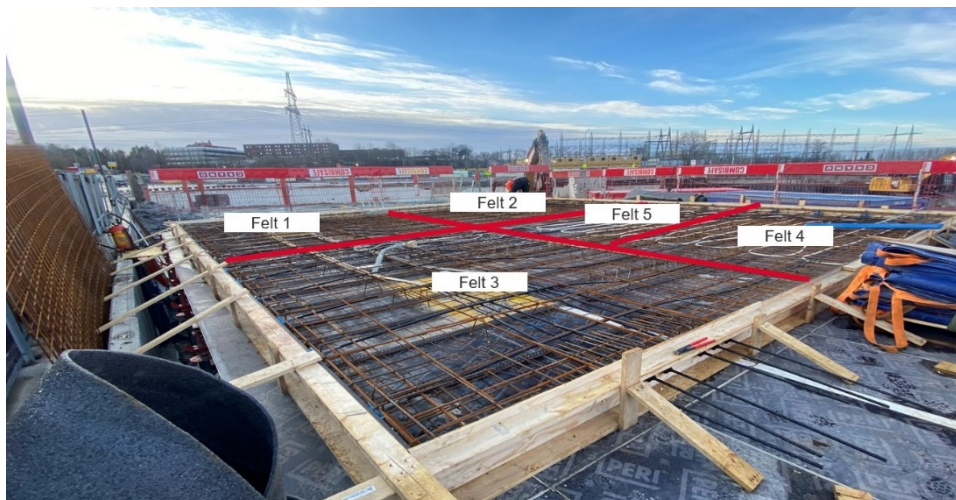
Det nye hovedkontoret til Veidekke skal bli et foregangs-bygg innen bærekraft og miljø. Bygget skal sertifiseres etter miljøstandarden BREEAM-NOR Excellent, og skal oppnå en klimagass-reduksjon på mer enn 50 % sammenlignet med referansebygg. Dette blir for eksempel første gang i Norge at knust betong fra et riveprosjekt erstatter 100 % av jomfruelige steinmasser i den nye betongen i bygget. Bygget skal stå ferdig i 2025.



Figur 14-1: Oversiktsbilde av Veidekkes nye hovedkontor på Ulven, der det ble utført ulike tester for å benytte seg av ekstrem lavkarbonbetong med resirkulert betong som tilslag. (Foto: Veidekke)



Figur 14-2: Testfelter for gulv på grunn med testing av ulike herdetiltak. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Figur 14-3: Testefelter ble inndelt for testing av ulike herdetiltak på dekket som skulle spennes opp. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Figur 14-4: En akselerator ble testet som overflateherder, for å kunne legge på isolasjon tidligere. Absolutt noe som kan benyttes, men begrensning i størrelse og kompleksitet på dekket. (Foto: Andreas Sjaastad)



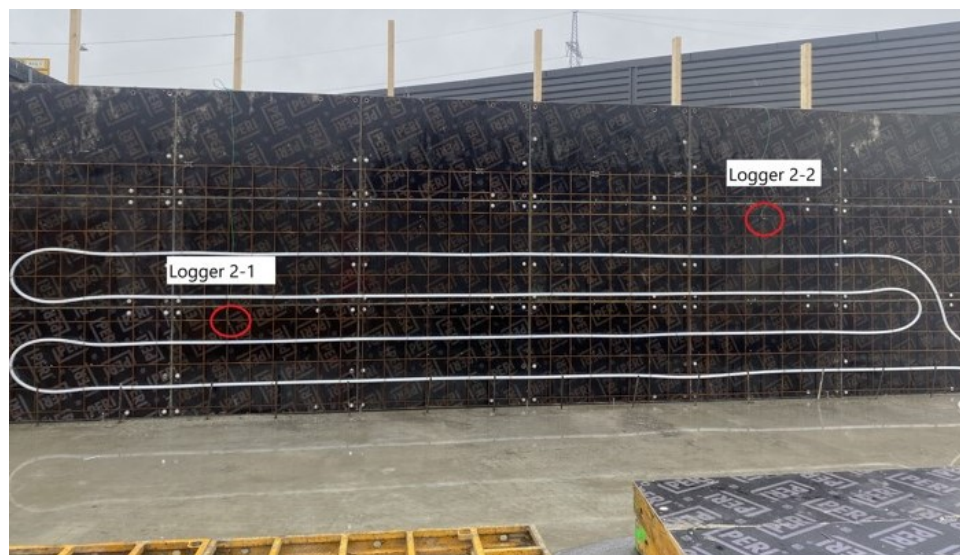
Figur 14-5: Prøvestøp med 4 områder med ulike herdetiltak. (Foto: Andreas Sjaastad)



Figur 14-6: Prøvestøp av dekke over søyler og vegger, som skulle spennes opp når betongen hadde oppnådd 25 MPa. (Foto: Andreas Sjaastad)



Figur 14-7: Et av tiltakene som ble testet var lamper med infra rød stråling (IR) og hadde overaskende god effekt. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Figur 14-8: Bilde av et av tiltakene for en av veggene, der oppvarming med glykol i rør sammenlignes med område uten tiltak. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Figur 14-9: Et av tiltakene var oppvarming med varmluft, men området ble begrenset til rett under dekket, slik at man ikke varmet opp unødig område/luft. (Foto: Alf Egil Mathisen)

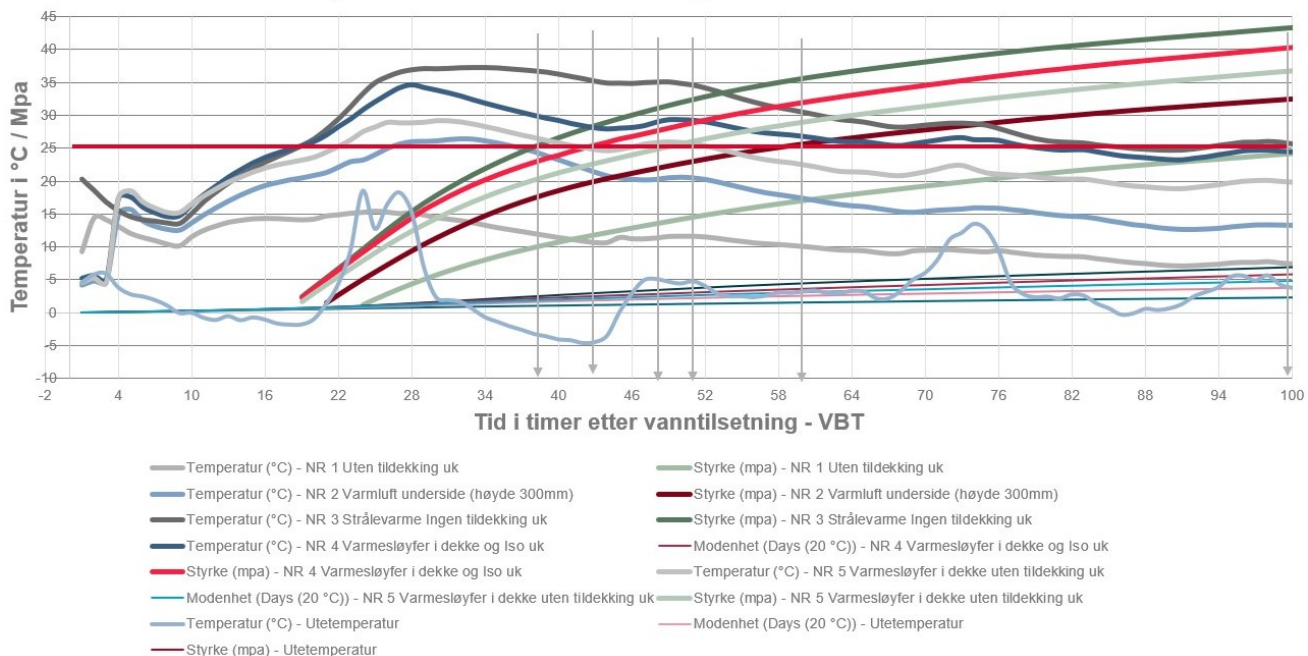


Figur 14-10: Ulike prøvestøper ble logget for å få mer kjennskap til ulike dimensjoner og effekten av flere tiltak. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Figur 14-11: Ene delen av fullskala prøvestøp som ga mye verdifull informasjon om bransjens mest miljøvennlige betong og effekten av ulike herdetiltak. Alt av prøvestøp ble revet/fjernet etter alle testene var blitt gjennomført. (Foto: Alf Egil Mathisen)

Dekke over Del I - Cem III/B B35M45 D22 Komplett sammenstilling av alle resultatene



Figur 14-12: Effekten av ulike herdetiltak for et dekke som skal spennes opp ved en fasthet på 25 MPa, tidsmessig er det nesten en hel dag skiller de ulike tiltakene.

Resultatene fra testene ga verdifull informasjon for nøyaktig planlegging av betongarbeider med ekstrem lavkarbonbetong fremover. Erfaringene fra testene kan brukes til å prise og planlegge betongarbeider, vurdere hva som kreves til ulike tider og hva det koster.

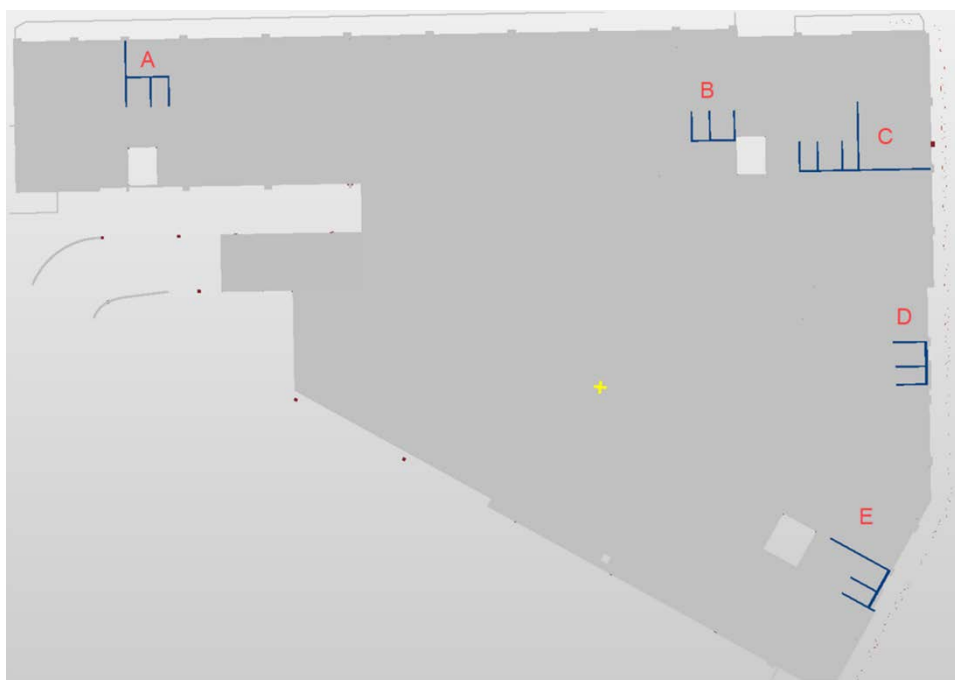
15 Ulven – Dagglid

15.1 Dagglid på Ulven B4

Forutsetninger

Prosjektet hadde hatt begrenset framdrift for betongarbeidene på grunn av setninger i tilknytning til byggegropen. Man lå derfor noe etter framdriftsplanen. Veidekke hadde erfaringer med klatring på det foregående byggetrinn B2, men forholdene på B4 var annerledes med tanke på tilgjengelig areal for lagring og håndtering av utstyr. Klatring ville også tatt lang tid og medført utsatt oppstart på betongarbeidene eller i råbygget. Klatring ble derfor utelukket.

Glid krever mindre utstyr og derfor enklere og rimeligere å håndtere på en trang byggeplass. Gjennomføring med glid ville kreve omtrent halve tiden sammenlignet med klatring. Kostnadene ville bli omtrent like for de to løsningene. Samtidig startet innflyttingen på B2, slik at arbeid døgnet rundt var uaktuelt. Løsningen ble derfor å kjøre glid på dagtid, dvs mellom kl 07 og 19.



Figur 15-1: Oversikt over sjakter som ble glidestøpt

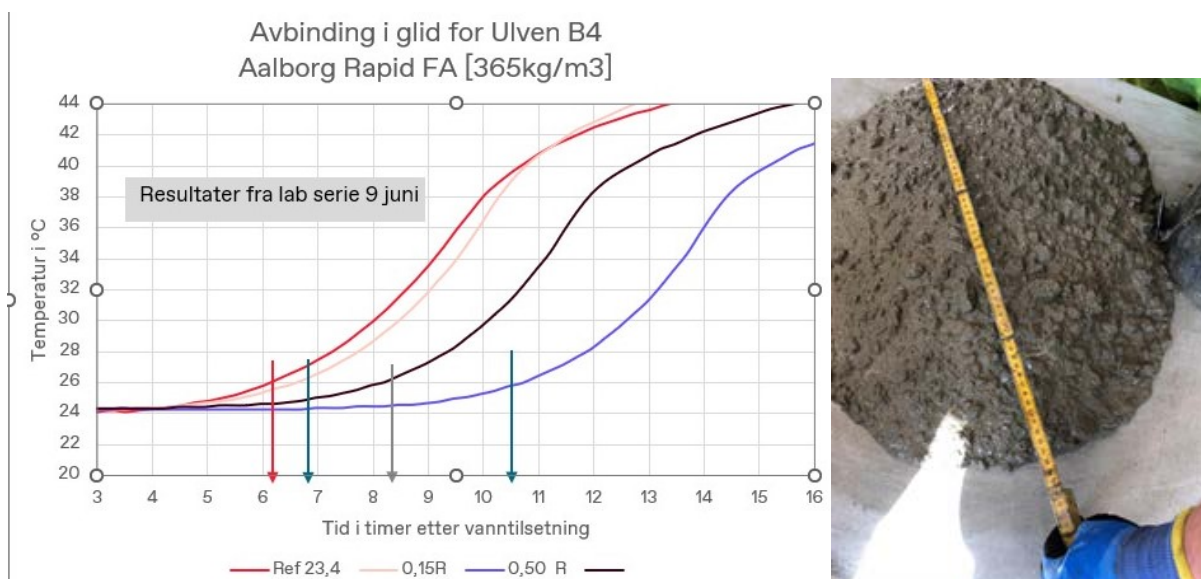
- ✓ Glid 1 omfattet sjakt D og E
- ✓ Glid 2 omfattet sjakt A, B og C. Montering av disse gikk parallelt med glid 1
- ✓ Glideformen har stor fleksibilitet i hva man kan tilpasse av vegger i samme operasjon. Derfor fikk vi med ekstra vegger på sjakt A, C, D og E som ikke ville vært inkludert med klatring. Gir mulighet for en raskere syklus på etasjebyggingen i råbygget videre.

Det var en forventning om at vi vill kunne kjøre ca 1,8 meter pr skift på denne måten. Målsettingen var å gjennomføre gliden i løpet av 6 uker midt på sommeren.

Betong

Betongens egenskaper er helt avgjørende for gjennomføringen av en glid og resultatet. De grunnleggende kravene til betongsammensetningen er de samme med en utførelse som glidestøp kontra tradisjonelt forskalt støping. Det vil si krav til fasthet- og bestandighetsklasse, kloridklasse, tilslag, herdeklasse og så videre. Den prosjekterende legger avgjør avhengig av prosjekt disse forutsetningene.

I forkant av en glidestøp må det utføres flere prøveblandinger av aktuelle betongsammensetninger. Disse må sjekkes med henblikk på robusthet (følsomhet for variasjoner i produksjonen), konsistens (praktisk arbeidsvindu), avbinding (hvordan styre avbinding med retarder eller temperatur) og glideegenskapene til betongsammensetningen.



Figur 15-2: Testing av betongsammensetninger

En velegnet, utprøvd og dokumentert betong er en av de viktigste faktorene for en vellykket glidestøp. Når man gjennomfører en glidestøp, så er det sikkert at forholdene endrer seg i løpet av gjennomføringen. Da må man sitt på verktøy og kjenne mekanismene som kompenserer for dette.

Organisering

Prosjektet ønsket en organisering der glideentreprenør stilte med glideform, utstyr og glidekjørere for å kjøre gliden. Prosjektet skulle stille med ledelse og stå ansvarlig for innleie og ledelse av bemanning på armering og betong. Denne delingen var ønsket fordi prosjektet hadde ledelse på prosjektet som var til disposisjon. Glideentreprenør var med i planlegging av prosjektet.

Erfaringer og forbedringspunkter

Generelt tilfredsstillende overflateresultater. Det ble noen områder med sår på overflaten. Disse skadene knyttes til den veldig høye sommertemperaturen vi hadde i perioden. I lange tider var temperaturen mellom 25 og 30 grader. Det gav utfordringer med betongen, rengjøring på forma og dermed overflatesår.

Framdriften per skift var i området 2,15 til 2,3 meter. En dag var vi helt oppe i 2,8 meter på en dag. Det er viktig at man kjører med jevn hastighet fra dag til dag for å jevnest fordeling av arbeidet og god kvalitet. God erfaring med tekniske føringer i gliden, slik som koblingsbokser for el og røropplegg for sprinkelanlegg.

Gjennomføringen skjedde i henhold til planen. Det tok 6 uker fra man ankom byggeplassen til sjaktene var ferdig og alt utstyr ryddet opp og returnert. Kvaliteten ble bra og man hadde mindre loddavvik og unngikk trapping i sjaktene slik man opplevde med klatring på B2 byggetrinn. Videre utførelse av råbygget fikk også en forbedret syklus i forhold til forrige prosjekt. Syklustid på 11 dager som var en forbedring på ca 5 dager.

Av forbedringspunkter avdekket vi at behovet for stikning må gjennomgås grundig før oppstart. Her ble behovet større en forventet, men noe skyldes også organiseringen og ansvarsfordelingen på prosjektet. En ansvarsfordeling slik vi hadde det her mellom glideentreprenør og prosjektet er ikke å anbefale og ble endret på til neste byggetrinn.

Viktig at nøkkelpersonell på gliden kan bruke armeringsmodell. Det må også avklares med konsulent i prosjekteringen hvordan objekter beskrives og målsettes for at det skal fungere i glid. All koteangivelse må være UK-høyder.

15.2 Ukeglid på Ulven D1a

Forutsetninger

Dette byggetrinn ligger mer for seg selv enn B4 gjorde. God avstand til bebodd bebyggelse. Nærmeste naboer er industri og jernbane. Derfor valgte man å legge opp til døgnglid på vanlig måte. Men det ble lagt opp til at glidearbeidene skulle avsluttes på fredag ettermiddag og gjenopptas mandag morgen. Dette var i hovedsak for å redusere kostnader knyttet til helgearbeid og ekstrakostnader knyttet til leveranse av betong i helgen. Helgekjøring ville også krevd et større antall sjåførere som måtte engasjeres på betongleveransen.

Byggetrinn besto av 4 sjakter med høyde ca 30 meter. Glideentreprenør og prosjekt ble enige om å kjøre alle 4 parallelt og at dette skulle gjennomføres på 2 arbeidsuker (10 dager). Sjaktene ble utført i februar.

Betong

De grunnleggende forutsetningen for denne gliden er de samme som ved glid på B4. Omfattende prøveblandinger og dokumentasjon var nødvendig. Denne gliden skjer på vinteren i februar/mars, så her var hovedfokuset hvordan holde temperaturen på betongen. Normalt prøves det ut forskjellige retarderdoseringer for å treffe ønsket avbinding i forhold til framdrift. Her ble prøvingen fokusert på betongtemperatur og avbinding som følge av endringer på den.

Konklusjonen ble at det var ønskelig med en fersk betongtemperatur rundt 25 grader på byggeplassen for å nå en framdrift på 3,5 meter i døgnet eller mer. I praksis kunne prosjektet klart en høyere glidehastighet, men hva man klarte i praksis av fersk betongtemperatur ble grensen for hva man klarte.

Med utførelse under vinterforhold ble det også lagt opp til oppvarming under forma på hengestillaset. Dette viste seg å være nødvendig for å få til god nok herding.

Erfaringer og forbedringspunkter

Vi hadde kalkulert med en gjennomføring av alle sjaktene på 10 arbeidsdager. Det lykkes vi med. De dagene vi hadde kontinuerlig glid (ikke ble påvirket av oppstart på mandager og avslutning på fredager) hadde vi en framdrift mellom 3,4 og 3,8 meter pr døgn. Innimellom var vi over 4 meter pr døgn.



Figur 15-3: Framdrift pr sjakt pr skift

Framdriften viste at vi lykkes godt med tiltakene for å holde på varmen i betongen, selv om det var minus 10 til minus 15 grader i glideperioden. Det var også viktig at vi holdt fersk betongtemperatur over 25 grader ved ankomst på byggeplass.

Vi gjorden noen erfaringer knyttet til installeringer av elektroentreprenøren. De stilte ikke med personellet som skulle jobbe i glideperioden på gjennomgangen vi hadde i forkant av gliden (deltok med leder). Personellet hadde heller ikke erfaring med glid, så det ble en del «armer og bein» i starten for disse. Det bør også settes ut merkinger på forma for deres installasjoner som er gjentakende for å forenkle monteringsarbeidet. De var heller ikke ordentlig forberedt på døgn drift og hadde derfor en for dyr bemanning med overtid. I seinere prosjekter bør det vurderes om glideentreprenøren bør ta denne type montering.

Det ble også gjort noen erfaringer med Comax. Det er forskjell på bl.a. vegg og dekke Comax og dette var vanskelig å identifisere i modell og da få inn riktig i glidelistene. I tillegg må de forskjellige Comax variantene tydelig merkes når de ankommer byggeplassen så bakkemannen velger riktig. Bakkemannen er en viktig funksjon. Vi bør bli tydeligere på hva hans oppgaver skal være og lage en liste/instruks over hans arbeidsoppgaver. Han skal også i noen sammenhenger koordinere kranbehovet mellom glid og andre

aktiviteter på prosjektet. HMS-kunnskap er også veldig viktig for denne personen siden han er anhuker og vurdere om sikkerheten i løftet er tilfredsstillende. Det er også å foretrekke at denne personen er norsktalende (minimum engelsk).

Erfaringen viser også at SJA gjennomgangene som utføres ved oppstart bør justeres. Nå er det for store grupper som er med og en bør over til en gjennomgang pr skift for å sikre at informasjonen når alle.

Vi opplevde at betongleveransen fungerte veldig bra. God kvalitet og samarbeidet mellom glidekjører og blandeverk fungerte godt. Også meget bra samarbeid mellom teknologene hos glideentreprenøren og betongleverandøren.



Figur 15-4: Sjakter på Ulven D1a

15.3 Samlet erfaring glid Ulven

Suksessfaktorer for en vellykket glid:

- ✓ Gjennomføring
 - Glid er for spesialister, både i planlegging og utførelse. Erfaring fra glid på B4 var at en oppdeling av roller og ansvar mellom glideentreprenør og prosjekt ble krevende. På D1a ble hele gliden ledet av glideentreprenøren og det gjorde gjennomføringen mer knirkefri.
 - Grundig planlegging er halt avgjørende
 - Logistikk som er forutsigbar og med nødvendige back-up løsninger
 - Samarbeid og kommunikasjon. Alle parter må ville det samme
 - Daglig statusmøte med alle parter som deltar i gliden. Alle blir hands-on og innstilt på å løse gjennomføringen. Viktige punkter å ta opp:
 - Framdrift siste døgn
 - Kvalitet på betongen (fasthet, temperatur, eventuelle forandringer)
 - Logistikk og leveransen av betong
 - Værforhold som påvirker gliden
 - Gjennomgang av siste døgn med partene som er på gliden (Interform, Veidekke, El og VVS)
 - Hva skjer neste døgn

- ✓ Kvalitet
 - Systematisk utstøping av betongen.
 - God ryddighet på forma
 - Rengjøring av form. Mangler dette er det hovedgrunnlaget for sår og skader
 - Klar og tydelig fordeling av arbeidsoppgaver og ansvar.

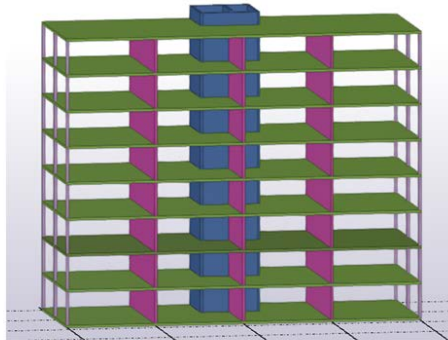
16 Materialbesparelse boligblokker

I denne studien har vi sett på muligheter for å spare betong og stål i et typisk råbygg i boligprosjekter, uten å endre på sluttproduktets egenskaper og funksjonalitet. Delmaterialer i betong og armering er knappe og kostbare ressurser. Ved å spare materialer kan prosjekter redusere kostnader og CO₂ avtrykk. Eksemplet som er brukt i studiet er basert på et typisk punkthus med 8 etasjer, 4 leiligheter per etasje og et etasjearealer på ca. 280 kvm. Studiet er begrenset til boligetasjene. Fundamentering og kjeller er ikke tatt med.

Det er kjørt statistisk beregning av råbygget i Robot Analysis for to løsninger:

- Tradisjonell løsning med slakarmering i dekker og vegger.
- Ny løsning med spennarmering i dekker og stålfiberarmering i vegger.

Resultatene viser at det er mulig å spare 25 % betongvolum og 25 % stål i dekker. I vegger er betongvolumet uendret, men stålmengden kan reduseres med 35 %. Praktiske utfordringer med brann og lyd er vurdert i studien. Resultater viser de kan løses ved å prosjektere detaljer nøye og ved bruk av egnet lydmatte. I studien er det kjørt CO₂ beregninger for dekker som viser en reduksjon på 30 %.



Tall basert på et typisk boligblokk (punkthus) av betong i 8 etasjer med 4-6 leiligheter per etasje.

Figur 16-1: Typisk boligblokk som ble brukt for sammenligning av normalt design med ny designmetode.

Miljø

Dekker i boligbygg → 30% mindre CO₂ utslipp kun på løsning

Resultatkategori	Klimagassutslipp kg CO ₂ e	Biogent karbonlagring kg CO ₂ e bio	Klimagassutslipp, LULUC kg CO ₂ e
C1-C4 Slutten på livet	40 168 -36 %		Detaljer
D Utover livsløp (ikke inkludert i totalen)	-675 812 +12 %		Detaljer
Total	1 454 071	0	0
Sammenlign samlede resultater med: 2 - Plattendekker			
2 - Plattendekker Total	2 063 621	0	0
2 - Etterspente dekker sammenlignet med 2 - Plattendekker	-30 %	0 %	0 %
Resultater per nevner			
Per år	24 234,52	0	0
Per m ² BTA	63,5	0	0
Per m ² BTA per år	1,06	0	0
Per bruker per år			

Biogent karbonlagring er kun vist som separat informasjon. Vær oppmerksom på at alle produsenter ennå ikke leverer denne informasjonen, slik at sammenligninger basert på disse dataene kan være misvisende. Klimagassutslipp fra landeffekter (LULUC) er vist separat.

Figur 16-2: Besparelser på CO₂ med ny metode.

17 Måløy Skipsvern

Måløybrua forbinder Vågsøy i Kinn med fastlandet, og er en del av riksvei 15. Brua har totalt 34 spenn og total lengde er 1 274 meter. Søylene under Måløybrua må beskyttes mot påkjøring av skip og båter, derfor skal det lages et skipspåkjørselsvern. For dette skal det støpes en betongkonstruksjon under vann med totalvolum på over 1000 m³. konstruksjonen krever ca. 900 kvm forskaling med varierende høyde, men maks høyde er 10 meter.

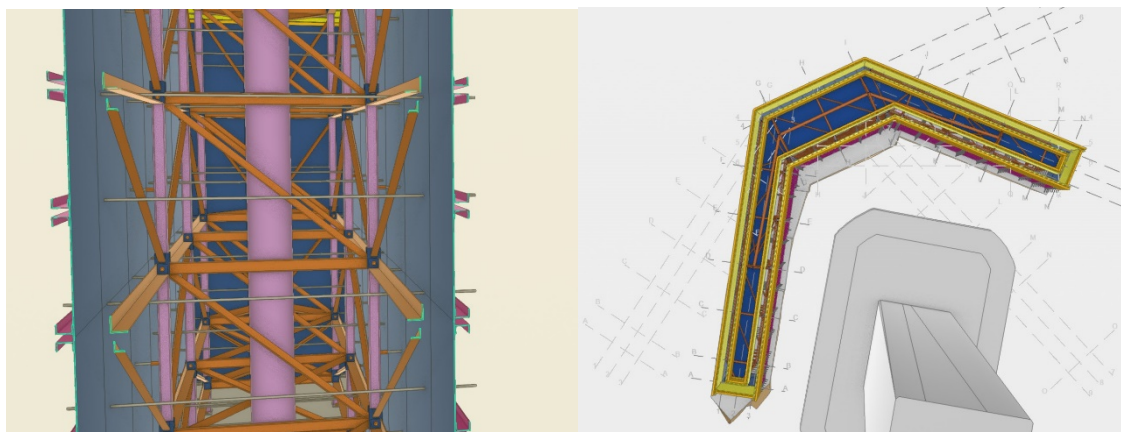


Figur 17-1: Søylene under Måløybrua. (Foto: Arild Førde)

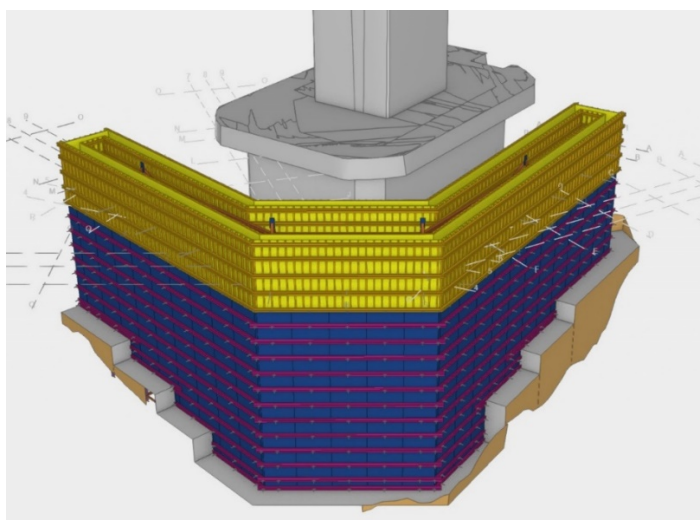


Figur 17-2: Det ble utført tester med undervannsbetong for å kontrollere at den egnet seg å støpe under vann. (Foto: Alf Egil Mathisen)

Kostnader for forskaling i vann er vurdert til å være veldig store. Det er derfor vurdert en ny løsning som består av en innvendig ramme som støpes i betongkonstruksjonen. Armering og forskaling blir montert på rammen ved kaien og hele konstruksjonen løftes på plass før støp av en stor kran på en leker. Konstruksjonen som skal heises på plass er 40 meter bred, 10 meter høy og over 1 meter tykk. Forskaling, armering og rammeverket blir værende som en permanent del av konstruksjonen, og det er høye kostnader å bruke leker med stor nok kran for å løfte denne 100 tonn konstruksjonen på plass, men det ville tatt mye lengre tid og mer kostbart å få utført dette under vann. Så vi ønsket å redusere undervannsarbeid til et minimum.



Figur 17-3: Bilder fra modell, med innvendig rammeverk og form.



Figur 17-4: Bilde fra modell, den prefabrikerte rammen med forskaling og armering er 40 meter bred, opptil 10 meter høy, er over 1 meter tykk, og veier over 100 tonn.



Figur 17-5: Løfting av rammeverk med forskaling og armering fra 23.06.23. Løsningen har vist seg å være kostnadseffektiv sammenlignet med tradisjonell løsning. (Foto: Alf Egil Mathisen)



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no