



# Erfaringsrapport Olav Kyrresgate

Storgatestein og drensbetong i bærelag

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 884



**Tittel**

Erfaringsrapport  
Olav Kyrresgate

**Undertittel**

Storgatestein og drensbetong i bærelag

**Forfatter**

Arya Bastiko  
Bård Pedersen

**Avdeling**

Fagressurser Drift og vedlikehold

**Seksjon**

Geofag Drift og vedlikehold

**Prosjektnummer**

B11732

**Rapportnummer**

884

**Prosjektleder**

Beate Eide Riisnæs

**Godkjent av**

Jostein Aksnes, Myndighet og regelverk

**Emneord**

Drensbetong, bærelag, storgatestein, testfelt, utlegging, erfaringsoverføring.

**Sammendrag**

Denne rapporten er utarbeidet for å dokumentere og ta vare på erfaringene fra prosjektet Olav Kyrres gate i Bergen hvor det er brukt drensbetong som bærelag under storgatestein.

Det ble her gjort et omfattende arbeid med legging av testfelt hvor ulike utlegginsmetoder ble prøvd for å finne den optimale metoden for at krav i vegnormal N200 skulle overholdes. I tillegg er det

gjennomført et stort arbeid med testing og kontroll underveis ved gjennomføringen av prosjektet.

I rapporten er det samlet mange gode erfaringer som vil være til hjelp ved senere prosjekter med drensbetong.

**Title**

Experience report Olav Kyrres street

**Subtitle**

Paving stones and pervious concrete in the supporting layer.

**Author**

Arya Bastiko  
Bård Pedersen

**Department**

Planning and Engineering Services

**Section**

Geomechanics

**Project number**

B11732

**Report number**

884

**Project manager**

Beate Eide Riisnæs

**Approved by**

Jostein Aksnes, Myndighet og regelverk

**Key words**

Pervious concrete, base layer, paving stone, test field, placing methods, placing pervious concrete

**Summary**

This report has been established to document and provide information and experiences from the project Olav Kyrres Street in Bergen, where pervious concrete is used as a base layer underneath paving stone.

An extensive work has been done to establish test fields, finding different placing methods and find the optimal method so that the pervious concrete follows the requirements in the road standard N200. In addition, it is carried out a great deal of work with testing and control during the execution of the project. The report contains a basis of experience that may be helpful for future projects that will use pervious concrete as a base layer



## INNHOLDSFORTEGNELSE

REVISJONSLISTE .....	1
SAMMENDRAG .....	2
1. INNLEDNING .....	3
2. OLAV KYRRESGATE.....	4
2.1 Eksisterende overbygning og undergrunn .....	5
2.2 Beslutning om kalksementpeling.....	6
2.3 Prosjektert tverrsnitt av storgatestein i brobue og dimensjonert overbygning.....	6
3. MATERIALSAMMENSETNING OG EGENSKAPER TIL DRENSBETONG .....	8
3.1 Drensbetong i forhold til ordinær betong .....	8
3.2 Eksempler på materialsammensetning, resepter brukt i prosjektet.....	8
4. TESTING AV DRENSBETONG.....	10
4.1. Testmetoder og krav .....	10
4.2 Utleggingsmetode av testfeltet på Stend.....	12
4.3 Testing av drensbetong i byggefasen.....	15
5. RESULTAT DRENSBETONG.....	15
5.1 Resultater fra testfelt 1.....	15
5.2 Resultater fra testfelt 2.....	16
5.3 Resultater fra byggefasen .....	18
6. ERFARINGER OG VIDERE ARBEID .....	21
7. REFERANSER.....	27
VEDLEGG 1: Testfelt Stend - Bilder av utlegging.....	28
VEDLEGG 2: Testfelt Stend - Bilder av sylinderprøver.....	33
VEDLEGG 3: Byggefase - Bilder av utlegging .....	38
VEDLEGG 4: Byggefase - Bilder av sylinderprøver .....	41
VEDLEGG 5: Olav Kyrresgate- Bilder av ferdig bygget gate.....	44
VEDLEGG 6: Data over nedbørsmengder i forkant av utlegging testfelt 2 felt A.....	46
VEDLEGG 7: Rapport Sintef Evaluering av bærelag- Bistand tilknyttet gjennomført Testfelt .....	47

## REVISJONSLISTE

Revisjon nr.	Dato	Endringer

## **SAMMENDRAG**

Denne rapporten er utarbeidet for å dokumentere og ta vare på erfaringene fra prosjektet Olav Kyrres gate i Bergen hvor det er brukt drepsbetong som bærelag under storgatestein. Det ble her gjort et omfattende arbeid med legging av testfelt hvor ulike utleggingsmetoder ble prøvd for å finne den optimale metoden for at krav i vegnormal N200 skulle overholdes. I tillegg er det gjennomført et stort arbeid med testing og kontroll underveis ved gjennomføringen av prosjektet.

I rapporten er det samlet mange gode erfaringer som vil være til hjelp ved senere prosjekter med drepsbetong. Prosjektet oppdaget tidlig at vegnormal N200 er nokså umoden når det gjelder drepsbetong og har betydelige mangler og til dels feil både i angivelsen av testmetoder og krav. Rapporten gir derfor forslag til forbedringer i regelverket samt forslag til videre arbeid/dokumentasjon.

Det er erfart at drepsbetong er et sensitivt material hvis det oppstår endringer i materialsammensetning. Uten at det er konkludert, antar man at det kan være mangel på kontroll av fuktinnhold i tilslaget som kan ha vært årsaken til varierende resultater. Det er også sett indikasjon til at massene ikke ble blandet godt nok under produksjonsprosessen. Siden massen i tillegg ikke er fraktet med trommel kan separasjon og inhomogenitet oppstå.

Prosjektet har til slutt funnet en metode hvor verdiene for trykkfasthet og hulrom for drepsbetong er i henhold til kravene i vegnormal N200. Dette med en fastsatt prøvemethode/dimensjon, materialsammensetning og utleggingsmetode.

## 1. INNLEDNING

Etter oppdrag fra Myndighet og Regelverk, avdeling Vegutforming, seksjon Vegteknologi, har Geofag DoV i divisjon drift og vedlikehold utarbeidet en erfaringsrapport fra prosjektet Olav Kyrresgate. Dette ble initiert for å få innblikk i hva slags erfaringer som ble gjort ved bruk av drensbetong og i tillegg få belyst hva som bør forbedres og utvikles videre i vegnormal N200.

Olav Kyrresgate er en kollektiv gate i Bergen sentrum bygget på storgatestein, hvor gaten har en høy belastning av busser. Gaten var preget av setninger langs med busstrasé hvor bussene hadde problemer med å åpne dørene for passasjerer. Som en del av Miljøløftet ble det innført tiltak for å oppruste gaten. Et forsøksfelt med påsatt trafikk i 9 måneder ble opprettet, for å kunne se hvordan drensasfalt og drensbetong oppførte seg med de trafikkbelastningene som var til stede. SINTEF utarbeidet en rapport fra forsøksfeltet med beskrivelse av prosess og resultat, se vedlegg 8. Ut fra resultatene ble det besluttet å ta i bruk drensbetong som bærelag.

Før byggefasen ble det satt opp flere testfelt med drensbetong for at entreprenør kunne få en erfaring med materialet og for å finne riktig utleggingsmetode, slik at kravene ble overholdt i N200.

Efaringene fra både testfelt og byggefasen har gitt mye kunnskap om drensbetong, som vil være nyttig for fremtidige prosjekter, i tillegg til å kunne gi forslag til forbedring av vegnormal N200 og videre arbeid.

I denne erfaringsrapporten har flere personer bidratt med gjennomgang og gitt innspill. Disse har også vært involvert gjennom hele prosjektet:

Reidunn Aastveit - Byvekstavnale Bergen

Knut Eidsnes – Byvekstavnale Bergen

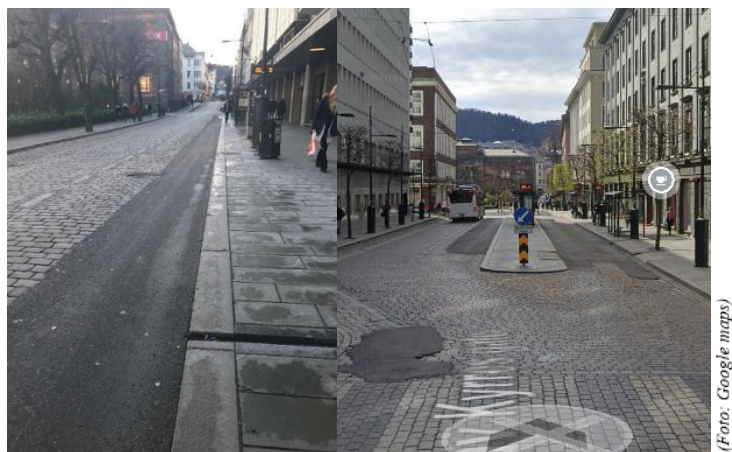
Bård Pedersen – Konstruksjonsteknikk Vegdirektoratet

Leif Bakløkk - Teknologi Drift og vedlikehold

## 2. OLAV KYRRESGATE

Olav Kyrresgate ligger i Bergen sentrum og er et kollektivt knutepunkt, hvor strekningen for det meste er belastet med busser. Gaten har en ÅDT 4550, hvorav 50% er andel tunge kjøretøy og går innunder trafikkgruppe F.

Over tid har gaten blitt preget av setninger, hvor det er blitt gjort gjentakende tiltak med asfaltering over storgatestein for at bussene skulle kunne åpne dørene for passasjerer, se figur 2-1 og 2-2.



Figur 2-1: Viser midlertidig tiltak med asfaltering over storgatestein langs med bussholdeplassene

Som en del av Miljøløftet om å fortsatt opprettholde kollektiv gate, ble det besluttet opprustning av gaten med følgende hovedgrep:

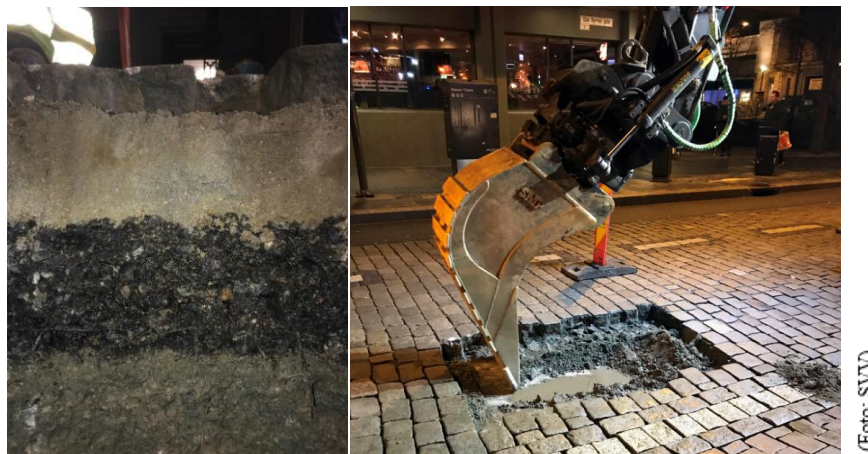
- Gaten blir bygget for å tåle de trafikkbelastningene som den blir utsatt for.
- Fortsatt gi et godt tilbud til de som tar kollektivtransport.
- Bedre plass til passasjerer og gående.
- Holdeplassen oppgraderes, nye designleskur.
- Bedre trafiksikkerhet og ruteinformasjon.



Figur 2-2: Setninger på brostein og asfalt som har beveger seg opp etter platekantstein.

## 2.1 Eksisterende overbygning og undergrunn

Undersøkelser av overbygning og undergrunn ble gjort ved oppgraving av eksisterende veg. Overbygningen bestod av et lag med brostein på 12 cm, 13 cm settesand, total 18 cm asfalt og et forsterkningslag med 68 cm fk 0/32 med undergrunn klassifisert som humusholdig kulturlag, se figur 2-4. Figur 2-3 viser bildet da det ble utført prøvegraving i Olav Kyrresgate.



(Foto: SVV)

Figur 2-3: Oppgraving av eksisterende overbygning.

Hull 1: E16, Hp 15, m 10033

Lag:	Materiale:	Tot. hoyde (mm)
Brostein	12,0 cm	120
Settesand (prove 5)	13,0 cm	250
Asfalt	9,0 cm mod. Ap/Ag*	330
Asfalt	9,0 cm Ap*	410
Geonett	Storrutet	
Forsterkningslag (Prove 3)	68 cm ca. 0/32	1090
Geonett/fiberduk	Storrutet	
Undergrunn (Prove 1)	Humusholdig kulturlag	

Figur 2-4: Laginndeling av eksisterende overbygning.

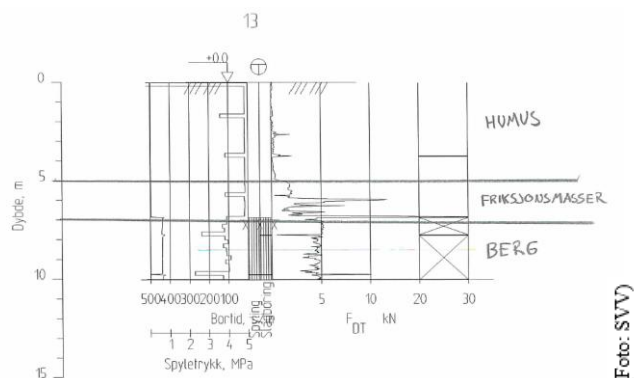
Resultatene fra grunnundersøkelser viste prøver med humusinnhold på opptil 90% og vanninnhold på 138,1%. Det ble påvist lite motstand i totalsonderinger på deler av strekningen, se figur 2-5 og geoteknisk rapport [1]. Basert på geoteknisk undersøkelser, var det ønskelig å gjøre tiltak for å kunne stabilisere undergrunn med kalksementpeler. Samtidig var det et krav fra riksantikvar og Norsk institutt for kulturminneforskning (NIKU) å bevare kulturlaget som kunne innholde viktige kulturminner.

a)



Figur 3: bilde av prøve tatt opp fra hull nr. 10 og hull 13

b)

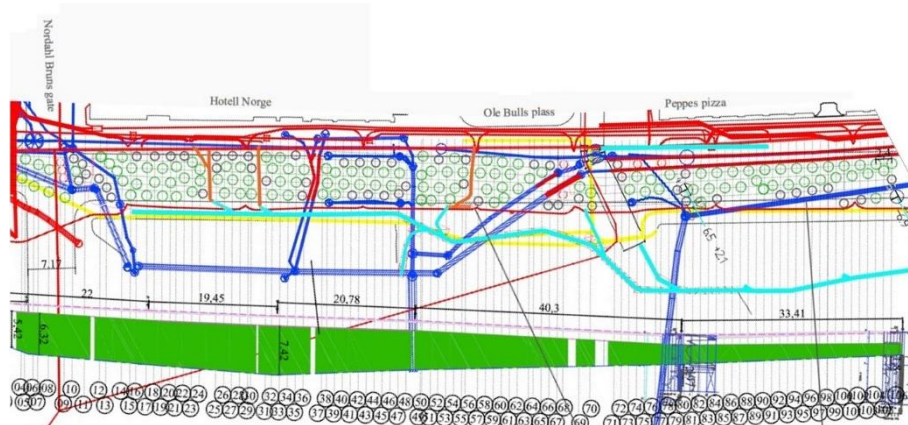


(Foto: SVV)

Figur 2-5: a) Viser prøver tatt fra hull 10 og 13. b) Totalsonderingen fra punkt 13 med lite bormotstand i humuslaget.

## 2.2 Beslutning om kalksementpeling.

I begynnelsen av prosjektet ble det stilt krav av NIKU og Riksantikvaren om å bevare kulturlaget og begrense overbygning til kun 1 meter. Etter videre grunnundersøkelser av kulturlaget ble begrensningene opphevet, slik at det kunne utføres kalksementpeling på den strekningen som hadde dårligst undergrunn. 183 kalksementpeler ble installert på en strekning, hvor kabler og rør måtte legges mellom og rundt pelene, se figur 2-6.

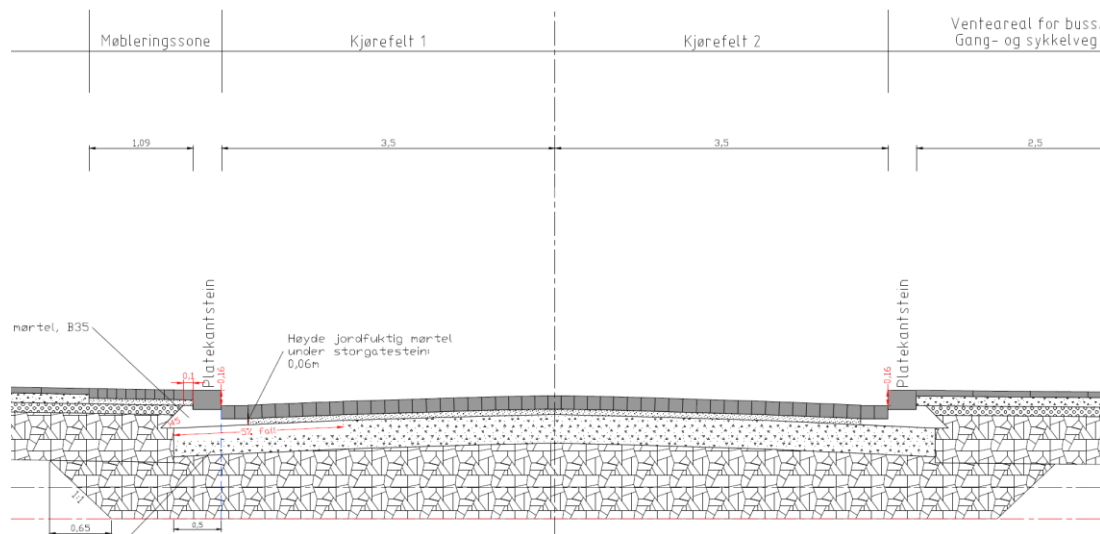


Figur 2-6: Kart over peleplan og infrastruktur.

## 2.3 Prosjektert tverrsnitt av storgatestein i brobue og dimensjonert overbygning

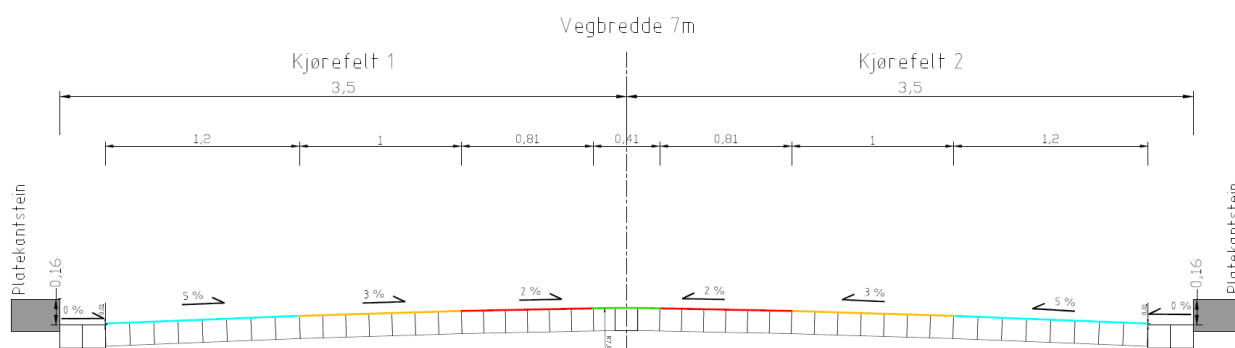
Olav Kyrregate er prosjektert med storgatestein i brobue med fall mot sluk, hvor storgatesteinen står i knas og hvor platekantstein låser steinene på hver side av brobuen. Denne fastspente løsningen bidrar til at storgatesteinen ikke kan bevege seg, i tillegg til å gi økt bæreevne til overbygningen. Drensbetongen er ført videre 0,5 m forbi platekantstein på hver side, slik at belastningen blir fordelt også ut til sidene, se figur 2-7.





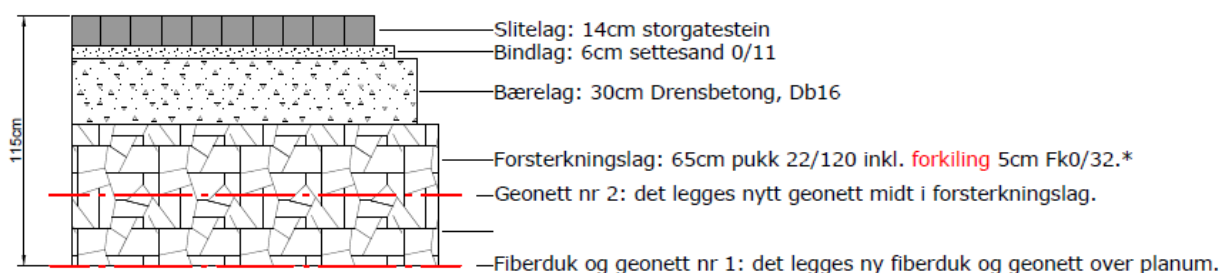
Figur 2-7: Prosjektert tverrsnitt av storgatestein i broeue hvor drengbetongen er ført 0,5 m forbi platekantstein.

Figur 2-8 viser hvordan fallet mot sluk er prosjektert. Hvor fallet varierer med 2 % fall fra toppen til 5 % fall ned mot sluk. Ved siden av platekantstein er to storgatestein lagt i 0% fall og er støpt i drengbetongen. Disse ligger også litt under buen slik at de danner en renne som fører vannet inn i sluk.



Figur 2-8: Prosjektert tverrsnitt med fall ned mot sluk.

Dimensjonert overbygning for Olav Kyrresgate er vist i figur 2-9. Drengbetongen ble økt fra opprinnelig 22cm til 30cm. Forsterkningslaget ble lagt med en tykkelse på 65 cm i tillegg til at det ble lagt geonett på planum og midt i forsterkningslaget. Den økte tykkelse på drengbetongen og geonett ble innført som tiltak for å kunne øke bæreevnen, da det var en del usikkerheter rundt dårlig undergrunn på strekningen før grunnundersøkelser ble utført. Derimot ble ikke drengbetongtykkelsen og innføring av geonett endret tilbake selv om undergrunn ble stabilisert med kalksementpeler.



Figur 2-9: Dimensjonert overbygning for Olav Kyrresgate, med drengbetong i bærelaget.

### 3. MATERIALSAMMENSETNING OG EGENSKAPER TIL DRENSBETONG

#### 3.1 Drensbetong i forhold til ordinær betong

Ordinær konstruksjonsbetong består av i størrelsesorden 70 volum % velgradert tilslag og ca. 30 % sementpasta. Tilslaget, som normalt består av fraksjoner opp til 16 eller 22 mm, er satt sammen med tanke på å gi minimalt hulrom. For å oppnå de nødvendige egenskapene i fersk (flyteegenskaper og stabilitet) og herdet fase (mekaniske og bestandighetsmessige egenskaper) må mengden sementpasta (vann + sement) justeres slik at den fyller alle hulrom mellom tilslagskorn, pluss litt til. Ordinær betong er et porøst material (12-15 %), men det meste av dette er mikroporøsitet (porer på nm-nivå). Luftporer/makroporer utgjør normalt 2-5 %. Styrke og tetthet er (noe forenklet) en funksjon av forholdet mellom vann og sement (v/c), hvor redusert v/c gir økt styrke og økt tetthet. Ordinær konstruksjonsbetong er normalt relativt flytende, mens spesielle betongtyper (f.eks. valsebetong og belegningsstein) produseres med helt tørr konsistens. Slike betongtyper er i stor grad avhengig av riktig komprimering for å oppnå ønskede egenskaper.

I motsetning til ordinær betong hvor det er ønskelig med en tett betong, med så lite hulrom som mulig, så er det viktig for drensbetongen og ha et åpent steinskjelett med gode dreneringsegenskaper, slik at vann kan trenge igjennom. Drensbetongen er proporsjonert med ensgradert tilslag, f.eks 8/11 eller 11/16. Man får et «åpent steinskjelett» med et stort hulrom mellom tilslagskorn – og et underskudd av sementpasta. Man kan dermed oppnå store hulrom, f.eks. i området 15-25 %, som gir den ferdige betongen drenerende egenskaper. Økt hulrom vil generelt gi redusert styrke. Betongen må legges ut med tørr eller såkalt «jordfuktig» konsistens for å være stabil nok, og må komprimeres med passende utstyr. V/c-forholdet har ikke så stor betydning for oppnådd styrke som for ordinær betong, da oppnådd komprimeringsgrad i større grad vil være styrende. De oppnådde egenskapene er en funksjon både av materialsammensetning og av tilført komprimeringsenergi. Drensbetong er følsom for små variasjoner i sammensetning, og spesielt i vanninnhold.

#### 3.2 Eksempler på materialsammensetning, resepter brukt i prosjektet

Drenerende betong vil normalt settes sammen av tilgjengelige lokale materialer. Veldig mange betongstasjoner har et snevert utvalg av tilslagsfraksjoner tilgjengelig på silo, ofte er tilgjengelige materialer 0/8 mm, 8/16 mm og 16/22 mm. Noen produsenter har også 0/2 eller 0/4 mm sand tilgjengelig. I noen tilfeller brukes «kortere» fraksjoner for det grove tilslaget, f.eks. 8/11 mm og 11/16 mm. Type tilgjengelig sement og eventuell tilgang på ekstra flygeaske varierer ellers fra produsent til produsent. Hovedprinsippet ved proporsjonering er som nevnt over et «åpent steinskjelett», f.eks. ved bruk av mye 8/11 eller 11/16 mm og i liten grad bruk av fraksjoner < 8 mm. Samtidig vil sement- og vannmengde normalt sett være relativt lavt. Resepter må utvikles lokalt av den enkelte produsent basert på tilgjengelige materialer, og må prøves ut ved fullskala utlegging i felt med bruk av egnet komprimeringsutstyr. Det kan også være aktuelt å bruke ulike typer kjemiske tilsetningsstoffer, f.eks. plastiserende og/eller retarderende.

I tabell 3-1 vises variasjonsspekteret for et utvalg av norske drensbetonger mht. mengde bindemiddel, vann og masseforhold, mens eksempler på graderingskurver er vist i figur 3-1. I noen prosjekter har det vært benyttet naturtilslag, mens det har vært brukt knust tilslag i andre. Det er påfallende store variasjoner i resepter som har vært benyttet i Norge, spesielt i forhold til bindemiddelmengde. Det er uklart i hvor stor grad det har vært jobbet

for å optimalisere reseptene, men målsetningen har vært å produsere drensbetong med ca. 15 % hulrom og trykkfasthet på ca. 20 MPa for disse betongene.

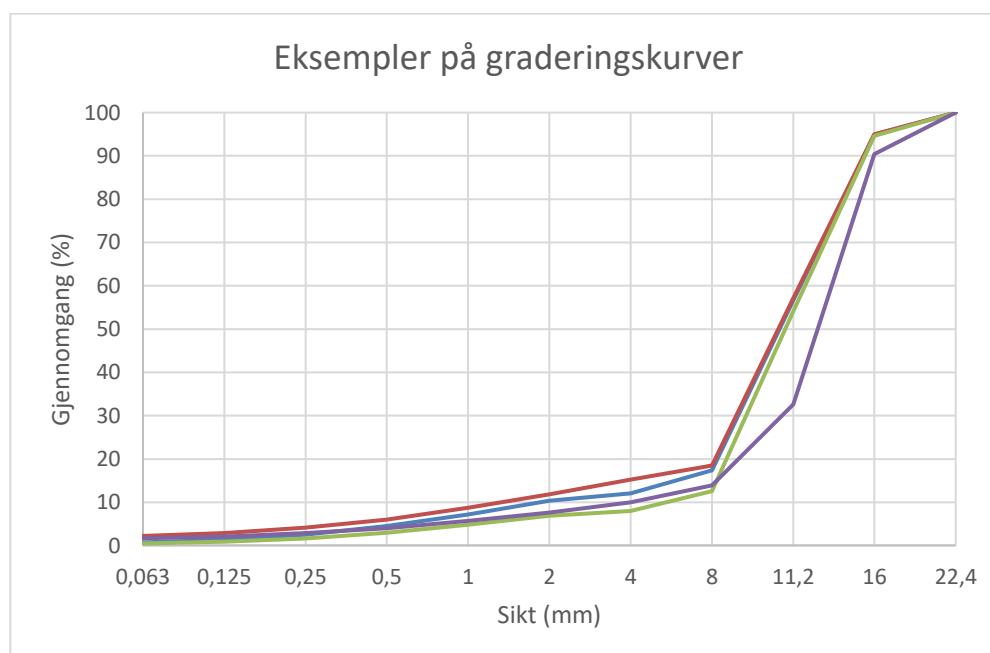
Eksemplene som er vist her kan være et utgangspunkt for nye prosjekter, men det presiseres at det i hvert enkelt prosjekt må arbeides med å utvikle optimal materialsammensetning og et kvalifiseringsforløp for å kunne forsikre seg om at egenskapskravene for drensbetong blir overholdt i N200.

Tabell 3-1: Variasjonsspekter i bindemiddelmengde, vannmengde og masseforhold for utvalgte norske drensbetonger.

Materialer (kg/m <sup>3</sup> )	Drensbetong	
Grenseverdi	Max.	Min.
Bindemiddel*	383	237
Silikastøv	5 %	0
Flygeaske	20 %	0
Vann	118	80
Masseforhold (v/c)**	0,33	0,26

\*Sement, flygeaske og silikastøv

\*\*Beregnet med  $k=1,0$  for flygeaske og  $k=2,0$  for silikastøv



Figur 3-1: Eksempler på sammensatte graderingskurver for drensbetonger som har vært brukt i Norge.

#### 4. TESTING AV DRENSBETONG

I forkant av byggefasen ble det etablert et testfelt i Olav Kyrres gate for å kunne vurdere hvilken type bærelag som var egnet å bruke med de trafikkbelastningene som gaten ble utsatt for. Testfeltet ble påsatt trafikk i 9 måneder og prøver ble analysert, testet og skanning av overflaten ble utført for å registrere deformasjoner/spordannelse. SINTEF ble involvert og bidro med å utarbeide en rapport fra testfeltet, se vedlegg 8. Basert på resultatene fra testfeltene i Olav Kyrresgate, ble det besluttet å ta i bruk drensbetong i bærelaget, til tross for at ikke alle resultater var i henhold til gjeldende krav. Prosjektet så derfor potensialet for forbedring i utleggingsmetode og materialsammensetning for å kunne oppnå resultater i henhold til krav.

Det ble deretter opprettet et testfelt på Stend, for at den valgte entreprenøren skulle bli kjent med drensbetong og for å finne riktig utleggingsmetode, som kunne oppnå kravene i vegnormal N200. Basert på resultatene fra testfelt på Stend, ble den endelige utleggingsmetoden valgt.

I byggefasen ble det jevnlig utført testing av drensbetongen, både av entreprenør og byggherre. Dette bidro til god oppfølging og kontroll. I tillegg til å se om resultatene samsvarte med utleggingsmetoden gjort ved testfeltet på Stend.

Bilder av sylinderprøvene fra testfeltet på Stend og byggefasen er vist i vedlegg 3 og 5.

##### 4.1. Testmetoder og krav

For å finne testmetoder og krav for å analysere drensbetong ble vegnormal N200 (2018) brukt [3]. Her ble det oppdaget at det var manglende henvisninger til metode og mangelfull informasjon, som var nødvendig å ha for å kunne utføre testing på drensbetong. Mye tid ble brukt for å finne best mulig måte å analysere drensbetong på. Tabell 4-1 viser hvilket metoder prosjektet har brukt for de ulike analysene, sammenlignet med vegnormal N200 (2018) [3].

For å bestemme trykkfasthet, manglet det informasjon i vegnormal N200 (2018) om prøvene kunne være utstøpte i kuber eller skulle være utborede sylinderprøver. Det manglet også dimensjonskrav til sylinderprøvene, om hele tverrsnittet skulle testes eller om det var akseptabelt å teste tynnere prøver. På bakgrunn av dette valgte prosjektet å opprette sine egne krav til dimensjoner og område for testuttak.

Prosjektet baserte seg på følgende hypoteser når testmetode for trykkfasthet ble besluttet;

1. Drensbetong vil ikke være homogen gjennomgående når komprimeringen blir utført på toppen av laget. Det bør derfor stilles krav til å teste hele tverrsnittet.
2. Drensbetongen som testes gjennom hele tverrsnittet må ha en dimensjon som gjør at man unngår omregningsfaktor. Dette er fordi drensbetong, med gitt utleggingsmetode må ha sin egen omregningsfaktortabell og kan derfor ikke følge den samme som for vanlig betong, se tabell L5: b i NS 3420 eller metode 421 i laboratoriehåndbok R210 [4].

3. Omregningsfaktoren på sylindertestene bør derfor være 1 med en høyde/diameterforhold på 2.

I prosjektet ble det brukt sylindertestene med dim. Ø10x20 cm. Denne dimensjonen gir omregningsfaktor 1 og høyde/diameterforhold 2. Ved bruk av Ø15x30 cm ville man kunne testet mer av tverrsnittet, men siden sylindertestene måtte planeres og kuttet 1 cm på topp og bunn, ble dimensjonsmålene for små til å kunne oppnå en omregningsfaktor på 1. Krav til dimensjonsmål vil bli diskutert videre i kap. 6.

For hulrom, manglet det henvisning til metode og dimensjonskrav for sylindertestene i vegnormal N200.

Prosjektet tok derfor en beslutning om å ta i bruk en hulromsmetode funnet i en vitenskapsartikkel, Journal fra ASTM [2]. I analysen ble det brukt sylindertestene med dim. Ø10x30 cm, hvor hele lagets tverrsnitt ble analysert. Metoden gav resultater som så ut til å ha god relasjon med trykkfasthetsverdiene, men som allikevel bør ses nærmere på, for å kunne ta den i bruk vegnormalen. Metode for testing av hulrom i drensbetong, bør også bli lagt inn i laboratoriehåndboken R210 [4].

For permeabilitet var det henvist til en standard i vegnormalen N200, som spesifiserte et spesifikt apparat med utløp Ø5 cm. Kravet som var stilt samsvarte heller ikke med ligningen som er spesifisert i vegnormal N200 [3]. Det er funnet ut at kravet sitt opphav er fra den tyske veilederen som prosjektet også har brukt som metode for å anslå permeabilitet [5]. Det ser ut til at det er stokket litt om på disse to metodene.

Den tyske veilederen beskriver en metode som krever et Ø30 cm rør og 2 liter vann. Tiden det tar for vannet å renne gjennom drensbetongen utgjør permeabilitetsegenskapene. Metoden er enkel å utføre og bør henvises til og legges inn som metode i laboratoriehåndboken R210 [4].

Det ble i tillegg stilt et krav til geometrisk avvik i forhold til prosjektert høyde på drensbetongen i kontrakt. Det ble stilt krav til at det geometriske avvik ikke kunne overstige  $\pm 10$  mm. For å kunne anslå verdien brukes det skanning på overflaten, som angir det laveste og høyeste punkt i forhold til prosjektert linje. Vegnormalen N200 stiller det ikke krav til det geometriske avvik på drensbetongen, som blir diskutert videre i kap. 6.

Tabell 4-1: Krav og testmetoder som er brukt i prosjektet sammenlignet med vegnormal N200 (2018) [3].

Analyser	Testmetode		
	Håndbok N200 (2018)	Olav Kyrresgate	Merknad
<b>Trykkfasthet</b>  Krav: Enkeltprøver skal være minimum 15 MPa, gjennomsnitt av 5 prøver minimum 20 MPa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen henvisning til testmetode.</li> <li>- Ingen informasjon om prøvene skulle være støpte kuber eller utborede sylindere.</li> <li>- Ingen informasjon om dimensjon på prøvestykkene.</li> </ul>	NS-EN 12390-3 (2009) NS-EN 12390-1 (2012) NS 3420 (1986) Utboring av sylinderkjerner Dim. Ø10x20 cm	Sylindertestene bør være så lik som mulig den prosjekterte tykkelsen. Omregningsfaktor ble satt til 1 med $h/d=2$ . Det ble utført utstøping i kuber tidlig i prosjektet, som gav høye trykkfasthetsverdier sammenlignet med utborede sylindertestene.

<p><b>Hulrom</b></p> <p>Krav: Minimum 15 volum-%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ingen henvisning til testmetode.</li> <li>- Ingen informasjon om prøvene skulle være støpte kuber eller utborede sylindere.</li> <li>- Ingen informasjon om dimensjonen på prøvestykkene.</li> </ul>	<p>Journal of ASTM International, Montes, F., Valavala, S., Haselbach, L.M.: "A new test method for porosity measurements of Portland cement pervious concrete", Journal of ASTM International, January 2005, Vol. 2.</p> <p>Dim. Ø10x30 cm</p>	<p>Bør analysere hele den prosjekterte tykkelsen.</p>
<p><b>Permeabilitet</b></p> <p>Krav: <math>k_f \geq 5,4 * 10^{-5} \text{ m/s}</math></p>	<p>NS-EN 12697-40</p> <p>Krever et apparat med Ø5cm rør.</p>	<p>Tysk veileder: Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen, [FGSV-Nr. 947] og M DBT Merkblatt für Dränbetontragschichten.</p> <p>Ø30 cm rør og 2 liter vann.</p>	<p>NS-EN 12697-40 oppgir benevning i s<sup>-1</sup>. N200 viser krav med benevning m/s.</p> <p>Den tyske veilederen er en god representativ metode for drengbetong for å anslå permeabilitet. Den omfatter et større testområde enn den som er henvist i håndboken.</p>

## 4.2 Utleggingsmetode av testfeltet på Stend

### Utlegging testfelt 1

Testfelt 1. ble delt opp i 4 felt hvor det ble utført forskjellige komprimeringsmetoder på hvert felt. Felt 1 og 2 ble lagt sammenhengende 30 cm uten komprimering, kun med avretting på toppen. Felt 2 inneholdt retarder som økte herdetiden. Felt 3 ble lagt tilsvarende i ett lag og ble komprimert med en hagerulle på 80 kg med tre overfarer. Felt 4 ble lagt i ett lag og komprimert med en gittervals med to lodd, hvor entreprenør ikke hadde oppgitt vekt på lodd eller antall overfarer. Se feltene og komprimeringsvektøyet som er brukt i figur 4-1. Flere bilder av utleggingen fra testfelt 1 er vist i vedlegg 2.

Drengbetongmassen ble lagt ut med trommel og renne. Dette viste seg å være vanskelig å utføre, da massen ikke var flytende nok, som skapte problemer med å få betongmassen ut av trommelen. Konsistensen var mer fast og mindre flytende enn vanlig betong. Krav om 2 timers utlegging og frakttid ble derfor ikke overholdt.

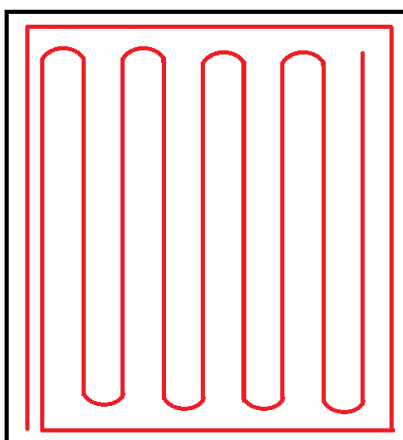


Figur 4-1: Bilder av de ulike komprimeringsverktøyene som er brukt på de ulike feltene fra testfelt 1 på Stend.

### Utlegging testfelt 2

Da resultatene fra test 1 ikke overhold kravene for trykkfasthet, ble testfelt 2 lagt, se resultatene i kap. 5.1.

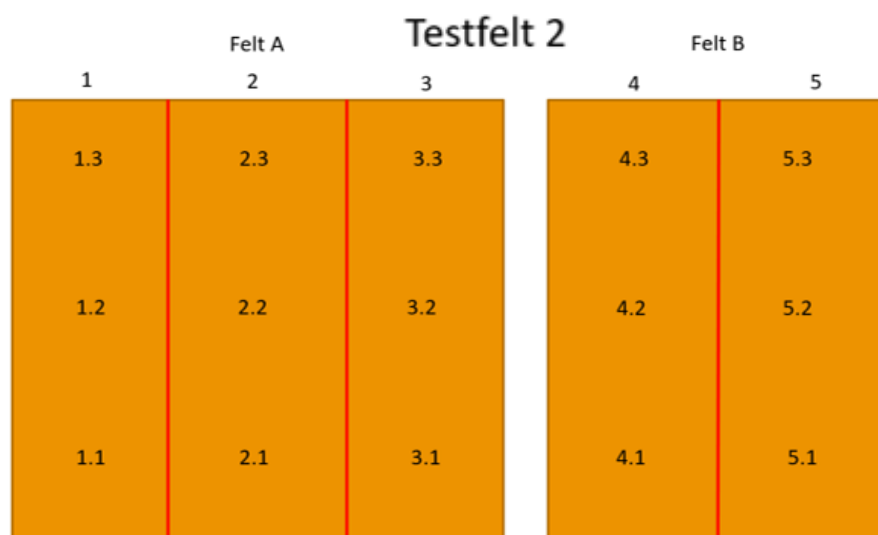
På testfelt 2 ble drensbetongen lagt i to like store lag på 18-19 cm inkludert overhøyde. Hvert lag ble komprimert med 70 kg vibrasjonsplate, hvor overfartene ble overlappet. Lagene ble lagt vått i vått hvor vibrasjonsplaten ble ført med jevn hastighet over feltet i et komprimeringsmønster. En prinsippskisse av vibrasjonsplaten komprimeringsmønster er vist i figur. 4-2. På hvert felt ble det utført lagvis komprimering, med variasjon i antall komprimeringsoverfarer: 1 over 1, 2 over 1 og 2 over 2. Felt B ble etablert, for å kunne få en erfaring i repeterbarheten og hadde lik komprimeringsforløp som felt A-1 og A-3, se figur 4-3. Det ble tatt sylindertestprøver på ulike deler av feltet for å få en innsikt i massens homogenitet. Plassering av uttak av sylindertestprøver, er vist i figur 4-4. Flere bilder fra utleggingen av testfelt 2 er vist i vedlegg 2.



Figur 4-2: Prinsippskisse over vibrasjonsplaten komprimeringsmønster over feltet.

Testfelt 2					
Felt	Felt A			Felt B	
Området	1	2	3	4	5
Lagvis komprimering	1 over 1	2 over 1	2 over 2	1 over 1	2 over 2

Figur 4-3: Oversikt over testfelt 2 med feltinndeling og lagvis komprimering med variasjon i antall komprimeringsoverførter på hvert feltområde.



Figur 4-4: Oversikt over testfelt 2 med feltinndeling og plassering av uttak av sylinderprøver.

Det ble brukt lastebil og gravemaskin under utlegging, som viste seg å være en effektiv metode for å kunne overholde tiden på 2 timer, se utlegging med gravemaskin figur 4-5. Siden massen ikke får muligheten til å blandes i en trommel, kan faren for separasjon og inhomogenitet være større. Resultater og erfaringer rundt dette temaet vil bli diskutert videre i kap. 6.



(Foto: SVV)

Figur 4-5: Viser komprimeringsoverført med vibrasjonsplate 70 kg og utlegging med gravemaskin.



### ***4.3 Testing av dreinsbetong i byggefasen***

Basert på resultatene, ble felt A-1 fra testfelt 2 på Stend i første omgang valgt til å bli den utleggingsmetoden som ble tatt i bruk i byggefasen, se figur 4-3. Dette ble senere endret til felt A-2 da prosjektet måtte innføre tiltak, siden det ble oppdaget i byggeperioden at trykkfasthetsverdiene var under krav. Dette vil bli diskutert videre i kap. 6.

Da det var viktig at utleggingen ble gjort på lik måte på alle felt, bidro det samme mannskapet med utleggingen i byggefasen. Bilder av utlegging i byggefasen er vist i vedlegg 4.

Det ble satt opp et omfattende kontrollomfang av dreinsbetongen i byggefasen, dette gjorde at entreprenør og byggherre hadde et tett samarbeid. Entreprenør tok prøver av minst ett av feltene som ble lagt ut i løpet av en dag, for trykkfasthet og hulrom. I tillegg til at nesten alle feltene ble testet for permeabilitet. Byggherre supplerte med å ta stikkprøvekontroll for hulrom, trykkfasthet og permeabilitet gjennom hele byggeperioden. I tillegg var det viktig at prøvene ble tatt ut og oppbevart på en god måte.

En utfordring ved testing av sylindprøvene for trykkfasthet, er at de må herdes 28 dager i vann, før man kan få endelig resultater. Dette ga en usikkerhet under byggefasen rundt dreinsbetongens egenskaper, før flere felt ble lagt. Denne utfordringen blir diskutert videre i kap. 6.

## **5. RESULTAT DREINSBETONG**

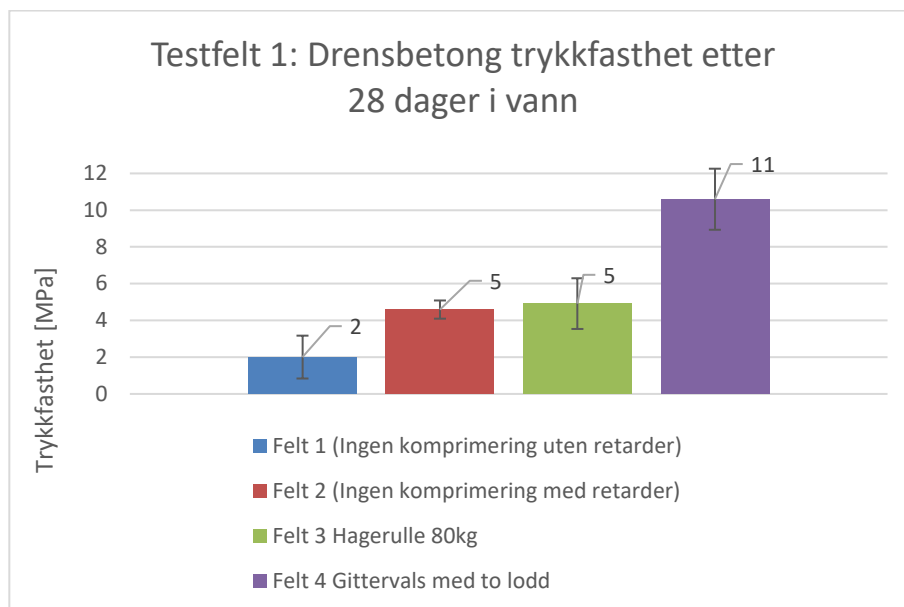
Alle analysemetodene som er brukt for å bestemme resultatene er beskrevet i kap. 4.1. Utleggingsmetodene fra testfelt 1 og 2 og byggefasen er beskrevet i kap. 4.2 og 4.3.

### ***5.1 Resultater fra testfelt 1.***

Figur 5-1 viser et søylediagram over gjennomsnittlige trykkfasthetsverdier for de ulike komprimeringsmetodene fra testfelt 1.

Ut fra søylediagrammet ser man at det de feltene som ikke hadde komprimering, hadde de laveste trykkfasthetsverdiene. Gittervals med lodd ga den høyeste trykkfastheten blant feltene.

Videre analyser for hulrom og permeabilitet ble ikke gjort, da det ble påvist lave trykkfasthetsverdier i forhold til krav, se figur 5-1.

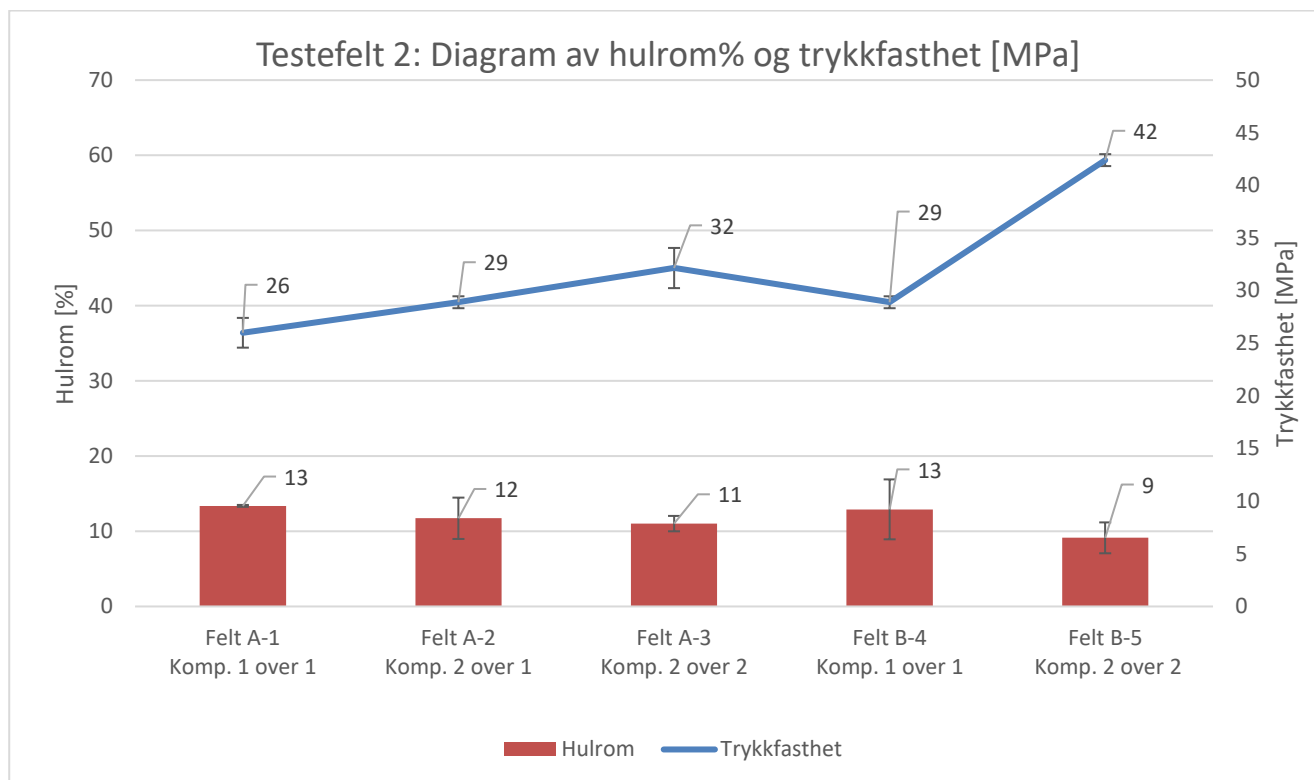


Figur 5-1: **Testfelt 1-** Gjennomsnittlig trykkfasthetsverdier med ulike komprimeringsmetoder: Ingen komprimering, komprimering med hagerulle 80 kg og gittervals med to lodd.

## 5.2 Resultater fra testfelt 2.

Figur 5-2 viser diagram over gjennomsnittlige trykkfasthetsverdier og hulromsverdier for de ulike feltene fra testfelt 2.

Ut fra diagrammet i figur 5-2 ser man at trykkfastheten i felt A-1, A-2 og A-3 øker når antall overfarter øker samtidig som hulrommet synker. Man kan også se at trykkfastheten i felt A-3 og B-5 er ulike selv om de har lik utleggingsmetode og materialsammensetning. Det er også viktig å merke seg de store standardavvikene på felt A-2, B-4 og B-5. Dette vil bli diskutert videre i kap. 6.



Figur 5-2: **Testfelt 2**- Diagram av gjennomsnittlige trykfasthetsverdier og hulrom fra testfelt 2.

Tabell 5-1 viser permeabilitetstid for de ulike feltene fra testfelt 2.

Ut fra tabell 5-1 øker permeabilitetstiden på feltene A-1, A-2 og A-3. Til sammenligning øker trykfastheten samtidig som hulromsverdiene synker, se figur 5-2.

Tabell 5-1: *Permeabilitetstid fra testfelt 2.*

Området	Felt A			Felt B	
	1	2	3	4	5
Permeabilitet (s)	16 sek	2 min	5 min og 40 sek	55 sek	15 min

Tabell 5-2 viser resultat av det geometriske avviket for testfelt 2.

Tabell 5-2 viser at det geometriske avviket øker på feltene A-1, A-2 og A-3. På disse områdene øker også antall komprimeringsoverfarer, se figur 4-3.

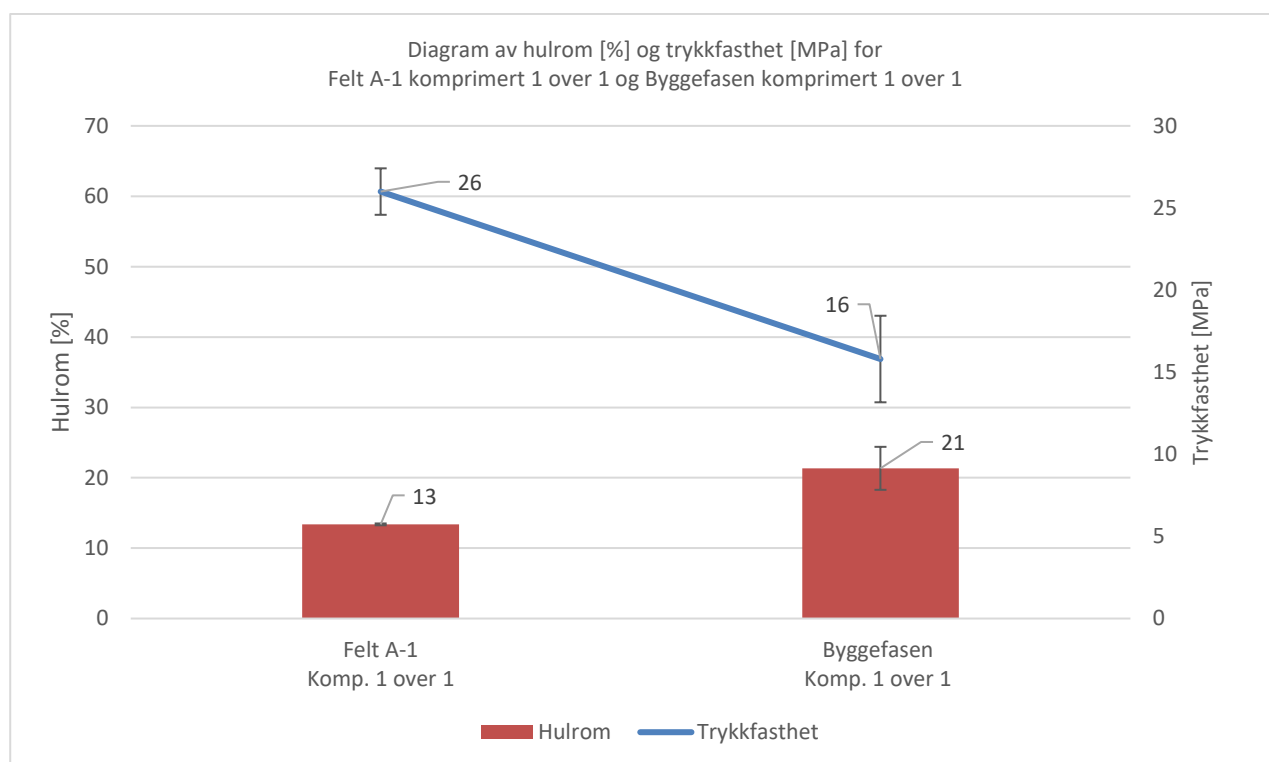
Tabell 5-2: *Geometrisk avvik fra testfelt 2.*

Området	Felt A			Felt B	
	1	2	3	4	5
Geometrisk avvik	± 17 mm	±29 mm	±38 mm	± 20 mm	± 11,5 mm

### 5.3 Resultater fra byggefasen

Figur 5-3 viser diagram over gjennomsnittlige trykkfasthet og hulromverdier fra Felt A-1 og de feltene som var komprimert 1 over 1 i byggefasen.

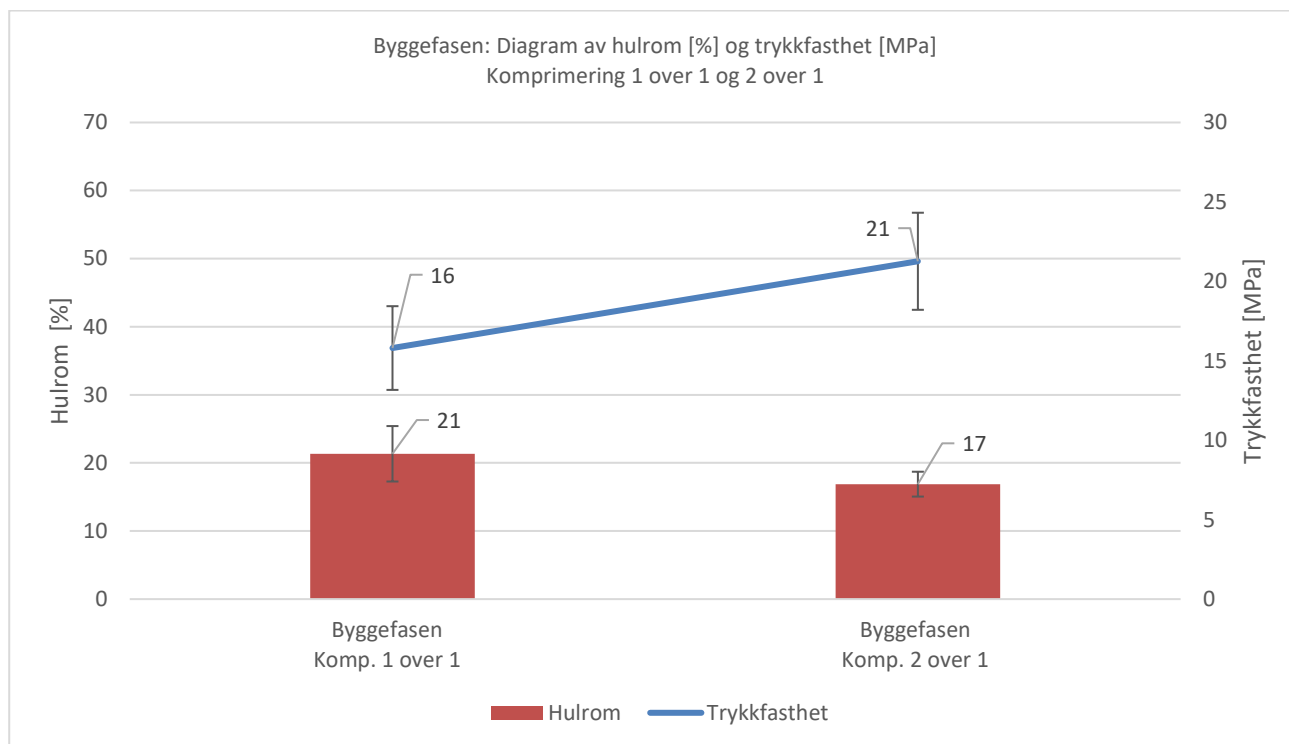
Felt A-1 og 1 over 1 komprimering i byggefasen har lik utleggingsmetode og materialsammensetning. Derimot hvis man sammenligner resultatene, er trykkfasthet lavere i byggefasen med 1 over 1 komprimering og hulromsverdien høyere enn felt A-1. Dette vil bli diskutert videre i kap. 6.



Figur 5-3: Gjennomsnittlig trykkfasthet og hulromsverdier fra felt A-1 komprimert 1 over 1 og byggefasen komprimert 1 over 1.

Figur 5-4 viser diagram over gjennomsnittlige trykkfastverdier og hulromverdier fra de feltene som er komprimert 1 over 1 og 2 over 1 fra byggefasen.

Ut fra resultatene ser man at trykkfastheten øker når antall komprimeringsoverførter øker. Samtidig som hulrommet synker.



Figur 5-4: Gjennomsnittlig trykkfasthet og hulromsverdier fra feltene som var komprimert 1 over 1 og 2 over 1 i byggefasen.

Tabell 5-3 viser gjennomsnittlig permeabilitetstid over feltene i byggefasen som er komprimert 1 over 1 og 2 over 1.

Ut fra tabell 5-3 øker permeabilitetstiden med antall komprimeringsoverførter. Dette samsvarer med at trykkfastheten øker og hulrommet synker, som vist i figur 5-4.

Tabell 5-4 viser resultatene for gjennomsnittlig geometrisk avvik fra alle feltene i byggefasen. Her er flestparten av feltene komprimert 1 over 1. Enkelte felt er også komprimert med 2 over 1.

Tabell 5-3: Gjennomsnittlig permeabilitet fra feltene i byggefasen, som er komprimert 1 over 1 og 2 over 1.

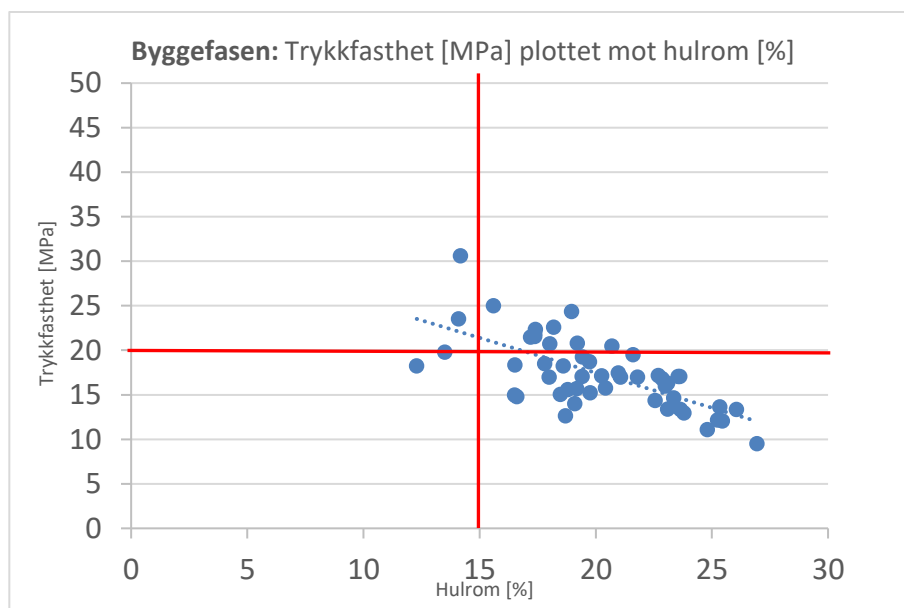
Området	1 over 1 komp. Byggefasen.	2 over 1 komp. Byggefasen.
Permeabilitet	10 sek. med 8 sek. (standardavvik)	27 sek. med 10 sek. (standardavvik)

Tabell 5-4: Gjennomsnittlig geometrisk avvik fra alle feltene i byggefasen.

Området	Byggefasen*	Standardavvik
Geometrisk avvik	±12 mm	4 mm

\*Enkelte felt er også 2 over 1 komprimert og resultatet er basert på samling av 136 felt.

Figur 5-5 viser et plott over alle trykkfasthet og hulromsverdiene fra byggefasen. De røde linjene viser kravområdet i diagrammet og den blå stiplede linjen er trendlinjen til plottet. På diagrammet ser man at trendlinjen går så vidt inn i kravområdet. Diagrammet viser også at flesteparten av verdiene ikke er innenfor kravområdet.



Figur 5-5: Samlede plottverdier for trykkfasthet og hulrom fra byggefasen.

Figur 5-6 viser et bilde av et felt som var lagt i byggefasen i mye regn. Bildet viser dammer som ligger på toppen og som ikke får drenert igjennom laget. Ser i tverrsnittet at det er gjennomgående tett på enkelte partier.



Figur 5-6: Bildet av drensbetong utsatt for mye regn ved utlegging og komprimering.

## 6. ERFARINGER OG VIDERE ARBEID

### Erfaring med dreinsbetong

#### Dreinsbetong, et sensitivt material.

Det ble erfart i prosjektet at dreinsbetong er et sensitivt material. Etter å ha fastsatt en endelig utleggingsmetode basert på analyseresultatene fra testfelt 2 felt A-1, samsvarte ikke resultatene med resultatene fra byggefasen. Trykkfastheten sank og hulromsverdiene økte under byggefasen, som gjorde at prosjektet var nødt til å gjennomgå arbeidet som var blitt gjort og innføre tiltak for å kunne øke verdiene, se figur 5-3. Det ble utført gradvise endringer for å ha kontroll på hvilke tiltak som kunne være utslagsgivende.

Tiltak som ble innført:

- Øke litt i fuktinnholdet da dette ble redusert i forhold til opprinnelig blanderapport.
- Øke litt i sementinnholdet da dette ble redusert i forhold til opprinnelig blanderapport.
- Endre til opprinnelig sementtype i forhold til opprinnelig blanderapport.
- Gjennomgå prosedyre for oppbevaring og uttak av sylinderprøver.
- Gå saktere med vibrasjonsplate for å øke komprimeringsgraden.
- Øke antall overfarer.

Tiltakene ovenfor ble initiert uten at verdiene økte noe betydelig. Kun økning i antall overfarer til 2 over 1 komprimering økte trykkfastheten, se figur 5.4. Denne metoden ble også den utleggingsmetoden som overholdte kravene i N200 for trykkfasthet og hulrom.

Hva som hadde oppstått mellom kvalifiseringsfeltet testfelt 2 felt A-1 og byggefasen, har ikke prosjektet klart å konkludere med. Etter en gjennomgang av blanderapporter, utleggingsmetode og innføring av tiltak var det ingenting som tilsa at testfelt 2 felt A-1 og feltene som ble lagt i byggefasen skulle ha et så stort avvik. Prosjektet mener derfor at det kan være noen parametere i produksjonsprosessen som ikke er gjort rede for i blanderapporten. Uten at det var mulig å konkludere, hadde man en mistanke om at det var redusert fuktinnhold i tilslaget under byggefasen, som kunne ha vært årsaken til at trykkfastheten sank drastisk. En endring i konsistens på grunn av fukt vil endre komprimeringsevnen, som igjen vil påvirke de ulike egenskapene i materialet. Ut fra kunnskap om produksjon av betong, kan fuktinnhold i tilslaget bli testet på overflaten og ikke inni selve haugen. I blandingsprosessen blir det regnet inn en faktor som estimerer for fuktighet i tilslaget, som muligens ikke kan ha vært representativ hvis tilslaget har vært utsatt for mye regn. Testfelt 2 felt A-1, ble lagt på høsten hvor det ble fortalt av entreprenør at tilslaget kan ha blitt fraktet i regnvær i åpen båt fra Stavanger, hvor det deretter ikke ble lagt under tak. Det kan tenkes at konsentrasjonen av fukt, har vært høyt i tilslaget som ikke har kommet med i beregningene. De første feltene som ble lagt under byggefasen ble lagt ut på våren, hvor tilslaget kan ha fått mer tid til å tørke og gitt utslag på resultatene. Historiske data over nedbørsmengdene i forkant av utlegging av testfelt 2 felt A-1 er vist i vedlegg 7, hvor dataene er tatt fra Norges klimaservice senter [6]. Feltet ble lagt 25.10.2019, hvor det i oversikten viser at det i forkant av utleggingen hadde vært en del nedbør i Bergen.

Ut fra hva som er erfart, så bør det ses nærmere på krav til kontroll på fuktinnholdet i tilslaget under produksjon av drengbetong. Basert på hypotesen kan metoden betongprodusentene bruker for å anslå fuktinnholdet på tilslaget ha en mindre betydning for vanlig betong, men at det gir et store utslag for drengbetong. Forslag til videre arbeid er gitt nedenfor.

#### Drengbetong, homogenitet.

Det ble erfart at utlegging av drengbetong med gravemaskin og lastebil var en god metode for å få massene raskest mulig ut over feltet før herdeprosessen begynner å virke. Det ble også enklere å overholde kravene for utlegging på 2 timer, fra massen er produsert, til ferdig komprimert på feltet, se bildet av utlegging med lastebil, figur 4-4. Imidlertid kan metoden ha en svakhet, da massen ikke blir blandet når den er under transport. At massen ikke har blitt blandet godt nok under produksjon og transport, kan ha gitt utslag i de varierende resultatene fra testfelt 2. Figur 5-2 viser de samlede resultatene for trykkfasthet og hulrom fra de ulike feltene på testfelt 2. Ut fra diagrammet er standardavviket stort på felt A-2, B-4 og B-5. Siden testuttaket er tatt på ulike deler av feltet kan et stort standardavvik, antyde en inhomogenitet i massen, se oversikt over testuttak figur 4-2. I avsnittet over ble det diskutert at testfelt 2 kan ha inneholdt mer fukt i tilslaget, enn det som er spesifisert i blanderapporten. En kombinasjon av dårlig blanding fra betongverket, med høyt fuktinnhold som overmetter blandingen, kan være årsaken til den store spredningen i verdier mellom feltene på testfelt 2.

Basert på resultatene fra figur 5-2, bør man se nærmere på krav til omblandingsprosessen på betongverket og om massen bør blandes under transport. Forslag til videre arbeid er gitt nedenfor.

#### Vibrasjonsplate og geometrisk avvik

Det ble erfart under utlegging av drengbetong, at vibrasjonsplate var et godt verktøy å bruke. Den var et lett håndterlig apparat å bruke over en fuktig masse. Vibrasjon gjorde at apparatet kunne føres lett over overflaten og bidro til at den ikke sank og satt seg fast i massen, slik som erfart med rulle. På denne måten fikk feltene en jevn overflate, som bidro til at settelaget ikke fikk for stort geometrisk avvik i forhold til prosjektert brobue, se brobueformen figur 2-7.

Fra byggefasen viser resultatene fra skanning et gjennomsnittlig geometrisk avvik på  $\pm 12$  mm med 4 mm i standardavvik, ved bruk av vibrasjonsplate, se tabell 5-4. Krav til geometriske avvik på  $\pm 10$  mm er stilt i kontrakt som tyder på at de kan være for strenge, da det ikke var mulig å oppnå kravene for geometrisk avvik verken på testfelt 2 eller byggefasen, se tabell 5-2 og 5-4.

Det ble også erfart at det geometriske avviket økte med antall komprimeringsoverfarer, se felt A-1, A-2 og A-3, Tabell 5-2. Det bør derfor tas hensyn til antall komprimeringsoverfarer når det skal planlegges et kvalifiseringsfelt, da dette kan ha en påvirkning på det geometriske avviket.

Krav til geometriske avvik er viktig å stille, da store ujevnheter i settesand kan gi ujevnt setningsforløp på brosteinen, men det må ses nærmere på hvilket geometriske krav som bør være akseptabelt for drengbetong. I



tillegg bør vibrasjonsplate nevnes i vegnormal N200 for dreinsbetong da fremtidige prosjekter slipper og prøve å feile med mange ulike metoder. Det er gitt forslag til videre arbeid nedenfor.

#### Utlegging i mye regn

Det ble erfart i byggefasen at det var ugunstig å legge ut og komprimere dreinsbetong i mye regn. Det medførte at det oppstod tette partier med vanddammer hvor vannet ikke hadde muligheten til å drenere ned i dreinsbetongen, se figur 5.6. Tett overflate vil forhindre dreinsbetongens formål om å drenere bort vann. Det vil mette settelaget og en pumpeeffekt kan oppstå mellom settelag og brosteinen, som kan resultere i at steinene løsner under tung trafikkbelastning.

Dette vil også være problematisk hvis det regner mye på laget under og mindre på laget over slik at det kan se ut som at laget har god vanngjennomstrømming, men at det er tett mellom lagene. Dette kan føre til at det lagres vann imellom lagene og gi fare for frostsprenging i dreinsbetongen.

Ut fra det som er erfart ved utlegging i mye regn, vil det ikke være tilstrekkelig å vurdere dreinsbetongens mekaniske egenskaper kun ut fra analyseresultatene. Dette fordi feltet kan være inhomogent og resultatene kan ha variasjon i verdiene. Det bør derfor stilles krav eller retningslinje om utlegging i mye regn. Dette er gitt forslag til i avsnittet - forbedringer vegnormal N200 nedenfor.

#### Utlegging og venting på testresultater

For å kunne opprettholde produktivitet og følge tidskjemat ved byggingen av dreinsbetong, var det lagt opp til at det kunne bygges flere felt etter hverandre. Det ble lagt omkring tre felt per støpedag. Siden sylindertestene har som krav å ligge i vann i 28 dager før de kan trykkes, gav det en usikkerhet om feltene overholdt kravene. Med mange utlagte felt kunne det være et problem med å overholde tidskjemat, hvis verdier hadde vært utenfor krav og hvor feltene i verstefall måtte rives. Denne problemstillingen fikk prosjektet erfart under byggeperioden, se avsnittet hvor dette er diskutert- *Dreinsbetong, et sensitivt material*.

Ut fra hva som er erfart kan analyseresultatene fra hulrom og trykkfasthetsverdier etter 7 dager, gi indikasjon på om kravene til trykkfasthet kan være innenfor krav. Basert på resultatene kan de gi en formening om byggingen kan fortsette. Derimot kan det være vanskelig å ta en avgjørelse hvis resultatene er i nærheten av krav, slik som erfart i prosjektet.

### **Forslag til forbedringer i vegnormal N200**

Ut ifra de erfaringene en har fra dette prosjektet foreslås følgende forbedringer i vegnormal N200:

- **Hulrom:** En henvisning til testmetode for hulrom mangler. Testmetoden brukt i prosjektet indikerte en relativt god relasjon i forhold til trykkfasthet og permeabilitet. Men bør ses nærmere på. Det er derfor også nevnt i videre arbeid, se beskrivelse av testmetoden brukt i prosjektet i tabell 4-1.
- **Permeabilitet:** Henvisningen til testmetode for permeabilitet som er gitt i vegnormal N200 bør endres. Testmetoden viser til et apparat som tester permeabilitet på et 5 cm stort området. Kravene som er gitt,

samsvarer ikke med henvisningen til metodestandarden i vegnormal N200 og bør ses nærmere på. Testmetoden som er brukt i prosjektet tester permeabilitet på et 30 cm område og er en enkel og god metode for å anslå permeabilitetsegenskapene. Testmetoden er tatt fra en tysk veileder og dersom den skal være en metode som skal brukes for drepsbetong, bør den oversettes og legges inn i laboratoriehåndboken R210. En vurdering på testmetoden for permeabilitet bør uansett gjøres grundigere for å fastslå om den kan legges inn som en metode i R210 [4]. Det er derfor også nevnt i videre arbeid. Testmetoden som er brukt i prosjektet vises i tabell. 4-1.

- **Kontrollomfang:** Det bør stilles krav til kontrollomfang for drepsbetong som er ferdig utlagt på veg, slik det er gjort for en rekke andre materialer i vegnormal N200. Ut fra erfaringer og resultater presentert i denne erfaringsrapporten, er det vist at drepsbetong er et sensitivt materiale som bør testes ofte for å kunne ha kontroll på materialegenskapene. I tillegg er det vanskelig for entreprenør å fastslå kontrollomfang på et material som de færreste har erfaring med. Et forslag til kontrollomfang er gitt i tabell 6.1 nedenfor I Tabellen er det henvist til testmetodene for hulrom og permeabilitet som er brukt i prosjektet. Dette vil være en midlertidig løsning inntil de er lagt inn i håndbok R210.
- **V/c-tall:** I vegnormal N200 er det gitt krav til at materialet skal ha «jordfuktig» konsistens og et v/c-tall på maks 0,4. Det er erfart at det er vanskelig å fastslå jordfuktig konsistens på drepsbetong og at det er tilstrekkelig å stille funksjonskrav som vil avdekke om v/c-tallet er godt nok. Man kan derfor fjerne dette kravet.
- **Dimensjon på sylinderprøver for trykkfasthet:** Som beskrevet i kap. 4.1 bør det stilles dimensjonskrav til sylinderprøvene for de ulike trafikkgruppene med tanke på trykkfasthet. Når sylinderfasthet kalkuleres for trykkfasthet, legges det inn en omregningsfaktor, hvis det blir brukt ulike diameterstørrelser på boret. For drepsbetong kan ikke en omregningsfaktorene følges slik som vanlig betong da den ikke er gjennomgående homogen. Omregningsfaktoren bør derfor være 1, da dette ikke vil utgjøre noe endring i trykkfasthetsverdien når den skal beregnes. Siden sylinderprøven blir kappet ca. 1 cm i topp og bunn for å planere prøvene, er det gitt forslag til hvilken dimensjon sylinderprøvene bør ha for de ulike trafikkgruppene, se tabell 6.1. Mulig også tykkelsene opp mot krav bør vurderes ytterligere. Dette vil bli diskutert i videre arbeid.
- **Utlegging i mye regn:** Som diskutert i erfaringsdelen bør det stilles krav til at drepsbetongen ikke bør legges ut i mye regn. Dette kan være vanskelig å fastslå, men det bør settes inn i N200 slik at man vil bli mer observant når det kommer regnbyger. Det kan blant annet kreves mer omfattende testing hvis et felt blir utsatt for mye regn.
- **Bruk av vibrasjonsplate for drepsbetong:** Som diskutert i erfaringsdelen bør vibrasjonsplate nevnes i N200 for drepsbetong da fremtidige prosjekter slipper å prøve og feile med mange ulike metoder.

Tabell 6.1: Forslag til tykkelseskrav og størrelse på sylindrerprøver for de ulike trafikkgruppene når de blir analysert for trykkfasthet.

Trafikkgruppe	Tykkelseskrav drensbetong i N200 (2018) tabell 3.24	Forslag til endring i krav til tykkelse for drensbetong **	Forslag til diameterstørrelse på boret	Sylinderprøver høyde/diameterforhold
A	15	17	7,5	15/7,5=2
B	18	22	10	20/10=2
C	20	22	10	20/10=2
D	20	22	10	20/10=2
E	(30*)	32	15	30/15= 2
F	(30*)	32	15	30/15= 2
Parkeringsplass lett	15	17	7,5	15/7,5=2
Parkeringsplass tung	18	22	10	20/10=2

\*Tatt utgangspunktet tykkelse brukt i Olav Kyrresgate, som må vurderes videre er riktig dimensjon for denne trafikkgruppen.

\*\*Her er det tatt hensyn til at sylindrerprøvene skal planeres og kappes 1 cm på topp og bunn før testing av trykkfasthet.

Tabell 6.2: Forslag til materialkrav og kontrollomfang for bærelag av drensbetong Db, ferdig utlagt på veg.

Parameter	Krav	Kontrollomfang. 1 prøve pr. påbegynt	Andel avvikende prøver	Maks. avvik
Hulrom <sup>2)</sup>	≥ 13%	30 m <sup>3</sup>	0	0
Trykkfasthet <sup>1)</sup>	≥ 20 MPa	30 m <sup>3</sup>	1 av 5	-5
Permeabilitet <sup>3)</sup>	≤ 60 sek	2 målinger på hvert felt	0	0
Spaltestrekkfasthet <sup>1)</sup>	≥ 2,0 MPa	100 m <sup>3</sup>	1 av 5	-0,3

<sup>1)</sup> Metode for bestemmelse av trykkfasthet og spaltestrekkfasthet skal utføres på utborede sylindre, i henhold til NS-EN 12390-3 (2009), NS-EN 12390-1 (2012), NS-EN 12390-6 (2009) og NS 3420 (1986), Metode 424 og 421 i håndbok R210.

<sup>2)</sup> Metode for bestemmelse av hulrom skal utføres på utborede sylindre, i henhold til: journal of ASTM International, Montes, F., Valavala, S., Haselbach, L.M.: "A new test method for porosity measurements of Portland cement pervious concrete", Journal of ASTM International, January 2005, Vol. 2.

<sup>3)</sup> Metode for bestemmelse av permeabilitet skal utføres på ferdig utlagt felt, i henhold til tyske veileder Merkblatt für Versickerungsangefähige Verkehrsflächen, [FGSV-Nr. 947] og M DBT Merkblatt für Dränbetontragsichten.

## Videre arbeid

Som erfart og diskutert har drensbetong gitt en del utfordringer som har gjort at det har vært vanskelig å ta det i bruk i prosjektet. Det har vært manglende krav i vegnormal N200 og det har vært vanskelig å forstå hvorfor drensbetong har oppført seg som slik som den har gjort. Det er nedenfor listet opp forslag til videre arbeid som bør initieres for å kunne forsikre seg om at drensbetong kan brukes som bærelag under brostein.

- **Fukt i tilslag:** Som diskutert i erfaringsdelen samsvarte ikke resultatene fra Testfelt 2 felt A-1, med feltene som ble i lagt under byggefasen. Dette til tross for lik utleggingsmetode og materialsammensetning i blanderapport. Dette er kanskje det aller viktigste punktet som det bør ses nærmere på, da det gir usikkerheter og spørsmål rundt bruken av drensbetong. Forslag til videre arbeid for å kunne forstå dette bedre:

- Sette seg ytterligere inn i produksjonsprosessen.
  - Etablere forsøk som fremviser hvordan egenskapene til drensbetong endrer seg når fuktinnholdet øker.
  - Se på ulike tiltak og metoder, som kan bidra til å kunne fastslå fuktinnhold på en bedre måte ved produksjon.
  - Se på tiltak og metoder som kan analysere fuktinnholdet både før blanding av tilslag og i tillegg før utlegging av massen.
  - Variasjon i materialsammensetning.
- **Metode for blanding av betong:** I kap. 4.2 ble det diskutert hvordan bruk av trommel og renne gav utfordringer med utlegging. Trommelen bidro med å blande massene, derimot satt massen seg fast i trommel og rennen ved utlegging siden massen hadde for lav viskositet. Prosjektet var derfor nødt til å legge drensbetongen ut med gravemaskin og lastebil. Derimot som diskutert i erfaringsdelen er det behov for at det ses nærmere på blandingsprosessen for drensbetong. Det bør ses nærmere på om det bør stilles krav til en spesiell blande-prosedyre for drensbetong, både på betongverket og under transport. Bruk av båndbil, hvor massene blir blandet med trommel og blir lagt ut med transportbånd ble diskutert i prosjektet, men dette ble ikke tatt i bruk da båndbil var vanskelig å få tak i.
  - **Hulrom og permeabilitet:** Det bør ses nærmere på metodene som er brukt i dette prosjektet og om det finnes metoder for å anslå hulrom eller permeabilitet for drensbetong på en bedre måte.
  - **Lagvis utlegging:** I prosjektet ble det avgjort å utføre lagvis utlegging av drensbetongen. Dette for å kunne øke komprimeringsgraden slik at kravene ble overholdt. Ut fra resultatene, ser det ut til å være vanskelig å oppnå krav, hvis ikke drensbetongen ble delt opp i to lag, se figur 5.3. Samtidig vet man ikke hvor grensen går til når det lagres vann mellom lagene. På grunn av denne usikkerheten ble den komprimeringsmetoden som gav høyest mulig hulrom, men samtidig overholdte trykkfasthetsverdiene valgt. Det vil være nødvendig å se nærmere på hvor høy komprimeringsgrad man kan ha før overgangen blir tett, slik at man kan sette krav til hulrom ved lagvis komprimering. I tillegg bør det ses nærmere på om feltene bør legges vått i vått eller tørt vått og hvilken effekt dette har på dreneringsegenskapene.
  - **Relasjon mellom krav til tykkelse, styrke og hulrom:** Diagrammet i figur 5.8 viser samlede verdier for trykkfasthet plottet mot hulrom. Ut fra diagrammet så ligger trendlinjen, kun i et lite område i kravområdet. Dette kan gi en indikasjon på hvor vanskelig det kan være å oppnå kravene for drensbetong i vegnormal N200. Det bør derfor gjøres en gjennomgang av kravene og se videre på om toleranseverdiene bør økes. Dette kan gjøres ved å øke krav til tykkelsen for drensbetong ved de ulike trafikkgruppene og senke krav til trykkfasthet.
  - **Krav til et geometrisk avvik:** Som diskutert i erfaringsdelen er det viktig at det stilles et krav til et geometrisk avvik i forhold til prosjektert høyde. Store ujevnheter i settesand kan gi ujevnt setningsforløp på brosteinen. Kravet til geometrisk avvik stilt i kontrakt på  $\pm 10$  mm mener prosjektet er for strengt. Det bør derfor ses nærmere på hvilket geometrisk krav som bør være akseptabelt for drensbetong.

## 7. REFERANSER

### Rapport:

- [1] 10390-GEOT-1, Geoteknisk Rapport E16\_ Olav Kyrres gate.

### Vitenskapsartikkel:

- [2] Journal of ASTM International, Montes, F., Valavala, S., Haselbach, L.M.: "A new test method for porosity measurements of Portland cement pervious concrete", Journal of ASTM International, January 2005, Vol. 2.

### Håndbøker og veileder:

- [3] N200 Vegbygging (2018)  
[4] R210 Laboratorieundersøkelser (2016).  
[5] Merkblatt für Versickerungsfähige Verkehrsflächen, [FGSV-Nr. 947] og M DBT Merkblatt für Dränbetontragschichten.

### Internett sider

- [6] Norges klimaservice senter

**VEDLEGG 1: Testfelt Stend - Bilder av utlegging****Testfelt 1**



(Foto: SVV)

# Testfelt 2





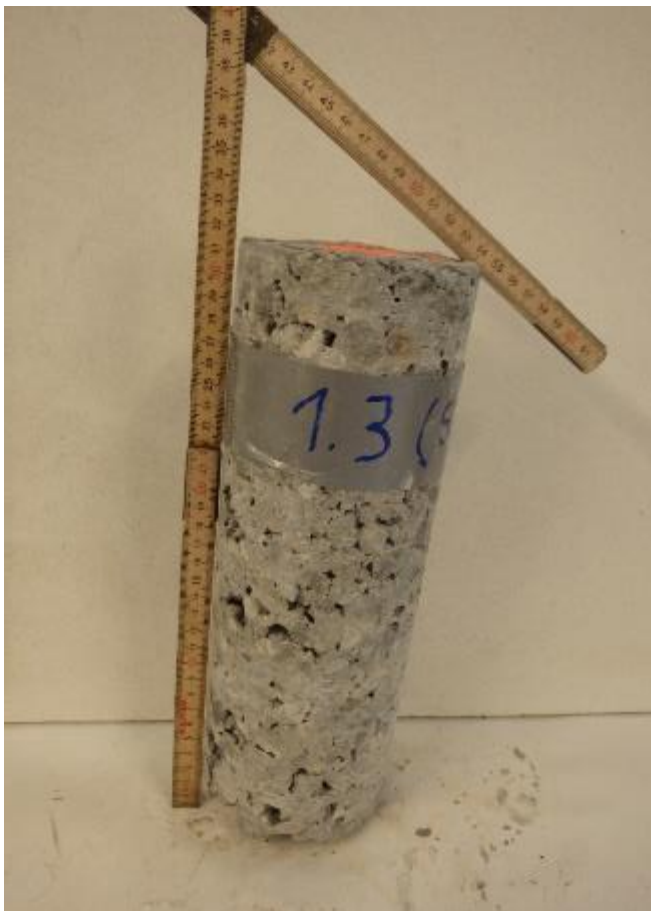
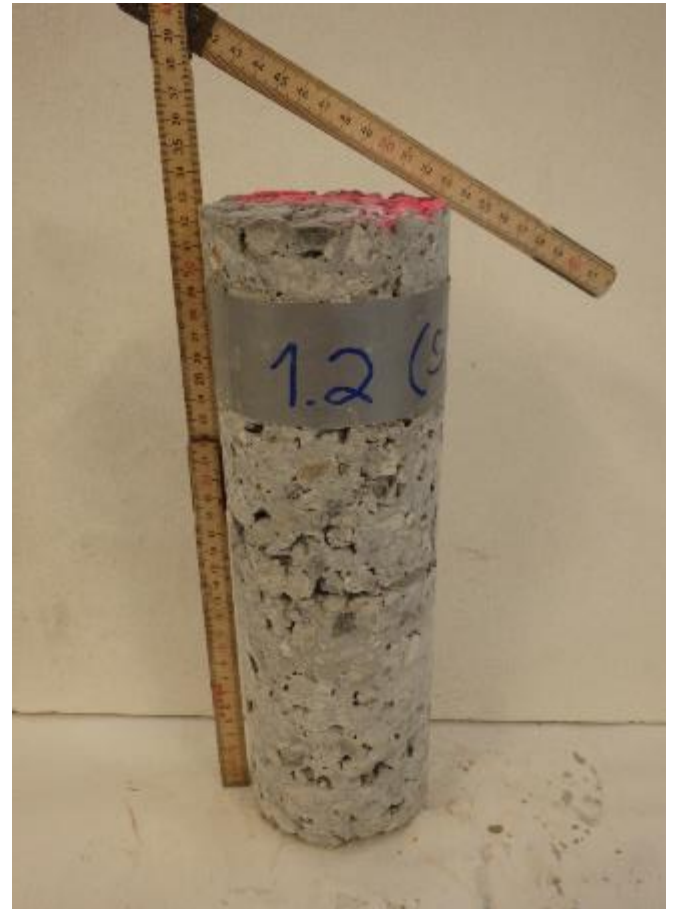


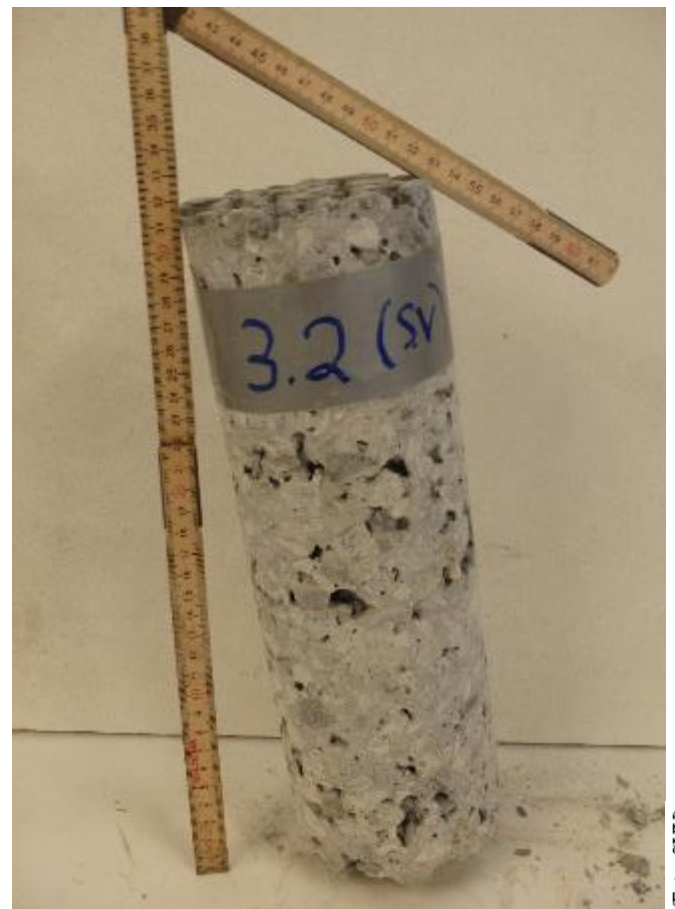
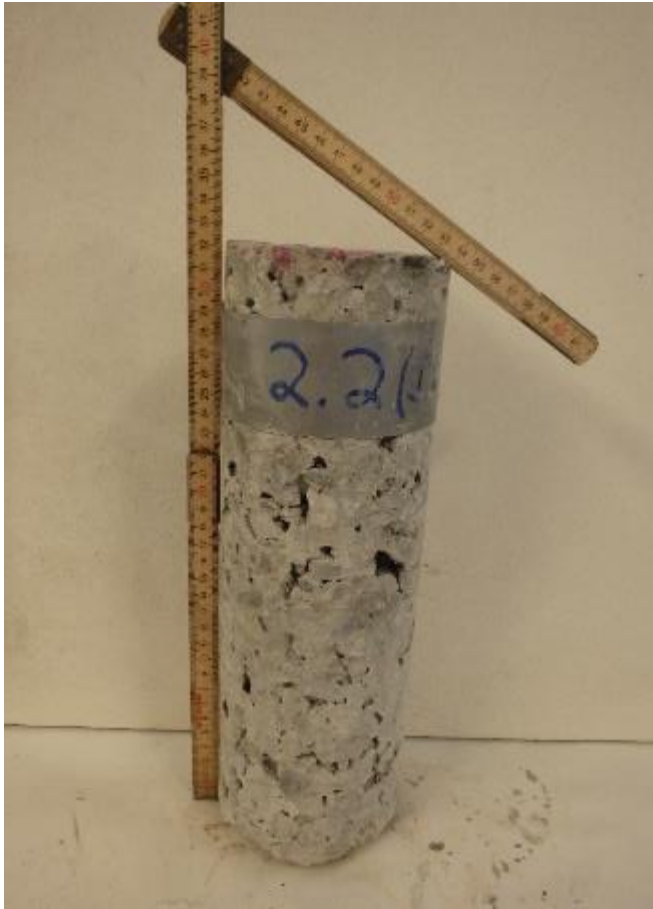


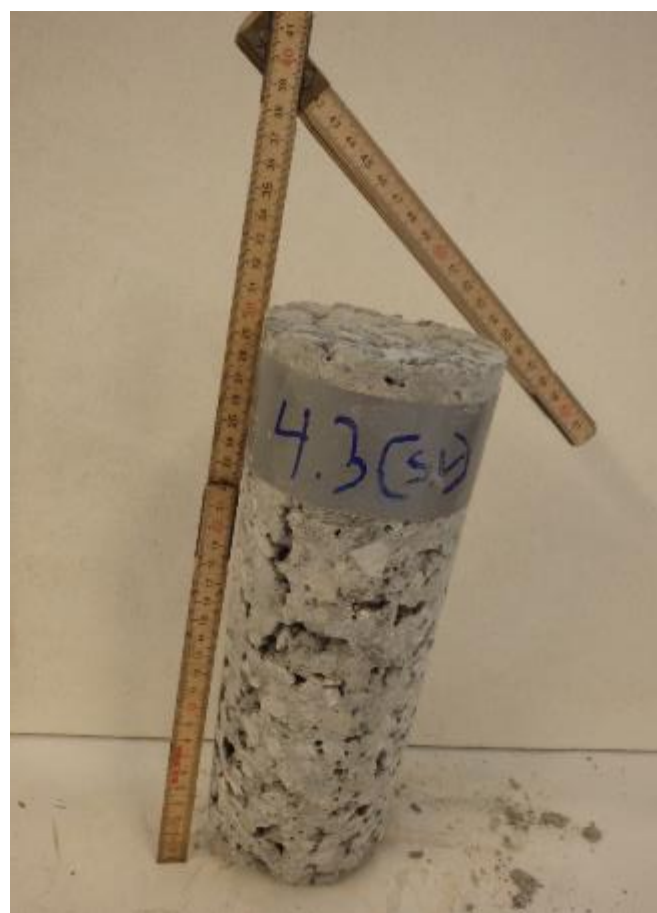
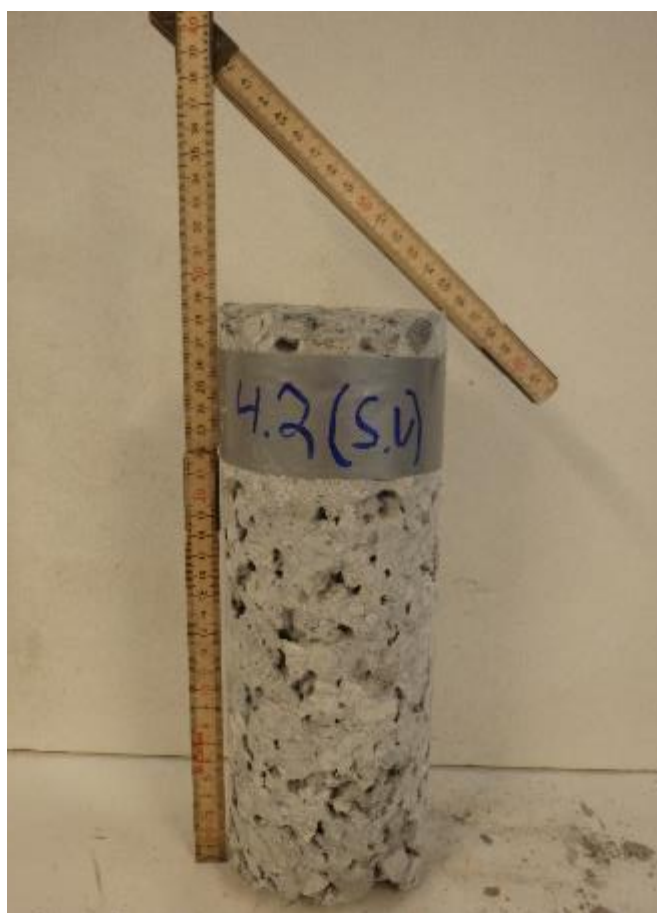
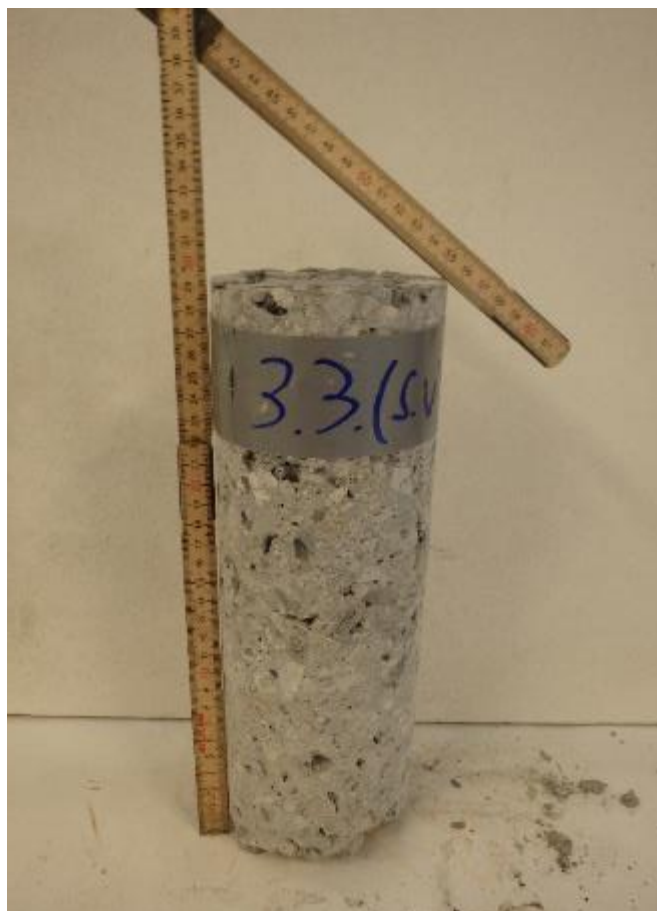
(Foto: SVV)

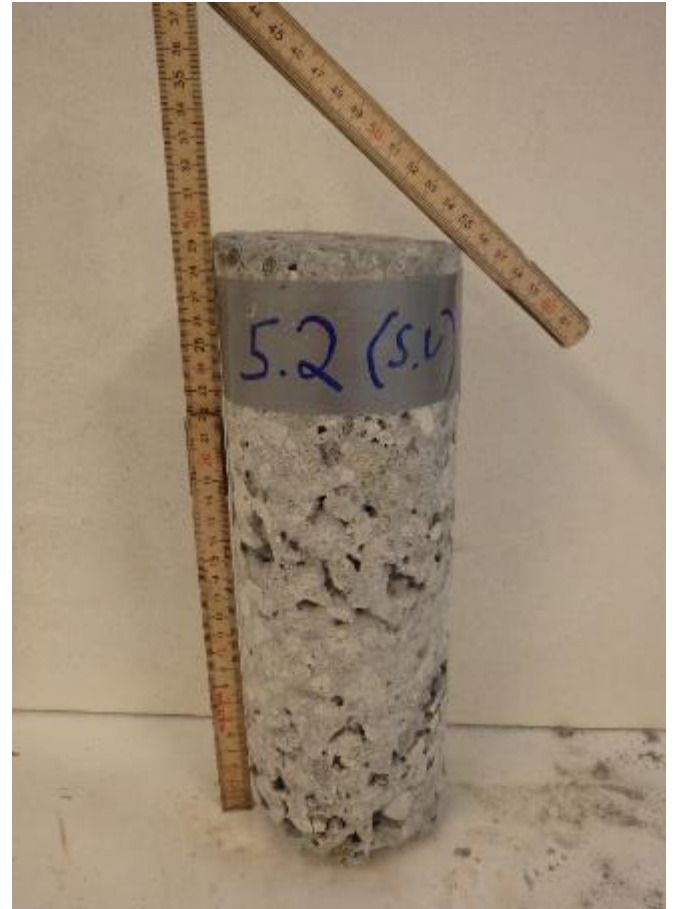
**VEDLEGG 2: Testfelt Stend - Bilder av sylinderprøver****Testfelt 1**

Testfelt 2

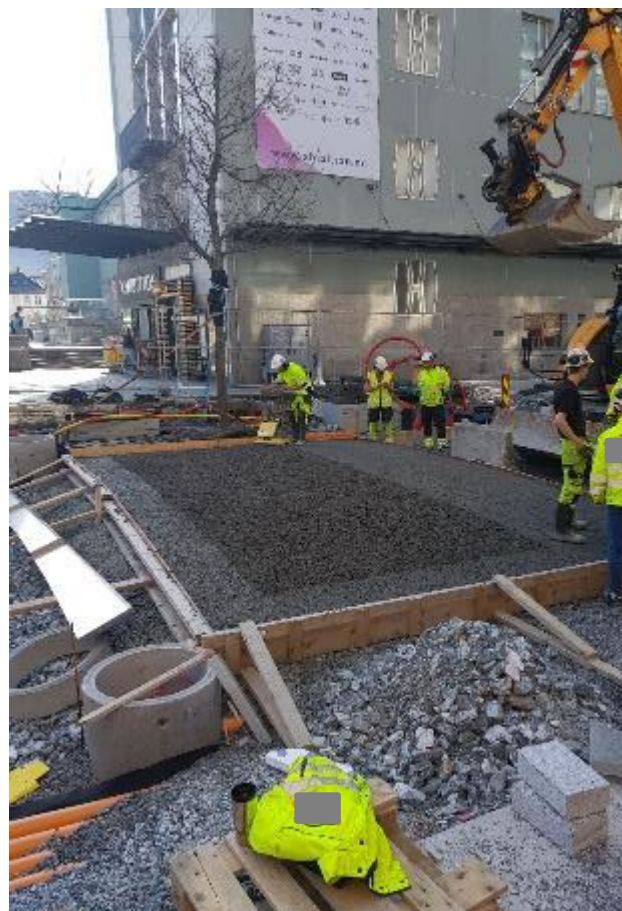




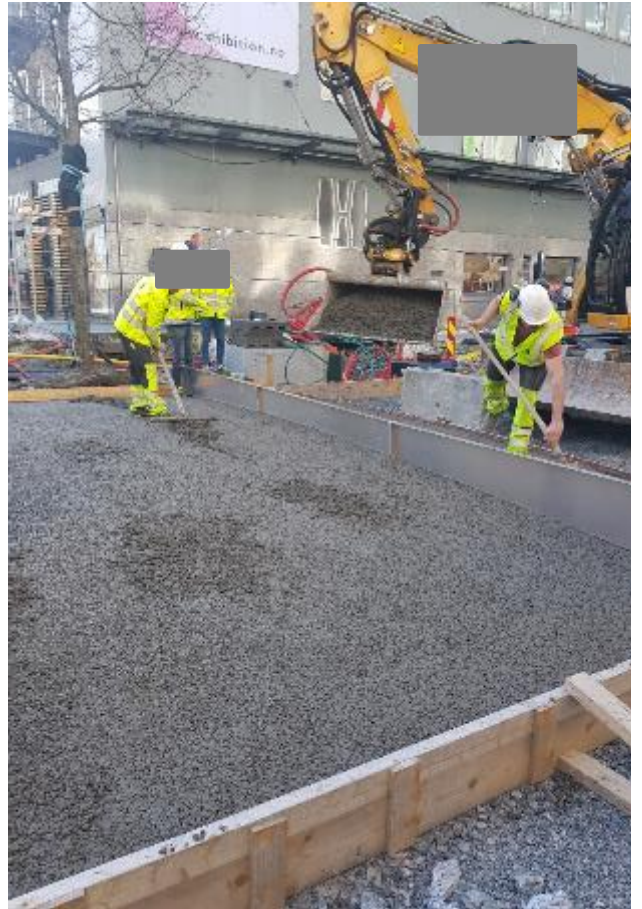




(Foto: SVV)

**VEDLEGG 3: Byggefase - Bilder av utlegging**







**VEDLEGG 4: Byggefase - Bilder av sylinderprøver****Prøve 1-D****Prøve 1-G****Prøve 1-J****Prøve 1-M**

**Prøve 2-K**



**Prøve 2-C**



**Prøve 2-I**



**Prøve 3-K**



Prøve 3-O

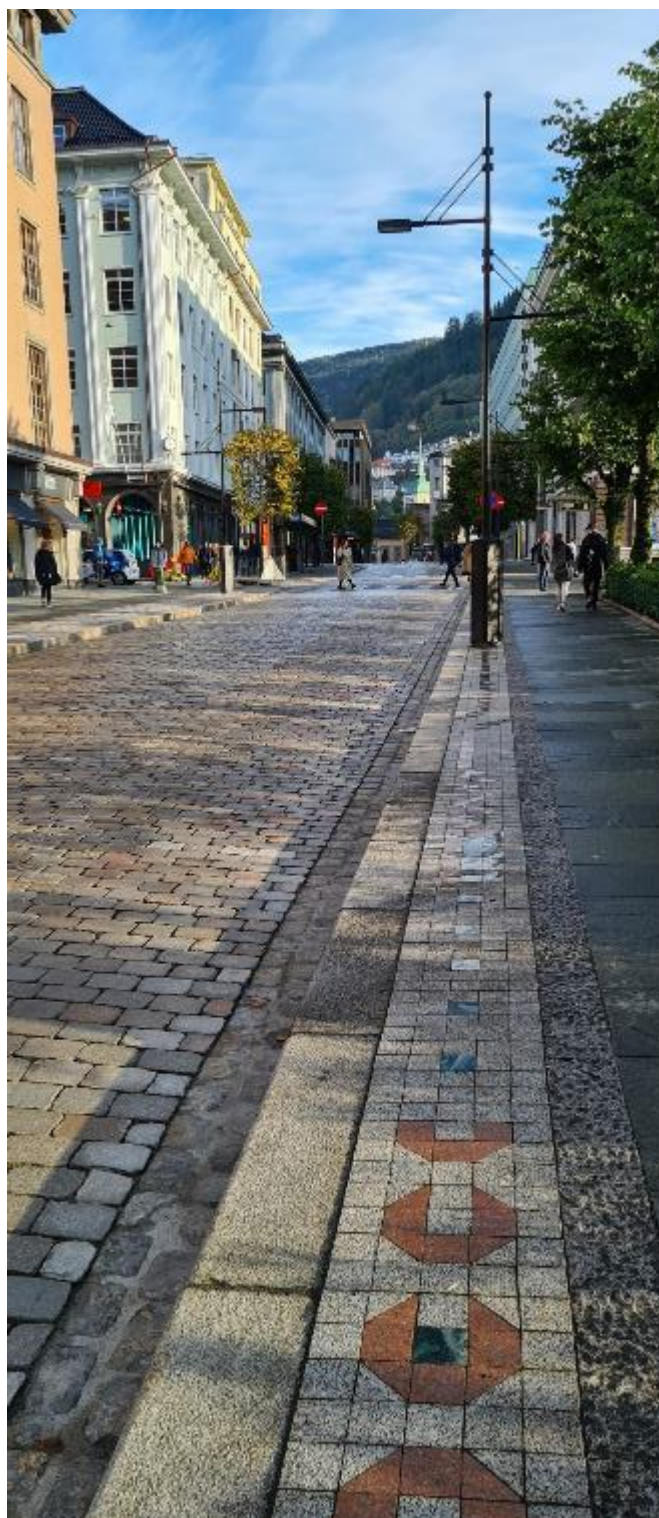


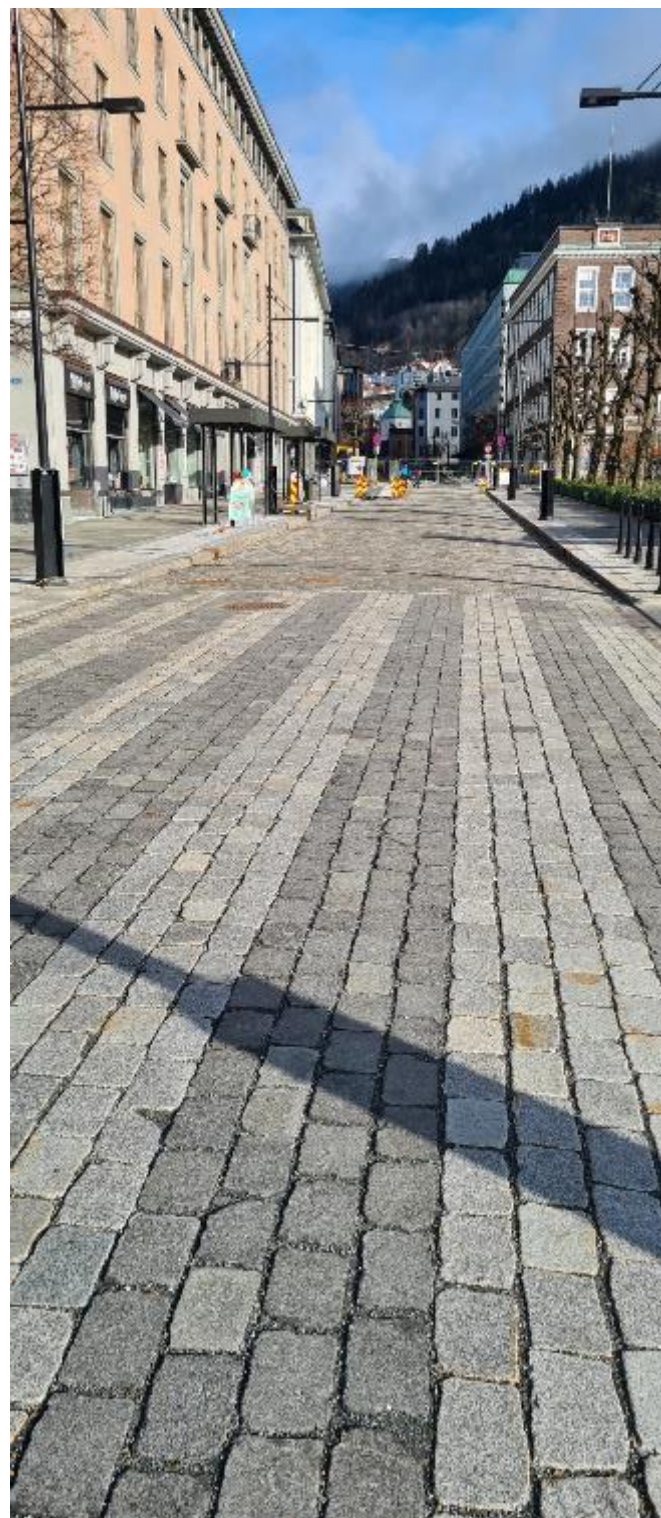
Prøve 4-H

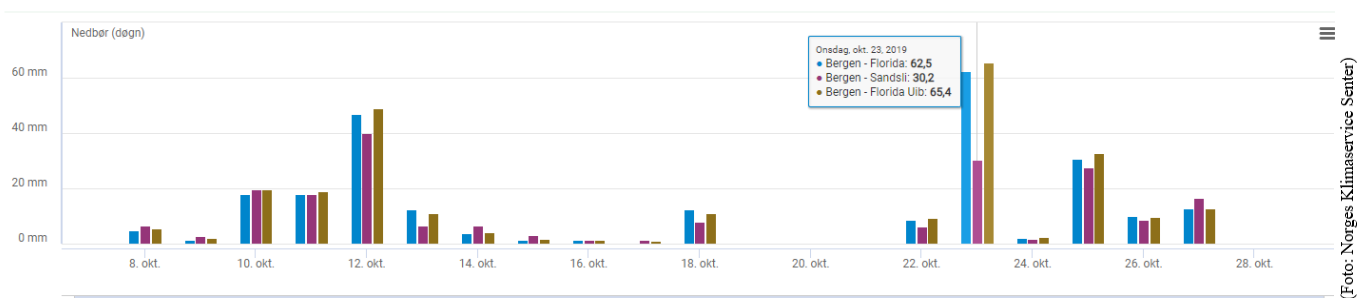


Prøve 4-K



**VEDLEGG 5: Olav Kyrresgate- Bilder av ferdig bygget gate**



**VEDLEGG 6: Data over nedbørsmengder i forkant av utlegging testfelt 2 felt A**



**VEDLEGG 7: Rapport Sintef Evaluering av bærelag- Bistand tilknyttet gjennomført Testfelt**

2019:00727 - Åpen

# Rapport

## Olav Kyrres gate, Bergen

Evaluering av bærelag - Bistand tilknyttet gjennomført Testfelt

### Forfatter(e)

Lisbeth-Ingrid Alnæs  
Stein Olav Christensen  
Ola Skjølvold



# Rapport

## Olav Kyrres gate, Bergen

### Evaluering av bærelag - Bistand tilknyttet gjennomført Testfelt

**EMNEORD:**  
Vei  
Brostein  
Oppbygging  
Bærelag  
Naturstein  
Konstruksjoner  
Byggematerialer

**VERSJON**  
2.0 (2022-12-06)

**DATO**  
2019-11-15

**FORFATTER(E)**  
Lisbeth-Ingrid Alnæs  
Stein Olav Christensen  
Ola Skjølvold

**OPPDRAGSGIVER(E)**  
Statens vegvesen, Region Vest

**OPPDRAGSGIVERS REF.**  
Anne Grethe Fosse Selseng og Reidun Aastveit

**PROSJEKTNR**  
102020935

**ANTALL SIDER OG VEDLEGG:**  
31+ 1 vedlegg

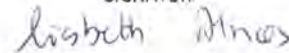
#### SAMMENDRAG

SINTEF Community har bistått Statens vegvesen med evaluering av hvilken oppbygging Olav Kyrres gt. (R585/E16) i Bergen bør ha. Gaten skal reetableres, og den er et av Bergens viktigste knutepunkt for kollektivtransport med over 1000 busser i døgnet som går over brosteinsdekket. Et hovedfokus for evalueringen har vært materialvalget for gatens bærelag, og der resultatene fra oppfølging av et realisert testfelt i selve Olav Kyrres gt. ligger til grunn.

- Drensbetong anses bedre egnet som bærelag enn drencasfalt.
- Bruk av basaltfiber i drensbetongen har tilsynelatende liten effekt, men resultatene er få.
- Det anses fordelaktig å trekke mer erfaring ut fra optimalisering, utførelse og kontroll av bærelag for Torvet i Trondheim, og at det søkes å optimalisere resept og utførelse for ny Olav Kyrres gt.
- Undergrunnen i Olav Kyrres gate er stedvis meget dårlig. Det anses sannsynlig at det vil bli deformasjoner i opprinnelig grunn ved anlegg av ny veg, og spesielt hvis belastningen øker som følge av økt overbygning. Dette vil føre til deformasjoner der undergrunnen har liten motstand. Det kan føre til oppsprekking av bærelag og reising av stein. Det er lite trolig at basaltfiber i drensbetongen vil endre noe på dette. SINTEF anbefaler at det vurderes bruk av lette masser eller peling i de mest setnings-ømfintlige områdene av Olav Kyrres gate for å unngå skader på brosteinsdekket over tid.

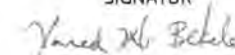
**UTARBEIDET AV**  
Lisbeth Alnæs

SIGNATUR



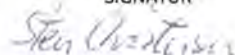
**KONTROLLERT AV**  
Yared Bekele

SIGNATUR



**GODKJENT AV**  
Berit Laanke

SIGNATUR



**RAPPORTNR**      **ISBN**  
2019:00727      ISBN-nummer

**GRADERING**  
Åpen

**GRADERING DENNE SIDE**  
Åpen

## Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	2019-07-08	Rapportutkast sendt oppdragsgiver
1.0	2019-11-15	Signert rapport sendt oppdragsgiver
2.0	2022-12-06	Revidert rapport sendt oppdragsgiver – små justeringer vedr. Bilder og referanser

# Innholdsfortegnelse

<b>Oppsummering .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Olav Kyrres gt. med testfelt .....</b>	<b>6</b>
2.1 Olav Kyrres gt. ....	6
2.1.1 Oppbygging dagens Olav Kyrres gate .....	7
2.2 Testfeltet i Olav Kyrres gt. ....	8
2.2.1 Etablering, oppbygging og oppfølging .....	8
<b>3 Vurderinger .....</b>	<b>15</b>
3.1 Bærelag av drengsfalt i Olav Kyrres gt., Bergen og Torvet, Trondheim .....	15
3.1.1 Prøvingsresultater av drengsfalt fra Bergen .....	15
3.2 Bærelag av drengsbetong i Olav Kyrres gt., Bergen og Torvet, Trondheim .....	16
3.3 Prøvingsresultater av drengsbetong fra Bergen og Trondheim .....	21
3.3.1 Trykkfasthet og E-modul .....	21
3.3.2 Hulromprosent .....	22
3.3.3 Permeabilitet .....	22
3.3.4 Bøyestrekfasthet .....	23
3.3.5 Samlet vurdering .....	23
3.4 Resultater fra skanning av Testfelt .....	24
3.5 Platebelastningsforsøk Testfelt Olav Kyrres gt. ....	26
3.5.1 Forsøket .....	26
3.6 Grunnforhold .....	28
<b>4 Samlet vurdering og anbefaling .....</b>	<b>30</b>
4.1 Bærelag .....	30
4.2 Konsekvenser for overbygning ut fra grunnforhold .....	30
<b>Referanser .....</b>	<b>31</b>

## BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1 – SINTEF Forslag til instrumentering av Testfelt i Olav Kyrres gt., Bergen

## Oppsummering

SINTEF Community har bistått Statens vegvesen med evaluering av hvilken oppbygging Olav Kyrres gt. (R585/E16) i Bergen bør ha. Gaten skal reetableres. Den er et av Bergens viktigste knutepunkt for kollektivtransport med over 1000 busser i døgnet som går over brosteinsdekket. Et hovedfokus for evalueringen har vært materialvalget for gatens bærelag, og der resultatene fra gjennomføring og oppfølging av et realisert testfelt i selve Olav Kyrres gt. ligger til grunn.

Et testfelt ble etablert av SVV i Olav Kyrres gate i begynnelsen august 2018, og var eksponert for ordinær busstrafikk i 9 mnd., før sluttmålinger, prøvetaking og laboratorieanalyser ble gjennomført av SVV. Feltet ble etablert for å høste erfaringer og gi et grunnlag for endelig valg av ny oppbygging av gaten. Av spesiell betydning har vært å få klarlagt hvorvidt drensbetong vil være egnet som bærelag for brosteinsdekket i en nyoppbygd gate, samt å få nærmere erfaringsdata på eventuelle forskjeller mellom drensasfalt og drensbetong for gater som er utsatt for stor belastning fra busstrafikk.

I dette ligger også å sammenstille erfaringer og resultater fra foreliggende testfelt, med erfaringer fra realisert testfelt tilknyttet Torvet i Trondheim, og som SINTEF har vært involvert i for Trondheim kommune. Trondheim kommune har gitt aksept til at resultater og erfaringer derfra kan presenteres. SINTEF har gjennomgått alle tilgjengelige resultater og dokumenter og har også tatt inn egne erfaringer fra realisert testfelt i Trondheim i tilknytning til rehabilitering og ny oppbygging av natursteinsdekke på Torvet i Trondheim. På bakgrunn av dette, og diskusjoner med oppdragsgiver, så har SINTEF følgende hovedkommentarer og innspill:

### Bærelag:

- Drensbetong har høyere stivhet og gir mindre deformasjoner enn drensasfalt.
- Ut fra oppnådde målinger/resultater anses drensbetong bedre egnet enn drensasfalt med tanke på å minimalisere setninger/spordannelse i dekket.
- Forsøket i Bergen har ikke tydeliggjort at drensbetong med basaltfiber er bedre enn drensbetong uten fiber. Prøveutlegging og styrkemålinger anbefales.
- Mer erfaringsutveksling knyttet til optimalisering, utførelse og kontroll av bærelag for Torvet i Trondheim anses fornuftig.
- Manglende langtidserfaring med drensbetong generelt i Norge gir usikkerhet rundt styrke og stabilitet over tid, spesielt i tilfeller med så vidt høy trafikkbelastning som Olav Kyrres gt. i Bergen. Erfaringer fra Tyskland og andre land kan sikkert innhentes i større grad enn det som så langt er gjort.

### Konsekvenser for overbygning ut fra grunnforhold

Undergrunnen i Olav Kyrres gate er stedvis meget dårlig, og generelt dårligere enn situasjonen er for grunnen under Torvet i Trondheim. På Torvet i Trondheim kan undergrunnen karakteriseres som god. Dette har vært et viktig punkt med tanke på valgt oppbygging med drensbetong som bærelag.

Der anses sannsynlig at det vil bli deformasjoner i opprinnelig grunn ved anlegg av ny veg, og spesielt hvis belastningen øker som følge av økt overbygning. Dette vil føre til deformasjoner der undergrunnen har liten motstand. Det er lite trolig at basaltfiber i drensbetongen vil endre noe på dette. Dersom drensbetongen sprekker opp vil dette trolig skje midt i gata og resultere i at brosteinen "reiser" seg. SINTEF anbefaler derfor at det vurderes bruk av lette masser eller peling i de mest setningsømfintlige områdene av Olav Kyrres gate for å unngå skader på brosteinsdekket over tid.

## 1 Innledning

SINTEF Community (SINTEF) har bistått Statens vegvesen Region Vest (SVV) med evaluering av rehabiliteringen av Olav Kyrres gt. (R585/E16), Bergen. Et hovedfokus for evalueringen har vært utforming og materialvalget for gatens bærelag, og der resultatene fra gjennomføring og oppfølging av et realisert testfelt i selve Olav Kyrres gt. ligger til grunn.

Testfeltet i Olav Kyrres gt. ble etablert for å høste erfaringer og for å gi et grunnlag for endelig valg av ny oppbygging av gaten. Hovedmålet med testfeltet har vært å få klarlagt hvorvidt dreinsbetong vil være egnet som bærelag for brosteinsdekket i en nyoppbygd gate, samt å få nærmere erfaringsdata på eventuelle forskjeller mellom dreinsasfalt og dreinsbetong for gater som er utsatt for stor belastning fra busstrafikk. I dette ligger også å vurdere erfaringer og resultater fra foreliggende testfelt, med erfaringer fra realisert testfelt tilknyttet Torvet i Trondheim. Det har fra oppdragsgivers side vært ønskelig å trekke inn SINTEFs tidligere erfaringer fra oppfølging av det testfeltet og som var tilknyttet rehabilitering av Torvet og oppbygging av natursteinsdekket der (under gjennomføring).

I foreliggende bistand har det også vært relevant å vurdere spesielle forhold som blir viktige ved planlagt ombygging av denne viktige ferdselsåren i Bergen, og der sammenlikning mot dagens oppbygging, og oppdragsgivers tidligere erfaringer med gaten, er viktig.

SINTEF ble opprinnelig kontaktet i juni 2018 om dette temaet. Det ble gitt innspill til realisering og monitorering av testfelt i Bergen, og SINTEF la frem forslag om at testfeltet med fordel kunne anlegges i Olav Kyrres gt. Dette ble ansett å gi de mest realistiske forholdene både med hensyn til busstrafikk og oppbygging/grunnforhold, og testfeltet ble etablert i gaten. SINTEF har ikke deltatt i arbeidet med etableringen og oppfølgingen av feltet, men vi har fått tilgang til en rekke dokumenter (se referanseliste).

I prosjektets gjennomføring har SINTEF hatt kontakt og møter med representanter fra Statens vegvesen:

Anne Grethe Fosse Selseng  
Reidun Aastveit  
Siren Tydal Eknes  
Beate Eide Rissnæs  
Håkon Magnus Kallevik Skagen  
Arya Bastiko  
Nils Uthus (Trondheim)  
Leif Bakløkk (Trondheim)

SINTEF ved Stein Olav Christensen og Lisbeth Alnæs deltok på befaring av testfeltet/Olav Kyrres gt. 14. mai i år. Den 23. mai besøkte vi, samt kollega Ola Skjølsvold Torvet i Trondheim, og hadde en gjennomgang med René Kierstein, som arbeider for Trondheim kommune på prosjektet, og en representant for entreprenør Søbstad AS.

Foreliggende rapport gir SINTEFs vurdering og anbefaling tilknyttet Olav Kyrres gt.

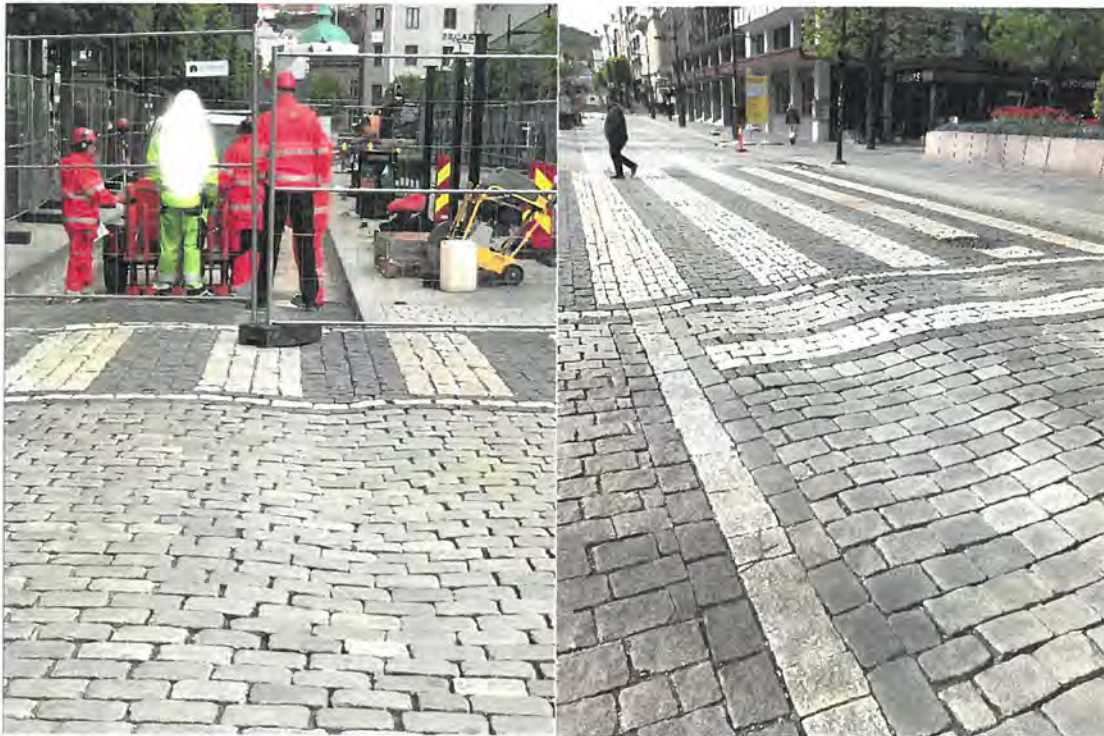
## 2 Olav Kyrres gt. med testfelt

### 2.1 Olav Kyrres gt.

Olav Kyrres gt. i Bergen er et av byens viktigste knutepunkt for kollektivtransport, og der over 1000 busser går over brosteinsdekket hvert døgn. Veien ble etter det SINTEF har fått opplyst rehabilitert/ombygd i 1993, men har siden den tid fått setninger fra tung og syklisk kjøretøybelastning (figur 2.1). Veien skal gjenoppbygges, og den skal "bygges for å tåle trafikkbelastningen". Det er oppgitt at 35 linjer berøres av rehabiliteringen. Olav Kyrres gt. stenges vår/sommer 2019 og skal åpnes på ny sommeren 2020 [1]. All brostein og annen naturstein skal gjenbrukes.

Størst setningsproblemer anses å være erfart inn mot/nærmest fortausfeltene og i tilknytning til opphøyde gangfelt. Disse feltene er derfor til dels reasfaltert (figur 2.2).

Det rapporteres om at grunnvannstanden er høy i området, og at det er et fredet kulturlag i bunnen av gateoppbyggingen. Det pekes på at alle tiltak i urørt grunn (under eksisterende nedre geonett) må søkes godkjent av Riksantikvaren [2]. Undergrunn representerer både gammel sjøbunn og gamle fyllplasser/garveritomter [2].



Figur 2.1 Bilder som tydelig viser setningsproblemer i Olav Kyrres gt. Bildet til venstre er tatt i retning mot nord (mot testfeltet), bildet til høyre er tatt mot sør. Foto: SINTEF.





Figur 2.2. Olav Kyrres gt. sett mot sør. Foto: SINTEF.

### 2.1.1 Oppbygging dagens Olav Kyrres gate

Oppbyggingen av dagens Olav Kyrres gt. forstår SINTEF er som følger, ut fra opplysninger vi har mottatt:

- Brosteinsdekke av storgatestein, satt i sand (10-14 cm) og fuget med sand
- Asfalt bærelag, modifisert Ag (asfaltgrus) finstoffredusert (ca. 16 cm)
- Forsterkningslag 0-32 mm, relativt svakt komprimert (varierende tykkelse 50-60 cm)
- Geonett

Forsterkningslaget har ulik tykkelse ned til traubunn.

## 2.2 Testfeltet i Olav Kyrres gt.

### 2.2.1 Etablering, oppbygging og oppfølging

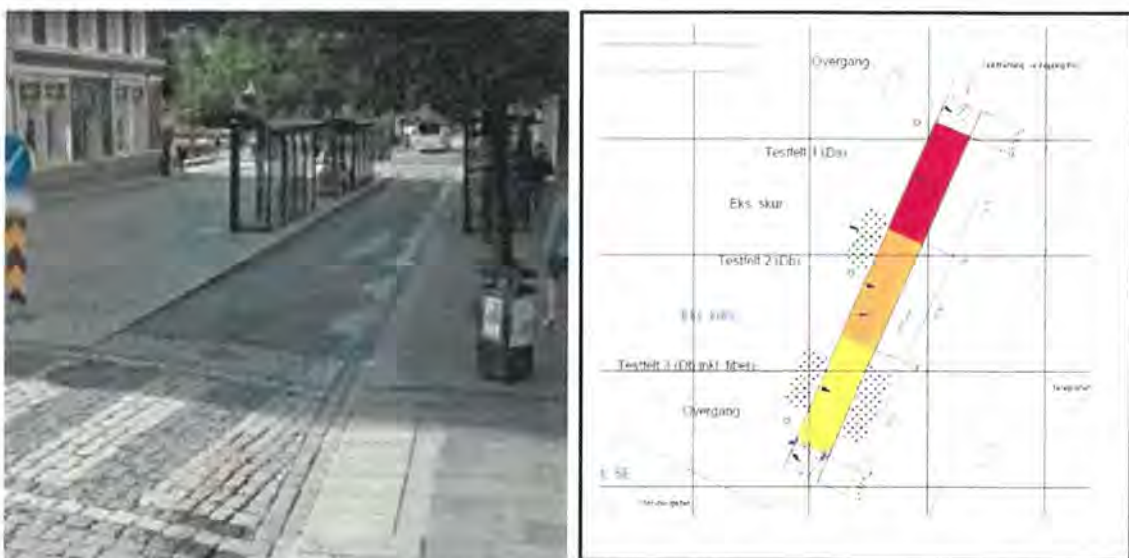
Arbeidet med testfeltet er rapportert av SVV i form av flere notater, sammenstillinger og ppt-presentasjoner. SINTEF har gjennomgått disse, se referanseliste sist i rapporten. En oppsummering av etablering, oppbygging og oppfølging er gitt i det følgende, basert på den kjennskapen SINTEF har til arbeidet som har vært utført. Nærmere beskrivelser og vurderinger av bærelaget er beskrevet kap. 3.1 og 3.2. Her er også erfaringer fra Torvet i Trondheim inkludert.

*Utforming:* Testfeltet ble utformet med 3 delfelt som skissert i fig. 2.3 og 2.4. Samlet lengde er 30 meter, bredden er ca. 4.3 meter. Overgang fra testfelt til opprinnelig gateløp er lagt med drengsfalt. Testfeltet er oppbygd som følger:

- Brosteinsdekke med storgatestein, satt i settesand Fk 0/8 (6 cm, men varierende, spesielt ut mot hver side av testfeltet)
- Bærelag av drengsfalt eller drengsbetong – 22 cm
  - Felt 1 består av drengsfalt utlagt i 4 lag,
  - Felt 2 og 3 består av drengsbetong hhv. uten og med basaltfiber.
- Forsterkningslaget består av 55 cm puk (0-32).

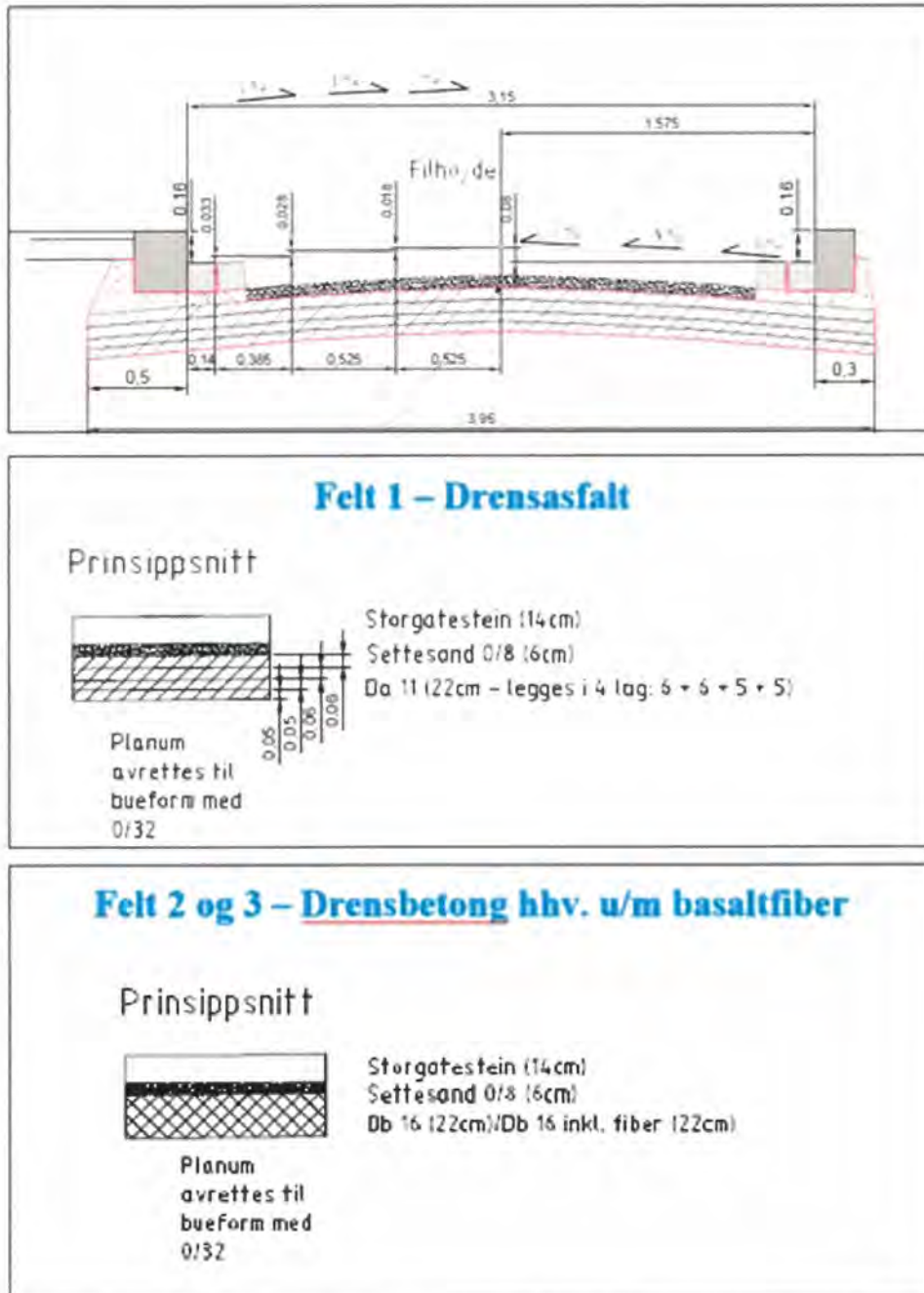
Forsterkningslaget med avretting og komprimering ga en ferdig flate i bro/bueform. SINTEF har ikke detaljinformasjon om komprimeringsgrad for forsterkningslaget.

Geometri mellom testfelt og eksisterende brosteinsdekke ble tilpasset med asfaltkile (Ag), og tykkelsen på settesand ble tilpasset mellom testfelt og eksisterende. For reetablering av kantstein inkl. fugging samt fundament ble benyttet jordfuktig mørtel – B35. Storgatestein ble reetablert med ca. 6 cm settesand og fuget med Fk 0/8 [3]. I felt 3 ble lagt inn kummer.



Figur 2.3. Sted og realisert utforming av Testfelt Olav Kyrres gt., Bergen. Illustrasjon/tegning: SVV.

*Realisering:* Brostein og øvrig oppbygging ble fjernet ned til øvre geonett under forsterkningslag. Entreprenør Presis Vegdrift AS og anleggsgartnermester Wikholm AS sto ansvarlig for planlegging, forberedelse og realisering av testfeltet, og der arbeidet ble spesifisert via utlyst Konkurransgrunnlag. SVV hadde personell i Bergen i hele oppbygingsperioden. Arbeidet ble påbegynt 16. juli [2], og feltet var ferdigstilt 6. august 2018 [2]. Noen bilder fra arbeidet med oppbygging av Testfeltet, og som SINTEF har fått tilgang til fra SVV, er samlet i figur 2.5 til 2.10.



Figur 2.4. Snittegninger av realisert Testfelt Olav Kyrres gt., Bergen. Tegning: SVV (F001\_M-3, 2018-07-18 og F001\_K-2, 2018-07-10).

*Innmåling og skanning av overflaten:* SVV har etablert fastpunkt på husvegger, som blir stående i 2018-2020 i forbindelse med annen måling. Entreprenør hadde ansvar for oppmåling av de enkelte lagene og feltene, og målte inn og dokumenterte topp drengbetong og drengsalfalt samt topp brostein (pilhøyde). Totalt 70 punkt er innmålt over testfeltet [5]. Skanning av topp brostein ble utført av SVV like før trafikk ble satt på, og det ble foretatt målinger i alt 6 ganger i løpet av eksponeringsperioden (9 mnd.). Målemetodikk og resultater fra skanningen fremgår av [7]. Resultatene fra skanningen er nærmere beskrevet og diskutert i Kap. 3.3.4.

*Instrumentering av gateoppbygging:* SINTEF utarbeidet tidlig et forslag til deformasjonsmålinger i opprinnelige løsmasser (under veikroppen), se vedlegg 1, og der opprinnelig grunn ble forventet å starte rundt 1 m under brosteinsdekket. Det ble foreslått at SVV sto ansvarlig for montering av utstyr og for oppmåling over tid, med start etter at testfeltet er realisert, men før trafikk ble satt på, og det ble foreslått 3 målepunkter i hvert felt. Det viste seg at dette ut fra tidsmessige årsaker ikke var gjennomførbart. Det foreligger derfor ikke målinger på oppførsel til undergrunn i testfeltet ved påkjent busstrafikk.

*Eksponering:* Busstrafikk ble sluppet til over testfeltet fra og med 13. august 2018. Trafikkbelastning ble innhentet gjennom Skyss, som har etablert sanntid for Perrong D. Busstrafikk, som typisk har hastighet ned mot

10-15 km/h gjennom gaten [1] gikk over testfeltet frem til begynnelsen av mai 2019, dvs. ca. 9 mnd. Kvantitative data på busstrafikk foreligger, men er ikke fremvist for SINTEF foreløpig.

*Prøvetaking og laboratorieanalyser:* Testfeltet ble "demontert" rundt 12. mai 2019, dvs. brostein og settesand ble fjernet, slik at bærelag av drengbetong med (felt 3) og uten (felt 2) basaltfiber og drengsalfalt (felt 1) ble eksponert. SVV gjennomførte et prøvetakingsprogram av bærelagene etter endt eksponering. Overflaten hadde ingen synlige oppsprekninger eller riss, men var stedvis litt ujevn. En oversikt over planlagt og utført uttak av prøver er vist i Figur 2.11. SVV sine gjennomførte laboratorieanalyser av drengbetong og drengsalfalt omfatter bestemmelse av trykkfasthet, E-modul, permeabilitet, hulromsandel og bøyestrekfasthet. Figur 2.11 viser prøvepunkter i dekket. SINTEF har ikke selv foretatt laboratorieprøving, men har fått tilgang til alle analyseresultater som så langt foreligger. Resultatene er nærmere vurdert i Kap. 3.1.1 og 3.3.

*Platebelastningsforsøk:* SINTEF har foreslått at det bør gjennomføres platebelastningsforsøk i testfeltet. SVV har hatt ansvaret for dette. Det ble i mai 2019 utført platebelastningsforsøk (D=30 cm) både på avgravd drengbetong (bærelag) og direkte på forsterkningslaget. Totalt er det utført 9 forsøk på drengbetongen, og 5 forsøk på forsterkningslaget. Resultatene er nærmere vurdert i Kap. 3.4.



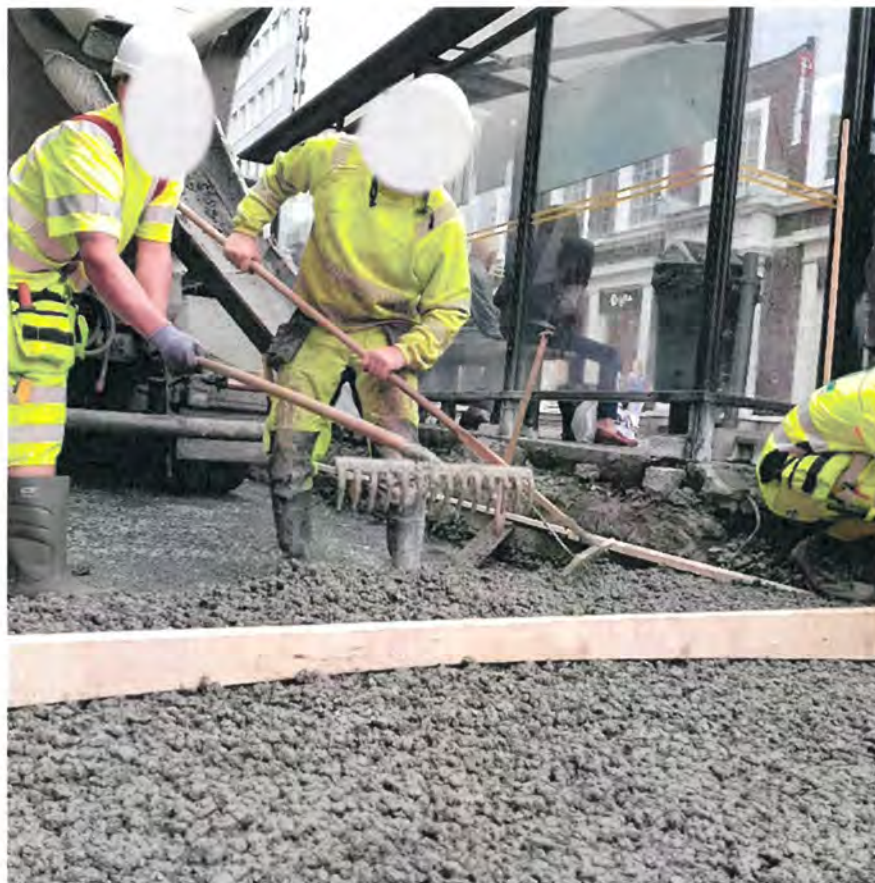
**Figur 2.5** Bilde fra Testfelt Olav Kyrres gt. Topp forsterkningslag med avretting og lagt i bue, klargjort for etablering av bærelag. Foto: SVV Reidun Aastveit (sendt 2. august 2018).



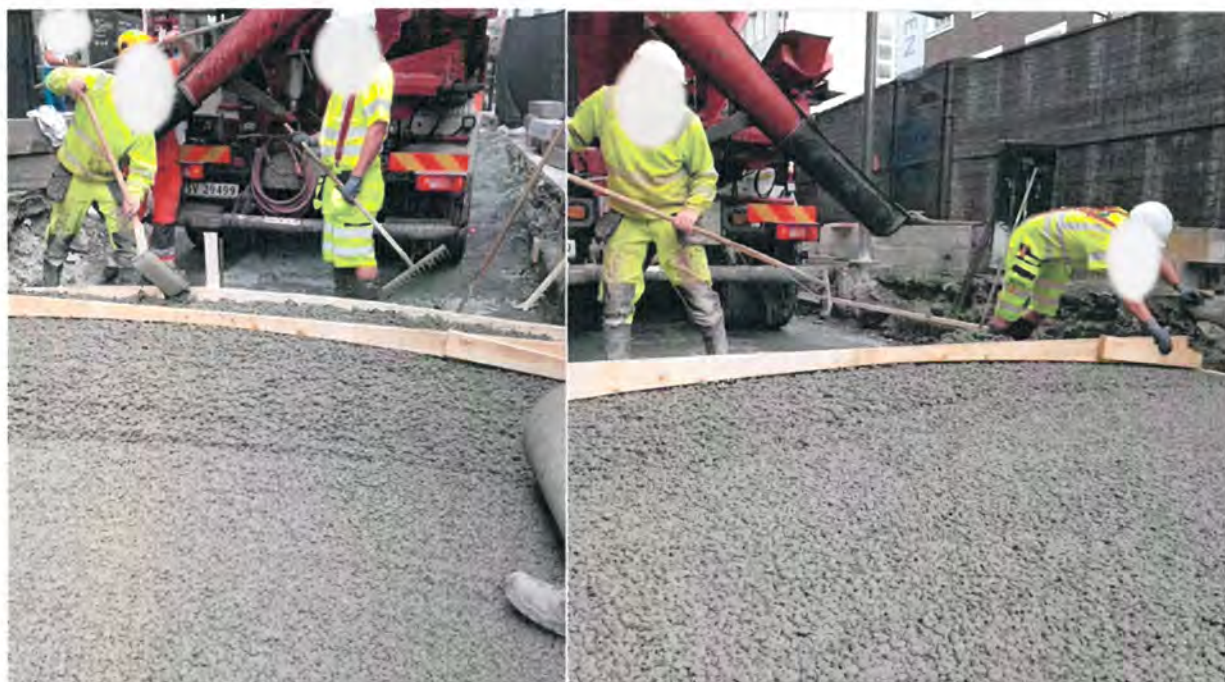
Figur 2.6 Bilde fra ferdig komprimert drensasfalt bærelag i Felt i ved testfelt Olav Kyrres gate. Foto: SVV.



Figur 2.7 Bilde av basaltfiber anvendt i drensbetong i Felt 3 ved testfelt Olav Kyrres gate. Foto: SVV.



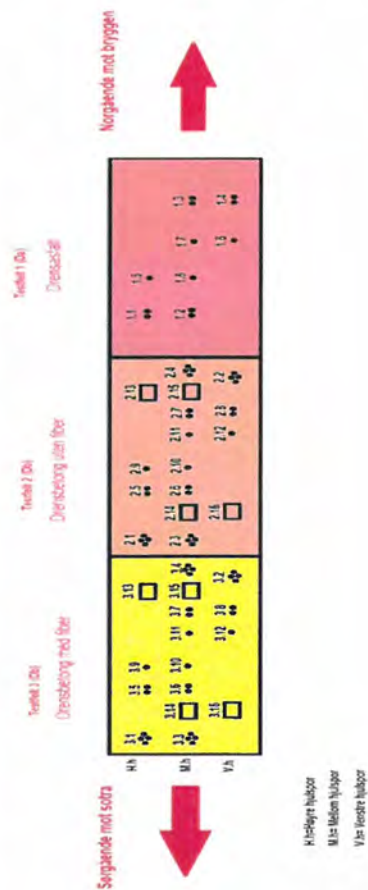
Figur 2.8 Bilde fra utlegging av drensbetong ved testfelt Olav Kyrres gate. Foto: SVV Reidun Aastveit



Figur 2.9 Bilder fra utlegging av drensbetong ved testfelt Olav Kyrres gate. Foto: SVV Reidun Aastveit.



**Figur 2.10** Bilder fra ferdig lagt Felt 3 (drensbetong med fiber) ved testfelt Olav Kyrres gate.  
Foto: SVV Reidun Aastveit.



**Figur 2.11** Planlagte og utførte prøvetakinger av bærelaget i testfeltet.



### 3 Vurderinger

#### 3.1 Bærelag av drensasfalt i Olav Kyrres gt., Bergen og Torvet, Trondheim

I tabell 3.1 er sammenstilt data og erfaringer med drensasfalt brukt på Testfelt i Olav Kyrres gate [9] og i Trondheim [10]. SINTEF har ikke tilstrekkelig resultater eller opplysninger til å sammenlikne drensasfalten brukt på de to testfeltene. Se for øvrig Kap. 3.3.4.

**Tabell 3.1 Sammenstilling av data og erfaringer fra utførelse av bærelag med drensasfalt på testfelt i Bergen og Trondheim.**

	TESTFELT OLAV KYRRES GT.	TESTFELT TRONDHEIM FOR TORVET
ASFALT-KVALITET/RESEPT	Drensasfalt Da, med Dmax 11 mm, tykkelse ca. 4 x 55 mm	Drensasfalt Da, med Dmax 11 mm, tykkelse 3 x 60mm (ca. 40 tonn)
FUNKSJONS-KRAV		Min. hulrom 16% Min. permeabilitet/ vanngjennomgang > 5,4 x 10 <sup>-5</sup> m/s
UTFØRENDE Asfaltleveranse Asfaltarbeider	NCC Industry AS (Dekketype PA 11 70/100 Da 11) Produksjonssted 441 Rådal 1111-08-0309	Fra PEAB Asfalt AS (DA11 70/100 Ottersbo)
KOMMENTARER UTFØRELSE	SVV foretok kontroll av utlagt asfalt, inkl. komprimeringskontroll.	Spesifiserte delmaterialer (e.g. drensasfalt) ga i en viss grad utfordringer med hensyn til lokal erfaring/lokal leveranse Drensasfalt kom på bil. Drensasfalt ble først lagt ut for hånd/med "spreader", men denne måtte skiftes ut fordi man fikk for store høydeavvik. Ny drensasfalt ble lagt ut i 3 jevne lag med asfalt-utligger med komprimering mellom hvert lag.

##### 3.1.1 Prøvningsresultater av drensasfalt fra Bergen

Det er foretatt en gjennomgang av tilgjengelige prøvningsdata for drensasfalten som er benyttet i testfeltet i Olav Kyrres gt.

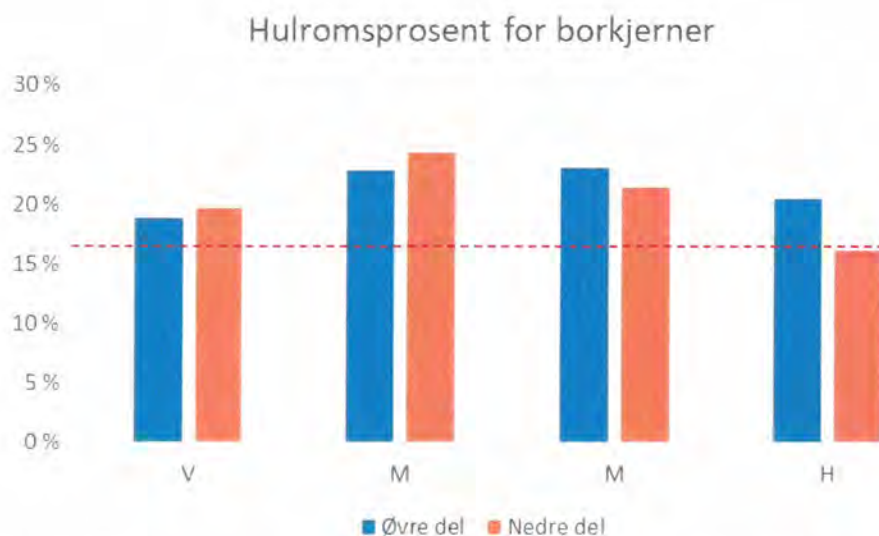
###### Hulromsprosent

Det er utført måling av hulromsprosent for uttatte borkjerner. Ved prøvingen er øvre og nedre del av kjernene prøvd hver for seg, se Figur 3.1 (enkeltresultater). I begge tilfellene tilfredsstilles oppsatt krav til minimum hulromsandel.

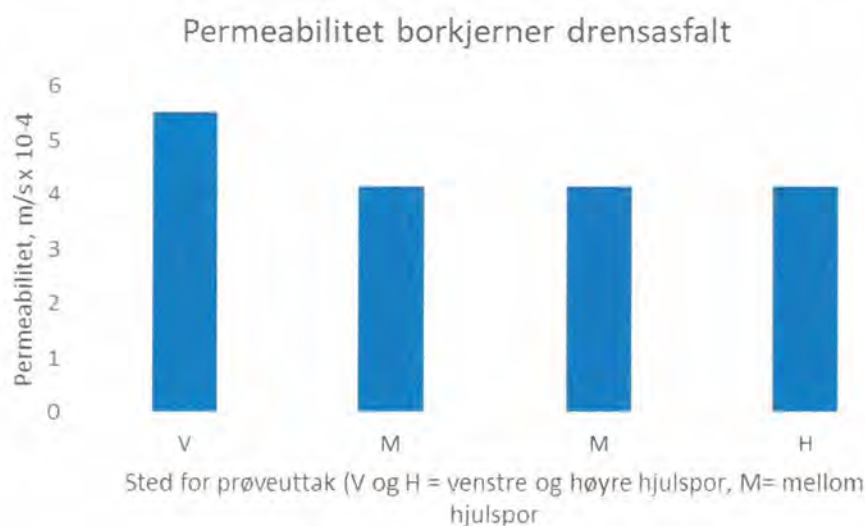
Det registreres lavere hulromsandel både i øvre og nedre del av asfalt bærelag der busstrafikken har gått i forhold til midt på testfeltet. Dette indikerer enten bedre utgangskomprimering eller setning på grunn av busstrafikken.

###### Permeabilitet

Det er målt permeabilitet for et utvalg borkjerner, se Figur 3.2. Målingene gir ingen spesielle indikasjoner på forskjeller mellom prøver. Det fremgår av målte verdier at disse ligger rundt 4 x 10<sup>-4</sup> m/s, mens oppsatt krav er satt til 5,4 x 10<sup>-5</sup> m/s. Dette er ikke kommentert fra SVV sin side, og SINTEF avventer ev. kommentarer til dette er nærmere utredet. Det samme gjelder for permeabilitetsmålinger utført på drensbetong (se kap. 3.3.2).



Figur 3.1 Hulromsprosent for borkjerner av drengsfalt ved Testfeltet i Bergen. Sted for prøveuttak (V og H = venstre og høyre hjulspor, M= mellom hjulspor. Fra [11].






Figur 3.2 Permeabilitet for borkjerner av drengsfalt. Fra [12].

### 3.2 Bærelag av drengsbetong i Olav Kyrres gt., Bergen og Torvet, Trondheim

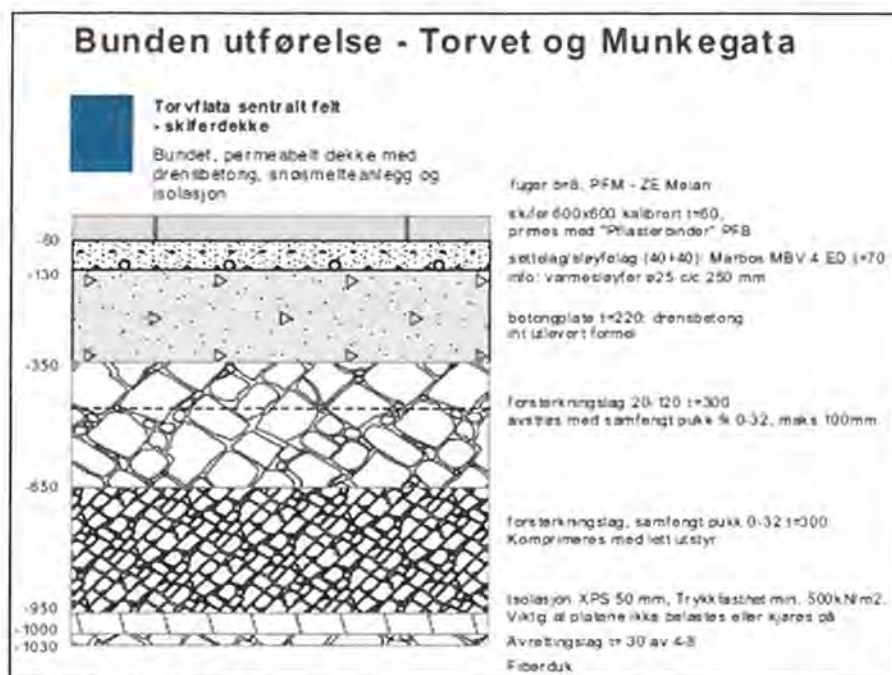
I tabell 3.2 er sammenstilt data og erfaringer med drengsbetong brukt på Testfelt i Olav Kyrres gate [9, 13 + pers. meddelelse SVV] og i Trondheim, dekkende testfeltet [10] og på Torvet [pers. meddelelse Rene Kierstein og Søbstad AS]. Oppbygningen på selve torvflata på Torvet er gjengitt i figur 3.3.

**Tabell 3.2 Sammenstilling av data og erfaringer fra utførelse av bærelag med drensbetong på testfelt i Bergen og Trondheim.**

	<b>OLAV KYRRES GT - TESTFELT</b>	<b>TESTFELT for TORVET samt kommentarer til bærelag på TORVET</b>
BETONG-KVALITET	B20M45	
FUNKSJONS-KRAV	Hulrom min 15% Krav til permeabilitet/ vanngjennomgang min $\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s Trykkfasthet min 20 MPa (ingen testverdier skal ligge under), testlegemer påkrevet v/c- tallet skal ikke ligge over 0,4; «jordfuktig konsistens»	Hulrom min 15% Krav til permeabilitet/ vanngjennomgang min $\geq 5,4 \times 10^{-5}$ m/s Trykkfasthet min 15 MPa (ingen testverdier skal ligge under) v/c- tallet skal ikke ligge over 0,4: «jordfuktig konsistens»
KJERNE-PRØVER	 Kjerneprøve tatt fra felt 3 (diameter 10 cm) Foto: SINTEF	 Kjerneprøve tatt fra Testfelt Trondheim (diameter 5 cm)
KJERNEPRØVER TESTFELT OLAV KYRRES GT. Foto: SVV		
UTFØRENDE Betongleveranse Betongarbeider	Betong Vest AS Wikholm A/S	UNICON Søbstad A/S

	<b>OLAV KYRRES GT - TESTFELT</b>	<b>TESTFELT for TORVET samt kommentarer til bærelag på TORVET</b>
<p>UTFØRELSE KRAV</p>	<p>Drensbetong leveres ferdig blandet fra verk til anlegg i jordfuktig konsistens. Prosedyre for levering avtales med leverandør og byggherre. Fortrinnsvis lukket bil.</p> <p>Underlaget til drensbetong gjøres klar, sidene forskales lett, betong legges ut, avrettes og komprimeres fortløpende. Overgangene til neste felt brukes som naturlig fuge (uten å etablere fuge fysisk).</p> <p><b>Ved tilsetning av basaltfiber (Felt 3):</b> Basalt fiber må kastes i for hånd i tørr blanding. Angitt mengde 4kg/m<sup>3</sup> blandes med sement og tilslag før vannet tilsettes blande-prosessen for å sikre god dekning av sementpasta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Drensbetong legges ut i samme profil som topp dekke</li> <li>• Brukes innen 1 time etter levering, brukstid fra blanding 2 timer (i henhold til spesifikasjon fra betongleverandør)</li> <li>• Legges ut i ett lag</li> <li>• Arbeidstemperaturer + 5 til + 25 grader</li> <li>• <b>Legges ut med noe overhøyde.</b></li> </ul> <p><b>Kompakteringsgrad (overhøyde) bør testes i forkant, kan ligge på opptil 30mm</b></p> <p><b>o Komprimeres med lett vals (1,5-2 tonn) uten vibrasjon (anbefalt der det er mulig).</b></p> <p>Ved komprimering rundt kummer kan det brukes lett vibrasjonsplate med vekt mellom 70-90 kg.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>o Det er ikke tillatt å komprimere eller å legge på mer masse etter påbegynt herdeprosess</li> <li>o Tillatt avvik på jevnhet +/- 10mm</li> <li>• Etterbehandling i form av vanning nødvendig de første 3 døgn</li> <li>o Tildekking med plastikk nødvendig, i tillegg skal under plastikken legges fiberduk som holdes fuktig i samme perioden</li> <li>• Mot faste kanter, rundt kum/sluk/fundamenter legges en fugelist t= 15mm i full høyde. Støv må fjernes slik at overflaten ikke tettes. Slike fuger fylles igjen med finpukk f.eks. 2/4</li> <li>• Kan belegges med mørtel og stein dagen etter støping (resterende areal skal</li> </ul>	<p>Brukes innen 1 time etter levering</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Skal være fabrikk produsert i jordfuktig konsistens</li> <li>• Skjøter skal etableres ved evl. ekspansjonsfuger (kan sløyfes på testfeltet)</li> <li>• Legges ut i ett lag ved lagtykkelser opptil 250mm</li> <li>• Arbeidstemperaturer uten tiltak + 5 til + 25 grader</li> <li>• <b>Legges ut med noe overhøyde og komprimeres med lett vals (1,5-2 tonn) uten vibrasjon (anbefalt der det er mulig) eller med vibroplate med vekt maks 100 kg ved vibrasjon.</b></li> <li>• Tillatt avvik på jevnhet +/- 10mm</li> <li>• Kan legges ut med utlegger om mulig</li> <li>• Etterbehandling i form av vanning nødvendig de første 3 døgn</li> <li>• Tildekking med plastikk nødvendig, i tillegg kan under plastikken fiberduk brukes som holdes fuktig de første 3 døgn</li> <li>• Spenningstiltak i form av riss styrende delfuger/sagkutt kan sløyfes på testfeltet</li> <li>• Kan belegges med mørtel og stein dagen etter støping (resterende areal skal ikke tilsøles og holdes tildekket og fuktig</li> <li>• Belastning av lette arbeidsmaskiner etter 3 døgn, full belastning etter 14 døgn</li> </ul>

	<p>ikke tilsøles og holdes tildekket og fuktig)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Belastning av lette arbeidsmaskiner (maks 2 tonn) etter 3 døgn, full belastning etter 10-14 døgn</li> <li>• Anvendes bærelaget av drensbetong som midlertidig bruksareal må overflaten tildekkes med fiberduk for å hindre tilsøling og dermed fortetting</li> </ul> <p>Ferdig komprimert overflate Db16 holdes tildekket og fuktig i 3 døgn</p>	
<b>KOMMENTARER UTFØRELSE</b>	<p>Drensbetong kom på bil og ble "helt" ut i feltet fra renne/belte. Det ble brukt grafse og jernrive for å fordele massen utover, og deretter ble overflaten avrettet med "bue"-formet avretter. Forskaling/skille i form av kantstein på hver side av gaten var satt inn. Hvert av de 2 delfeltene ble delt inn i 2 enkeltfelt, med 1 billass drensbetong pr. enkeltfelt.</p> <p>Felt 3 (med fiber – Første lass var ganske tørr masse, og opplevdes som tung å fordele. Avretting gikk greit, og massen "la seg" fint. Bil 2: Mer fuktig masse – her opplevdes massen som veldig myk/uførmelig. Ved lett vibrasjon – begynte den å "lukke seg".</p> <p>Fiber skulle som nevnt over blandes tørt og så skulle massen tilsettes vann. På enkeltfelt 2 i Felt 3 ble fiberen helt rett inn i bilen, og fiberen "klumpet seg".</p> <p>Felt 2 (uten fiber) – relativt buklete overflate.</p> <p>SVV kommenterer som følger:          Krevende å få rett blanding og konsistens (jordfuktig)          Krevende å legge riktig (med knekk som broen over)          Krevende å få rett styrke og min.15% hulrom (komprimering)</p>	<p><b>Testfeltet:</b>          Drensbetongen ble levert på bil fra Unicon og ble lagt ut med gravemaskin og avrettet med rettholt. Betongen ble lagt ut med noe overhøyde og komprimert til ferdig tykkelse på ca. 220 mm med komprimeringsplate (105 kg) i henhold til beskrivelser gitt. Det ble foretatt etterbehandling i form av vanning de første 3 -5 døgn etter legging, og bærelaget ble deretter tildekket frem til steinlegging.</p> <p>"Drensbetong, tung masse å bearbeide for hånd. Når vi la det ut så ble det trampet på noen områder for å det avrettet. Dette påvirket komprimeringen slik at det ble ujevnt. Bør legges ut med utlegger".</p> <p><b>Torvet:</b>          På Torvet kommer drensbetongen på bil og helles ut på delfelt adskilt med forskaling. Bærelaget avrettes og deretter komprimeres laget med en liten vibroplate (100 kg) i én overfart. Det ble innledningsvis anvendt en lett vals, men erfaringen var at den ble for tung ifh til å oppnå ønsket dreneringsevne.</p>



**Figur 3.3 Oppbygging med drensibetong på Torvet, Trondheim. Kilde: Presentasjon på Brosteinsseminaret i Trondheim 2019-09-19 av Rene Kierstein, Stein&Vei ConsultAS.**

Bruksmåtene er svært forskjellig for de aktuelle dekkene i Bergen og Trondheim:

- I Olav Kyrres gt. er drensibetong tenkt anvendt som bærelag for et brosteinsdekke, og der buen i dekket ivaretas av både bærelaget og forsterkningslaget under. Dekket vil utsettes for tung og vedvarende busstrafikk.
- På Torvet i Trondheim skal drensibetong med basaltfiber fungere som bærelag for et platedekke av naturstein. Dekket vil utsettes sporadisk for tunge lastebiler etc.

Reseptene anvendt i Bergen og i Trondheim har likhetsstrekk, men drensibetongen i Bergen inneholder nær dobbelt så mye sement og mangler flyveaske. Trondheims-varianten har høyere silikainnhold. Tilslagstyper er forskjellig. Det foreligger ikke tilstrekkelig sammenlikningsgrunnlag til å vurdere drensibetong anvendt på Torvet med den prøvd i Testfeltet i Olav Kyrres gt., men resultater fra sistnevnte er nærmere vurdert i kap. 3.3.

Både i Trondheim og Bergen er det erfart utfordringer knyttet til utførelsen av bærelag med drensibetong, både med hensyn til jevnhet i kvalitet (med og uten fiber), fuktinnhold og risiko for separering, forhold tilknyttet utlegging og komprimering. Erfaringen fra Trondheim er at beste transportmåte for drensibetongen foregår ved lukket, stående trommel.

### 3.3 Prøvningsresultater av dreinsbetong fra Bergen og Trondheim

Det er foretatt en gjennomgang av tilgjengelige prøvningsdata for dreinsbetongen som er benyttet i testfeltet i Olav Kyrres gt. Disse er sett opp mot data som SINTEF har tilgang til for dreinsbetong anvendt på Torvet i Trondheim, samt trykkfasthet målt på kjernepøver fra Testfeltet til Torvet.

#### 3.3.1 Trykkfasthet og E-modul

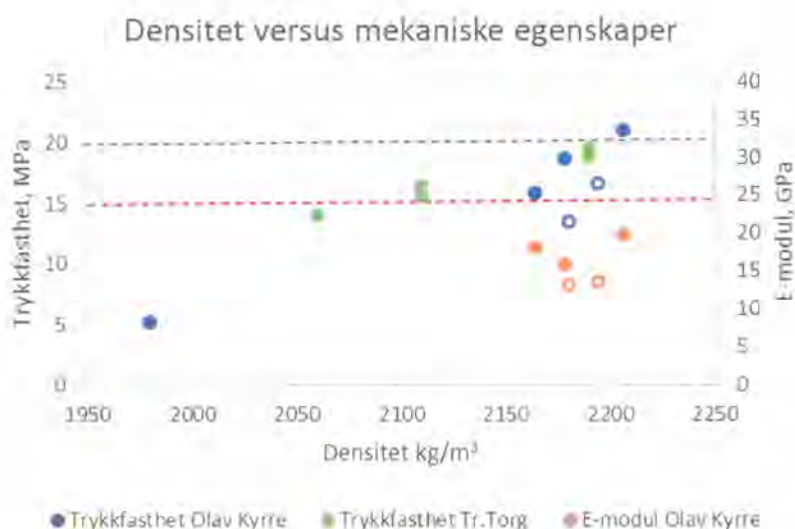
SINTEF har mottatt resultatene fra prøving av borkjerner og utsagete prismer tatt ut fra prøvefelt (Olav Kyrres gt.) med og uten fiber i betongen.

Det er utført prøving av densitet, E-modul (alle unntatt én) og trykkfasthet. Oppnådde verdier er plottet i Figur 3.4 sammen med resultatene fra bestemmelse av trykkfasthet for dreinsbetong med fiber benyttet på Torvet (kjernediameter 100 mm).

De åpne ringene i Figur 3.4 er resultater fra prøving av betong tilsatt basaltfiber (Olav Kyrres gt.). De lukkede ringene representerer betong uten fiber (Olav Kyrres gt.). Fibertilsetningen har ikke hatt noen positiv effekt på de mekaniske egenskapene for dreinsbetongen brukt på testfeltet i Olav Kyrres gt.

Som det går fram av Figur 3.4 er det svært god sammenheng mellom komprimeringsgrad (densitet) og oppnådd trykkfasthet og E-modul. Vi oppfatter det slik at hvert punkt representerer middel for 2-3 individuelle borkjerner tatt på samme sted.

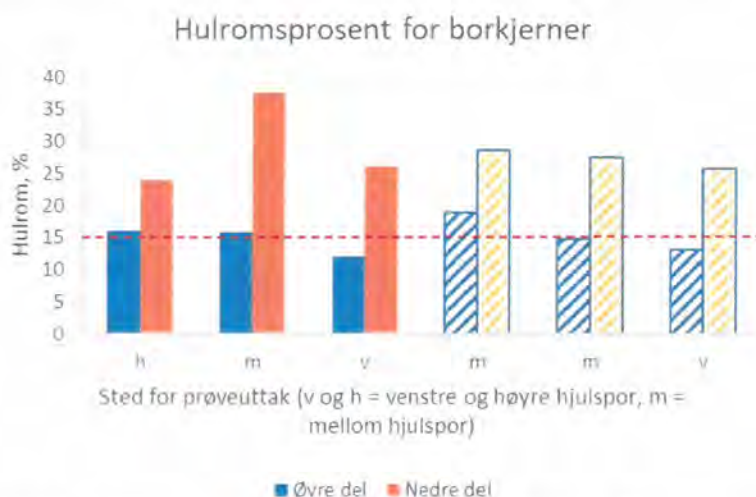
Resultatene fra prøving av borkjerner fra tilsvarende betong benyttet på Torvet ligger på samme densitets- og trykkfasthetsnivå som for prøven fra Bergen. Resultatene fra Torvet er resultater fra enkeltkjerner. Fasthetsmåling av opptatte prøver fra Testfeltet for Torvet, gir et gjennomsnitt av 9 prøver (lengde 100 mm, diameter 50 mm) på 22,4 MPa, dvs. i sammenliknende område som dreinsbetong brukt på Torvet og i Olav Kyrres gt.



**Figur 3.4 Trykkfasthet og E-modul versus densitet. Rød strek indikerer krav til trykkfasthet for Torvet i Trondheim, lilla strek indikerer oppsatt krav for Testfeltet, Bergen.**

### 3.3.2 Hulromprosent

Det er utført måling av hulromsprosent for uttatte borkjerner. Ved prøvingen er øvre og nedre del av kjernene prøvd hver for seg, se Figur 3.5. Det er ikke målt densitet for disse prøvene.



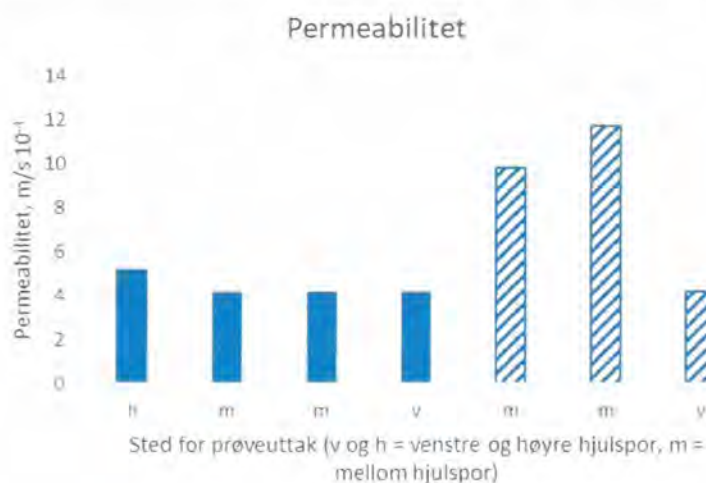
**Figur 3.5 Hulromsprosent for borkjerner av drensbetong. Prøver som representer betong m/ fiber er merket med skraverte stopler. Rød strek indikerer oppsatt krav (> 15%).**

Komprimeringen er bedre (lavere hulromsprosent) i øvre del av borkjernene. Det er angitt hvilke prøver som er uttatt i hjulspor og ikke (v = venstre hjulspor, h = høyre hjulspor, m = mellom hjulspor).

- Vi finner ingen sammenheng mellom sted for prøveuttak og hulromsprosent.
- Vi finner heller ingen sammenheng mellom fibertilsetning og målt hulrom.

### 3.3.3 Permeabilitet

Det er målt permeabilitet for et utvalg borkjerner, se Figur 3.76



**Figur 3.6 Permeabilitet for borkjerner.**



Prøver som representerer betong tilsatt fiber er merket med skraverte stopler i Figur 3.6. Alle permeabilitetsverdier bortsett fra to prøver tilsatt fiber ligger på samme nivå. For 2 av 3 prøver med fiber er det målt dobbelt så stor permeabilitet sammenlignet med de øvrige prøvene. Dette skyldes sannsynligvis dårligere komprimering eller ansamling av fiber.

### 3.3.4 Bøyestrekfasthet

SINTEF har mottatt resultater fra prøving av bøyestrekfasthet for prismer tildannet fra utsagde blokker fra prøvefeltet. Det er 4 prøveserier fra betong uten fiber og 4 prøveserier fra betong med fiber. Vi har ikke mottatt fullstendig rapport da denne ikke var ferdig da foreliggende rapport ble skrevet. Foreløpige resultater er gjengitt i Tabell 3.3.

**Tabell 3.3 Resultater, bøyestrekfasthet**

Betong		Uten fiber				Med fiber			
Serie nr		37	38	39	40	41	42	43	44
Bøyestrekfasthet, MPa	Serie	3,0	3,5	3,3	3,1	3,3	2,0	3,3	2,6
	Middel	3,2				2,8			

### 3.3.5 Samlet vurdering

Det er vanskelig å få jevn komprimering ved utlegging av drengbetong. I tillegg kan foreliggende resultater både representere komprimeringsgrad og endringer som følge av belastning av busstrafikk. Resultatene for uttatte borkjerner vil derfor være beheftet med relativt stor spredning. Det er derfor vanskelig å trekke bastante konklusjoner fra prøving av et så begrenset antall prøvestykker som det som er prøvd her.

Generelt ser det ut til at

- Tilsetning av fiber som ventet ikke har noen positiv innvirkning på denne drengbetongens egenskaper, snarere tvert imot (det kan se ut som om prøvingsresultatene spriker mer)
- Det er god sammenheng mellom komprimering/densitet og trykkfasthet/E-modul
- Trykkfasthet og E-modul ligger på fornuftig nivå i forhold til komprimeringsgrad/densitet og forventning til denne type betong. Trykkfasthetsverdier innen oppsatt krav er oppnådd.
- De oppnådde resultatene for densitet og trykkfasthet ligger på samme nivå som for tilsvarende drengbetong fra Torvet i Trondheim (Trondheim Torg) ved samme komprimeringsgrad
- Hulromsprosenten varierer en del, sannsynligvis som følge av ulik komprimering (densitet er ikke målt for disse prøvene), men ligger innenfor oppsatt krav.
- Øvre del av drengbetongen er bedre komprimert enn nedre del
- Oppnådd permeabilitet ligger på et fornuftig nivå, men med merknad på forskjell mellom målte verdier og oppsatt krav.
- Oppnådd permeabilitet varierer lite bortsett fra 2 prøver med betong tilsatt fiber som har omtrent dobbelt så høy permeabilitet som de øvrige prøvene (sannsynligvis på grunn av dårligere komprimering, densitet er ikke målt)
- Bøyestrekfasthet er lik, dels lavere verdier indikeres på prøver av drengbetong med fiber.

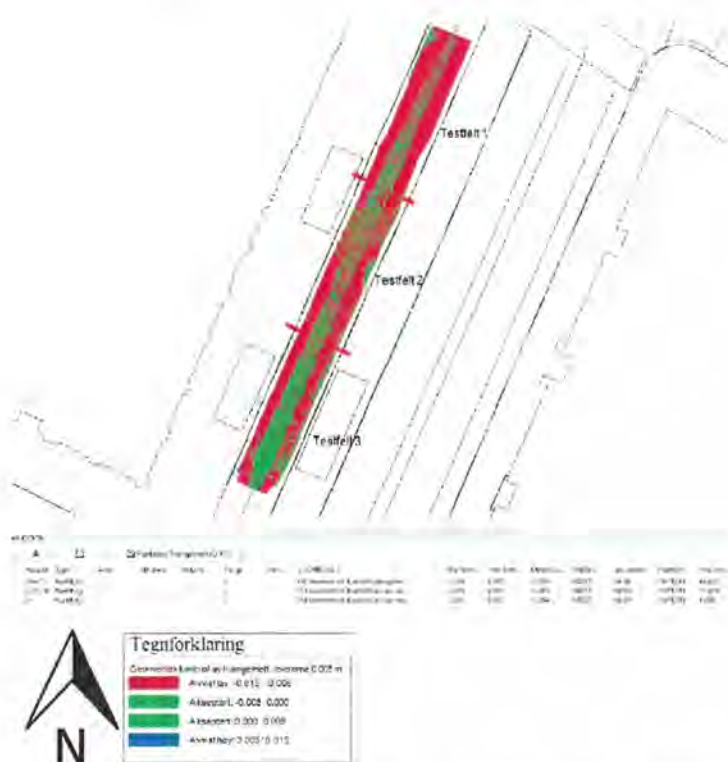
### 3.4 Resultater fra skanning av Testfelt

Figur 3.7 og 3.8 gjengir resultat av skanning av brosteinsoverflaten på testfeltet i Olav Kyrres gt., Bergen. Tabell 3.4 gjengir tallverdier.

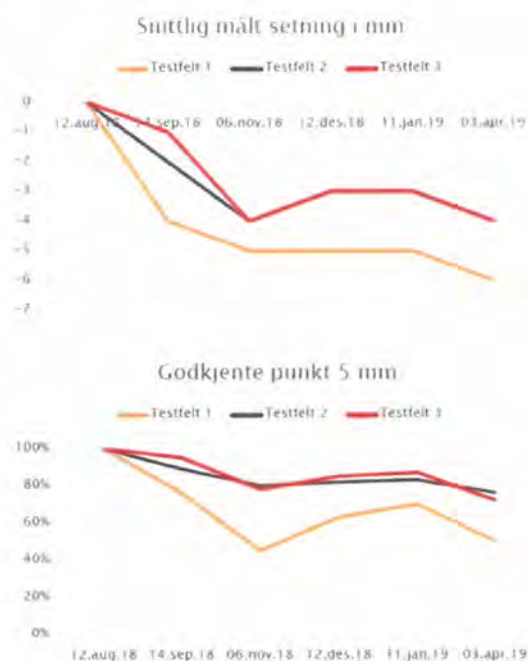
Målingene gir følgende indikasjoner etter 9 måneders eksponering og påkjenning fra regulær busstrafikk på Testfelt i Olav Kyrres gt.:

- Det er en målbar setningsøkning i alle tre delfeltene over eksponeringstiden.
- Bærelag av drensasfalt gir størst setning ilt 9 mnd. eksponering, med snitt rundt 6 mm.
- Bærelag av drensbetong med og uten fiber oppfører seg relativt likt, med gjennomsnittlig målt setning etter 9 mnd. på ca. 4 mm. Det kommenteres fra SVV sin side at drensbetongen med og uten fiber har lite setninger også i hjulsporene. Videre at drensbetongen er lagt i et område hvor bussene stopper mest og at man kan anta at setningene kunne vært større på drensasfalten hvis drensasfalten hadde stått i dette området.

Til sammenlikning kan anføres at tilsvarende skanning av overflaten på testfelt tilknyttet Torvet i Trondheim, som ble eksponert for kun 1-2 større lastebiler daglig samt noe persontrafikk, ga bare en meget svak antydning til setning i delfelt med drensasfalt og -betong som bærelag. Setningene var imidlertid merkbar ved ubunden oppbygging og setting i sand.



Figur 3.7 Figuren viser siste skann utført på Testfeltet i Olav Kyrres gt., dvs. resultat etter 9 mnd. eksponering overfor busstrafikk. Røde områder repr. setninger som er større enn forventet usikkerhet ved georadar-målingene ( $\pm 5$  mm). Grønne områder indikerer partier der det ikke har skjedd endringer siden feltet ble etablert. Kilde: [3].



Figur 3.8 Utvikling av setning over tid i Testfeltet Olav Kyrres gt., Bergen. Kilde: [3].

Tabell 3.4 Sammenstilling av skanning utført på Testfelt Olav Kyrres gt. Kilde: [3]

Testfelt 1 - Drensafalt			% punkter akseptert innenfor		
Kontroll nummer	Måledato	Snittlig målt setning i mm	-5 mm	-7 mm	-9 mm
Null	12.aug.18	0	100	100	100
K1	14.sep.18	-4	76		
K2	06.nov.18	-5	45		
K3	12.des.18	-5	63	82	88
K4	11.jan.19	-5	70	84	89
k5	03.apr.19	-6	50	76	87

Testfelt 2 – Drensbetong uten fiber			% punkter akseptert innenfor		
Kontroll nummer	Måledato	Snittlig målt setning i mm	-5 mm	-7 mm	-9 mm
Null	12.aug.18	0	100	100	100
K1	14.sep.18	-2	89		
K2	06.nov.18	-4	80		
K3	12.des.18	-3	82	88	92
K4	11.jan.19	-3	83	89	92
k5	03.apr.19	-4	76	88	93

Testfelt 3 – Drensbetong med fiber			% punkter akseptert innenfor		
Kontroll nummer	Måledato	Snittlig målt setning i mm	-5 mm	-7 mm	-9 mm
Null	12.aug.18	0	100	100	100
K1	14.sep.18	-1	95		
K2	06.nov.18	-4	78		
K3	12.des.18	-3	85	94	97
K4	11.jan.19	-3	87	95	97
k5	03.apr.19	-4	72	91	97

### 3.5 Platebelastningsforsøk Testfelt Olav Kyrres gt.

#### 3.5.1 Forsøket

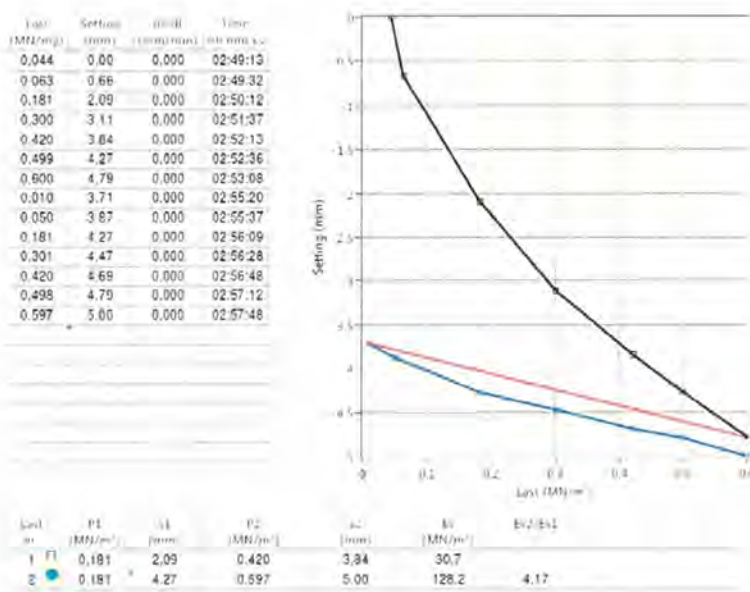
Det er foretatt en gjennomgang av tilgjengelige platebelastningsforsøk utført på bærelag og forsterkningslag i testfeltet i Olav Kyrres gate. Bærelaget i alle feltene har som tidligere nevnt tykkelse ca. 22 cm. Forsterkningslaget består av 55 cm pukk (0-32 mm)..

Platebelastningsforsøk (D=30 cm) er utført både på avgravd drensbetong (bærelag) og på forsterkningslag. Totalt er det utført 9 forsøk på drensbetongen, og 5 forsøk på forsterkningslaget.

Platebelastningsforsøk utføres to ganger i hvert punkt. For første gangs belastning blir  $E_1$ -verdien regnet ut ved å ta ut setningen  $s_1$  ved  $\sigma_1=180 \text{ kN/m}^2$  og  $s_2$  ved  $\sigma_2=420 \text{ kN/m}^2$  (hhv. 0,3 og 0,7 av totalbelastningen på  $600 \text{ kN/m}^2$ ). Lasten blir så redusert til null. Ved andre gangs belastning blir  $E_2$ -verdien regnet ut ved å ta ut setningsverdien ( $s_1$ ) mellom det andre belastningstrinnet  $\sigma_1=180 \text{ kN/m}^2$  og setningsverdien ( $s_2$ ) ved det høyeste belastningstrinnet  $\sigma_2=600 \text{ kN/m}^2$  hvor kurven er tilnærmet rettlinjet.

E-modul beregnes slik:  $E = (\sigma_2 - \sigma_1) / (s_2 - s_1)$

Eksempel på resultat er vist i 3.9.



Figur 3.9 Resultat fra platebelastningsforsøk i Felt 3 på forsterkningslag (under drensbetong).

Statens vegvesen har i sin håndbok N200 (Tabell 602.5) [5] satt krav til E-modul målt ved platebelastningsforsøk (D=300mm) oppnådd ved komprimering for bærelag, forsterkningslag og frostsikringslag (se Figur 3.10).

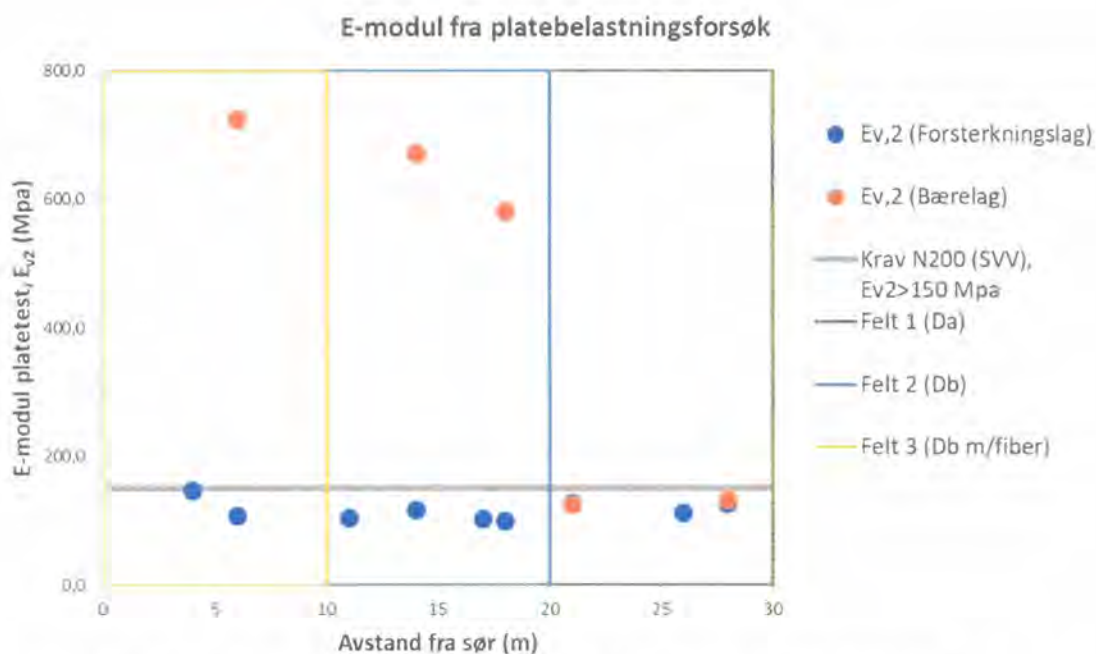
Lag	$E_2/E_1$	$E_2$ (MPa)
Bærelag og forsterkningslag	$\leq 2.5$	$> 150$
Frostsikringslag av sand, grus og stein	$\leq 3.5$	$> 120$

**Figur 3.10** Krav til komprimering (E-modul) målt ved platebelastning.

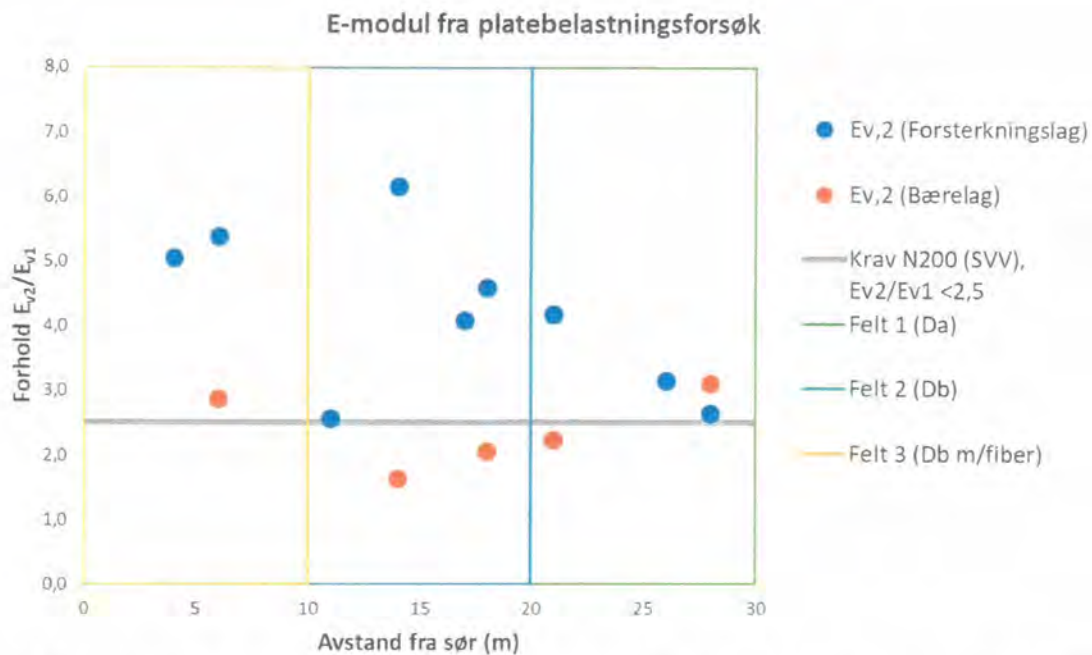
Resultater fra platebelastningsforsøk er vist som E-modul ved 2.gangs pålasting i Figur 3.11, og ved forholdet  $E_{v2}/E_{v1}$  i Figur 3.12. Resultatene viser følgende gjennomsnittsverdier:

Drensasfalt:	$E_{v2} \approx 129 \text{ MN/m}^2$ ,	$E_{v2}/E_{v1} \approx 2,7$	(begge verdier <u>utenfor</u> krav i N200)
Drensbetong:	$E_{v2} \approx 660 \text{ MN/m}^2$ ,	$E_{v2}/E_{v1} \approx 2,2$	(begge verdier <u>innenfor</u> krav i N200)
Forsterkningslag:	$E_{v2} \approx 116 \text{ MN/m}^2$ ,	$E_{v2}/E_{v1} \approx 4,2$	(begge verdier <u>utenfor</u> krav i N200)

Resultatene viser større egnethet for drensbetong enn drensasfalt som bærelag ut fra stivhetsvurderinger og forventet belastning.



**Figur 3.11** E-modul ( $E_{v2}$ ) for bærelag og forsterkningslag. Verdier skal ligge over grå strek.



**Figur 3.12** Forholdet mellom 2. gangs og 1. gangs pålasting ( $E_{v2}/E_{v1}$ ). Verdier skal ligge under grå strek.

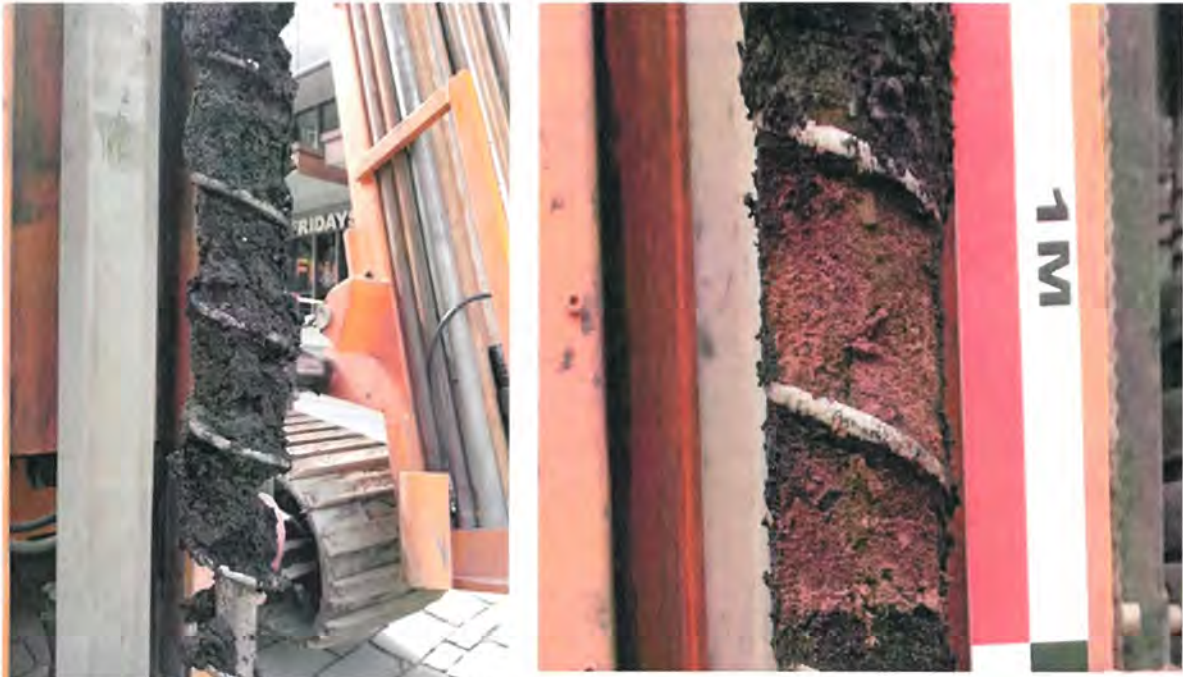
### 3.6 Grunnforhold

I forhold til et veiprojekt er det utført lite grunnundersøkelser i Olav Kyrres gt. Våren 2019 ble det utført totalsonderinger og miljøprøvetaking langs traseen som vist på 3.13 [2].



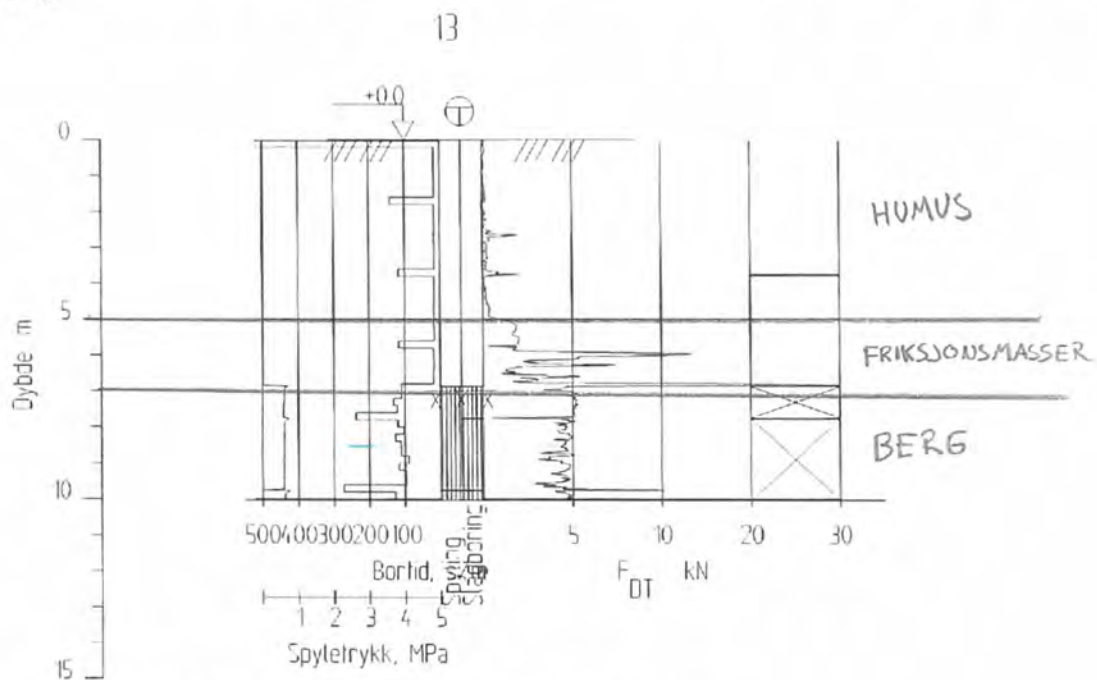
**Figur 3.13** Oversikt over grunnundersøkelser utført våren 2019 [2].

Grunne borer ( $<3\text{m}$ ) viser at sterkt nedbrutte organiske masser, planterester og oppmalt bark forekommer i flere punkter fra dybde inntil 1 m fra gateplan (figur 3.14).



Figur 3.14 Bilder fra miljøprøvetaking våren 2019 [1].

Det er utført 4 totalsonderinger (borepunkt 12-15) utenfor Olav Kyrres gate 27. Totalsondering 13 viser svært lav motstand ned til 5 m dybde, overliggende 2m friksjonsmasser før fjell påtreffes på ca. 7 m dybde (3.15).



Figur 3.15 Boring 13 i gata utenfor Olav Kyrres gate 27.

## 4 Samlet vurdering og anbefaling

### 4.1 Bærelag

Testfeltet og tilknyttede målinger og laboratorieanalyser som har vært gjennomført i Bergen indikerer at ut fra et styrke- og stivhetssynspunkt representerer drensbetong et bedre valg for bærelag enn drensasfalt på en så trafikkert vei som Olav Kyrres gate vil fortsette å være i årene som kommer.

Forsøket i Bergen har ikke tydeliggjort at drensbetong med basaltfiber er bedre enn drensbetong uten fiber. På Torvet i Trondheim er det benyttet drensbetong med fiber. Målte trykkfastheter er sammenliknbare på prøver mellom Trondheim og Bergen, men det er ingen klare forskjeller i styrke på prøver med og uten fiber. Høy permeabilitet på drensbetong med fiber som er målt på kjerner tatt ut i Bergen kan indikere at man har hatt problemer med utlegging og komprimering, noe som dels er rapportert muntlig av SVV.

Det er erfaringer både fra Trondheim og Bergen at drensbetong-optimalisering og -utførelse er utfordrende og krever detaljert utprøving og oppfølging.

Det er fordelaktig for rehabiliteringen av Olav Kyrres gate at Torvet i Trondheim allerede er realisert. Erfaringene med spesielt drensbetongen kan med fordel trekkes enda mer ut fra i tiden fremover.

Manglende langtidserfaring med drensbetong generelt i Norge gir usikkerhet rundt styrke og stabilitet over tid, spesielt i tilfeller med så vidt høy trafikkbelastning som Olav Kyrres gt. i Bergen. Erfaringer fra Tyskland og andre land kan sikkert innhentes i større grad enn det som så langt er gjort.

### 4.2 Konsekvenser for overbygning ut fra grunnforhold

På Torvet i Trondheim kan undergrunnen karakteriseres som god. Dette har vært et viktig punkt med tanke på valgt oppbygging med drensbetong som bærelag. I testfeltet i Olav Kyrres gate er bærelaget 22 cm tykt, og forsterkningslaget 55 cm tykt. Resultatene fra platebelastnings-forsøkene viser at E-modulen målt på drensbetong er 5-6 ganger høyere enn E-modulen målt på forsterkningslaget. Hovedbelastningen fra trafikk står på drensbetongen.

Det har vist seg at det har oppstått store deformasjoner i gata tidligere. Dette skyldes dels trafikk som danner hjulspor, men også sannsynligvis deformasjon av opprinnelig grunn. Deformasjon av opprinnelig grunn skyldes i hovedsak belastning av vegmaterialer. Det er all grunn til å tro at det også vil oppstå ytterligere deformasjoner i opprinnelig grunn ved anleggning av ny veg, og spesielt hvis belastningen øker som følge av økt overbygning. I denne forbindelsen nevnes at det i henhold til [14] foreslås å øke tykkelse på drensbetong og forsterkningslag i forhold til hva som ble anvendt i testfeltet. Det er lite trolig at et geonett vil redusere deformasjoner i opprinnelig grunn fordi det vil være vanskelig å forspenne nettet.

Økt tykkelse av overbygning vil føre til deformasjoner der undergrunnen har liten motstand (lav styrke og stivhet). Drensbetongen skal anlegges som en bu over forsterkningslaget og vil ta opp mesteparten av trafikklasten. Det kan derfor tenkes at deformasjoner over tid i opprinnelig grunn fører til at det ikke er kontakt mellom drensbetong og forsterkningslag på deler av traseen. Dette kan føre til oppsprekking og knekking av drensbetongen som er uarmert. Det er lite trolig at basaltfiber i drensbetongen vil endre noe på dette. Dersom drensbetongen sprekker opp vil dette trolig skje midt i gata og resultere i at brosteinen "reiser" seg.

SINTEF anbefaler derfor at det vurderes bruk av lette masser eller peling i de mest setningsømfintlige områdene av Olav Kyrres gate for å unngå skader på brosteinsdekket over tid.

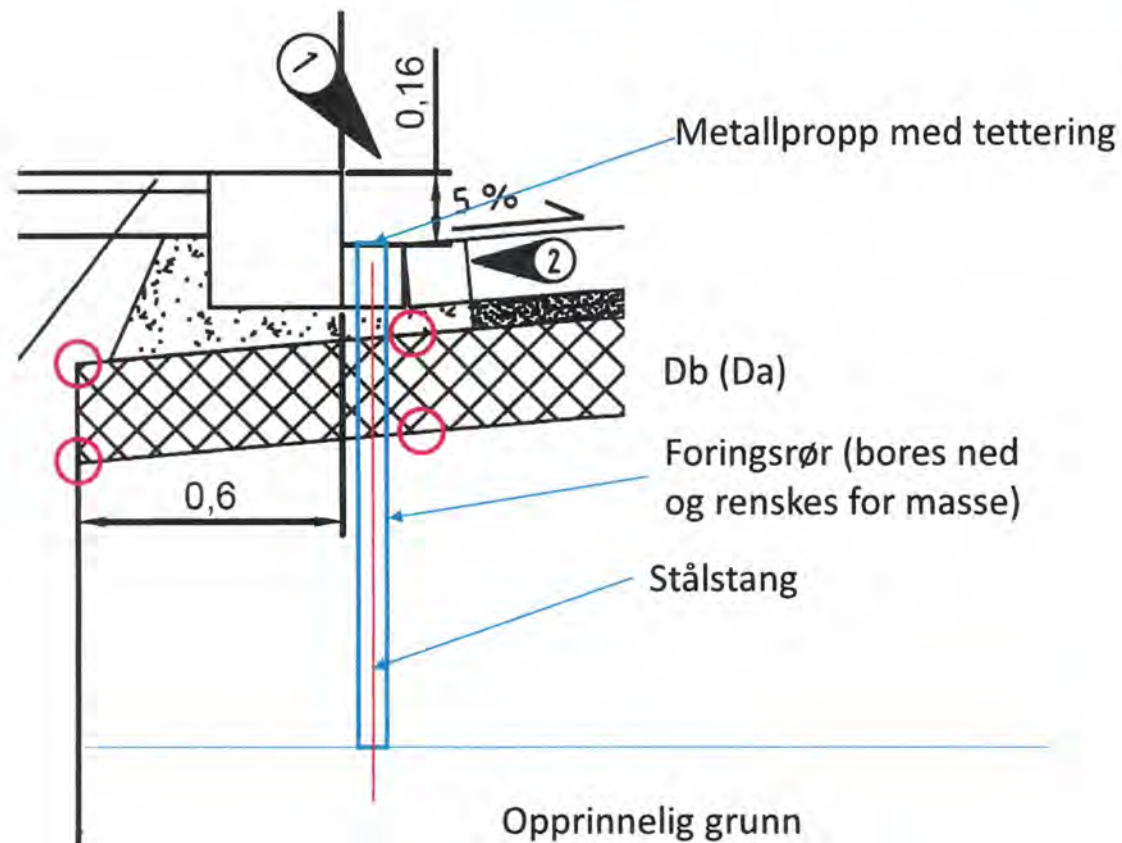


## Referanser

- [1] Notat fra SVV - 308525 Testfelt Olav Kyrresgate, datert 2018-07-09
- [2] Ppt-presentasjon SVV datert 2019-06-07
- [3] Notat: Skanning av testfelt Olav Kyrresgate, KONTROLL NR. 5, 3 APRIL 2019
- [4] Notat SVV v/ Reidun Aastveit til: Entreprenør/305825, datert 2018-07-10.
- [5] Notat SVV v/ Reidun Aastveit til: 305825/ PV. 305825 Olav Kyrresgate Testfelt Kontrollplaner, datert 2018-07-11.
- [6] Møtereferat SVV ("Møte angående overbygning i Olav Kyrres gate"), datert 18.06.2019
- [7] Rapport 18/180021-2 utarbeidet av SVV Region vest
- [8] Håndbok N200: Vegbygging, SVV 2014.  
[https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast\\_title=Tidligere+utgave%3A+H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf](https://www.vegvesen.no/attachment/188382/binary/980128?fast_title=Tidligere+utgave%3A+H%C3%A5ndbok+N200+Vegbygging+2014+%2821+MB%29.pdf)
- [9] Notat NCC datert 2018-01-10. Arbeidsresept for bituminøse vegdekker og bærelag
- [10] SINTEF-rapport SBF2017 F0168 – Åpen. Rapport Torvet i Trondheim. Testfelt Natursteinsdekke Nyhavna
- [11] Notat: "Asfalt bor kjerner for hulromsanalyse". Astrid A Børtveit, Lab- og vegteknologiseksjonen Bergen 31.05.2019.
- [12] Excel-ark fra SVV: Permeabilitet på testfelt Olav Kyrres gt.
- [13] Rapport: "Betong rapport, Olav Kyrres gate, Bergen kommune, Hordaland. FV 585 hp 52, meter 1058, bergen kommune. SVV, Region Vest, Ressursavdelinga, Lab- og vegteknologiseksjonen, 2018-09-24.
- [14] Notat fra SVV: "Sammendrag / referat av Møte angående overbygning i Olav Kyrres gate", 2019-06-11 av Arya Bastiko.

# OLAV KYRRES GATE – TESTFELT DEFORMASJONSMÅLING

Vedlegg 1



## PROSEDYRE

Måling av deformasjoner i opprinnelig grunn utføres med nivellement.

- Stålpropp fjernes
- Målestav settes ned i foringsrør på stålstanga
- Høyde avleses og kobles mot nærliggende fastpunkt.
- Utstyr fjernes og stålpropp festes





Teknologi for et bedre samfunn

[www.sintef.no](http://www.sintef.no)



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**