



SINTEF



Rapport

Torgalmenningen i Bergen – Langsiktig gateopprustning

Innspill fra SINTEF

Forfatter(e):

Lisbeth Alnæs, Stein Olav Christensen

Rapportnummer:

2023:00695 - Åpen

Oppdragsgiver

Bergen kommune, Bymiljøetaten

Rapport

Torgalmenningen i Bergen – Langsiktig gateopprustning

Innspill fra SINTEF

EMNEORDUtemiljø
Natursteinsdekke
Overbygning
Grunnforhold
Dimensjonering
Trafikkbelastning**VERSJON**

01

DATO

2023-10-02

FORFATTER(E)

Lisbeth Alnæs, Stein Olav Christensen

OPPDRAGSGIVER(E)

Bergen kommune, Bymiljøetaten

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

Tanita Gulbrandsen

PROSJEKTNUMMER

102029339

ANTALL SIDER

25 + 3 Vedlegg

SAMMENDRAG

Torgalmenningen i Bergen er planlagt reetablert på grunn av omfattende skader på skiferdekket. Bymiljøetaten i Bergen har påbegynt et utredningsarbeid som skal munne ut i et fagnotat med forslag til langsiktig plan for reetableringen. Fagnotatet skal leveres bystyret i løpet av oktober 2023.

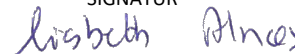
SINTEF AS, representert ved forskningsinstituttet SINTEF Community, har gjennom et innledende oppdrag bistått Bergen kommune med en gjennomgang og vurdering av tilgjengelige dokumenter. Foreliggende rapport gir noen innspill fra SINTEF i forbindelse med dette arbeidet;

Kap. 2 oppsummerer opplysninger om grunnforhold, opprinnelig overbygning, materialbruk og utførelse samt trafikkbelastning, skadebilde og reparasjonsarbeider tilknyttet skiferarealene. Kap. 3 vurderer og gir innspill tilknyttet disse forholdene, og i Kap. 4 er noen konkluderende kommentarer og anbefalinger gitt.

UTARBEIDET AV

Lisbeth Alnæs

SIGNATUR

**KONTROLLERT AV**

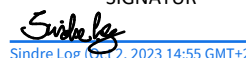
Stein Olav Christensen

SIGNATUR

**GODKJENT AV**

Sindre Log

SIGNATUR


Sindre Log (10/2, 2023 14:55 GMT+2)**RAPPORT NR.**

2023:00695

ISBNISBN 978-82-14-
07763-6**GRADERING**

Åpen

GRADERING DENNE SIDE

Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBESKRIVELSE
01	2023-09-04	Rapportutkast sendt oppdragsgiver
1.0	2023-10-02	Signert rapport

Foto forside: Wikipedia

Innholdsfortegnelse

1	Oppdrag og bakgrunn	4
2	Status Torgalmenningen	6
2.1	Grunnforhold	6
2.2	Utforming og overbygning	7
2.3	Opprinnelig materialbruk og utførelse	9
2.3.1	Skifer	9
2.3.1	Settelag og fuger	10
2.3.2	Bærelag – Asfaltgrus	12
2.3.3	Forsterkningslag	13
2.3.4	Bevegelsesfuger	13
2.3.5	Varme i dekket	13
2.4	Trafikkbelastning og andre påkjenninger	15
2.5	Skadebilde og reparasjoner	16
3	Vurdering og innspill	19
3.1	Grunnforhold	19
3.2	Sette-, bære og forsterkningslag	19
3.3	Skiferdekke – Utforming, formater og tykkelser	21
3.3.1	Dekkemønster	21
3.3.2	Plateformater og tykkelser	21
3.4	Valg av løsning for oppbygging og naturstein	23
4	Konkluderende kommentar og anbefaling	24
	Henvisninger	25

BILAG/VEDLEGG

Vedlegg 1 – Grunnundersøkelser med totalsonderinger i Bergen sentrum

Vedlegg 2 – Prinsippnitt Torgalmenningen (Next To Nothing)

Vedlegg 3 – Notat fra Veiteknisk Institutt - Målinger asfaltgrus

1 Oppdrag og bakgrunn

SINTEF AS, representert ved forskningsinstituttet SINTEF Community (heretter betegnet SINTEF), har fått i oppdrag fra Bergen kommune, Bymiljøetaten (heretter betegnet BME) å gi innspill rettet mot et fagnotat som BME skal levere Bystyret i Bergen i løpet av oktober 2023. Bistand og fagnotat er rettet inn mot påbegynt utredningsarbeid som i løpet av våren 2024 skal munne ut i forslag til en langsiktig plan for opprusting av Torgalmenningen – Bergens storstue. For den langsiktige opprustingsplanen skal både trafikkløsninger, fundamentering og forskjellige typer og produkter av naturstein vurderes. SINTEFs oppdrag er avgrenset til selve skiferdekket med overbygning. Hovedkontakter ved BME har vært Tanita Gulbrandsen og Knut Hellås.

SINTEFs vurdering er basert på et utvalg dokumenter og rapporter som er gjort tilgjengelig fra oppdragsgiver gjennom arbeidsrom (D5 Torgalmenningen_4821 – 02 Grunnlag), epostkommunikasjon og avholdte møter med BME samt SINTEFs egen kunnskap og erfaring. Befaring eller feltundersøkelser inngår ikke som en del av SINTEFs foreliggende oppdrag. I foreliggende rapport gjengis opplysninger fra gjennomgåtte dokumenter, men det er ikke gitt spesifikke referanser til enkeltdokumenter.

Torgalmenningen, strekker seg fra Småstrandgaten i nord og ned mot "Den blå stein" og Kong Olav Vs plass i sør, se Figur 1.1. Plassen har en samlet arealutstrekning på rundt 8500 m² (bredde på 38-70m), og regnes som Bergens viktigste handle- og promenadegate. Natursteins-dekket sto med sin nåværende hovedutforming ferdig i 1998. Det er anvendt smågatestein lengst nord og lengst sør, mens hovedarealene utgjøres av platedekke med skifer. Det er i kommentert at smågatesteinen i området har tålt trafikken. De to hovedarealene med smågatesteinen berøres ikke nærmere i foreliggende rapport, men det noteres at smågatedekket rundt Sjøfartsmonumentet, som utsettes for høy trafikkbelastning, har liten avstand til fast fjell.

BME har overfor SINTEF uttrykt at det er erfart store problemer med at skiferhellene knekker på plassen, at dette har vært et problem siden natursteinsbelegget ble etablert i 1998, og at det har økt i omfang de siste 10-15 årene. I tillegg til brekkasjer rapporteres om noe delaminering av skiferen. BME skifter ut mellom 250-300 skiferheller hvert år, til en angitt, årlig kostnad rundt 1,8 – 2,2 Mill NOK, og deler av plassen er midlertidig asfaltert i vente på en langsiktig plan.

SINTEFs vurdering er for foreliggende oppdrag avgrenset til en vurdering av hovedarealene med skiferdekke på Torgalmenningen. For oppdraget har det for SINTEF vært viktig å søke og bringe klarhet i opprinnelig utførelse og hvordan oppbyggingen av og materialbruken i arealene er, samt hvilke påkjenninger dekket/delarealene har vært utsatt og utsettes for. Dette er etter SINTEFs erfaring nødvendig for å få svar på hvorfor skader og endringer har inntruffet og for å kunne gi innspill og forslag til mest mulig hensiktsmessige tiltak ved en utbedring/reetablering.

Foreliggende rapport oppsummerer i kapittel 2 innsamlede opplysninger om grunnforhold, opprinnelig konstruksjonsoppbygging og detaljutforming, forhold rundt materialbruk og utførelsen av natursteinsarbeider. Videre kommenteres kort skadebilde og reparasjonsarbeider, samt erfaringsdata tilknyttet trafikkpåkjenning. I kapittel 3 er SINTEFs vurderinger og innspill samlet, og kapittel 4 gir en kortfattet konklusjon og anbefaling.



Figur 1.1 Torgalmenningen i Bergen. Foto/skisse: BME.

2 Status Torgalmenningen

I foreliggende kapittel er det samlet opplysninger for å gi et overordnet bilde av historikk og status og som SINTEF mener er relevante med tanke på etablering av en langsiktig plan for ny opprustning av Torgalmenningen, 25 år etter forrige reetablering.

2.1 Grunnforhold

Ifølge mottatte opplysninger SINTEF har fått, så ble det ikke gjort noen grunnundersøkelser i forbindelse med opprustningen og realiseringen av Torgalmenningen på 1990-tallet.

Generelt er tilbakemeldingen at den øvre delen av Torgalmenningen, dvs. fra Strandgaten til Narvesen-kiosken i Markeveien/Starvhusgaten, stort sett ligger på fjell. Det er opplyst om at Sjøfartsmonumentet står på fjell. BME har overfor SINTEF beskrevet at langs den nordvestlige delen av plassen, så ligger det en større kulvert omtrent en halvmeter under bakken, og at for etablering av denne måtte man sprengre berg for å få plass. Fyllmassene rundt kulverten består av vanlige steinmasser, rapportert hovedsakelig å være stedege masser etter sprengingen.

Det er opplyst at det ble gravd ned til enten fast fjell eller til «Bergensleiren» ved igangsettelsen av gateopprustningen. Det er for SINTEF oppgitt at 80 cm var maksimal dybde det var behov for å grave i øvre del av Torgalmenningen. Utenfor Sundt-bygget, sør for Starvhusgaten, var det 2-2.5 meter ned til fast fjell, og ved Kong Olav Vs plass, ved den blå steinen, var det rundt 7 meter ned til fast fjell. Det fremgår ikke hvilken eventuell masseutskifting og -tilførsel som ble gjennomført i disse områdene, men SINTEF anser det som sannsynlig at det ble tilført lette masser (leca-kuler) også der det ev. var behov for å grave mer enn 80 cm.

Det er i gjennomgåtte dokument opplyst om at Noteby i sin tid gjorde undersøkelser i forbindelse med Olav Kyrres gate og Ole Bulls Plass, og at dette lå til grunn for Torgalmenningen-prosjekteringen. SINTEF har ikke funnet frem til disse undersøkelsene, men SINTEF har noe kjennskap til grunnforholdene under Olav Kyrres gate fra tidligere oppdrag for SVV¹, samt at det fra NADAG-databasen registreres at det er gjort noen grunnundersøkelser i Strandgaten, se Figur 2.1. I **vedlegg 2** er resultatet fra en del grunnundersøkelser sammenstilt. Totalsonderingene viser at fjell påtreffes i dybde 6-9 m.

¹ SINTEF-rapport 2019:00727: Olav Kyrres gate, Bergen. Evaluering av bærelag - Bistand tilknyttet gjennomført Testfelt. 2019, 31 sider.



Figur 2.1 Utsnitt fra NADAG med angivelse av punkter med grunnundersøkelser (blå prikker) ved Torgalmenningen. SINTEFs forslag til prøvepunkter for uttak av kjerneprøver av asfaltgrus (se kap. 2.3.2) er angitt med større blå ringer.

2.2 Utforming og overbygning

Utformingen av skiferarealene på Torgalmenningen kan inndeles i to hoveddeler;

- Et midtfelt med et karakteristisk flettemønster av store, kvadratiske skiferplater omkranset av smalere skiferplater og låsestein av Masi-kvartsitt. Oppgitt areal 2655 m², se Figur 2.2.
- Et sidefelt med skifer i forbandmønster med faste, men varierende bredder, 300-450-600 mm og fallende lengder, som går rundt hele plassen og inn mot husvegger. Oppgitt areal 3630 m², se Figur 2.3

Vannrenner i granitt skiller de to hoveddelene.

Gjennomgåtte dokumenter gir ikke et entydig bilde av den realiserte løsningen for oppbygging, materialbruk og utførelse av Torgalmenningens arealer med skifer. Anbudsbeskrivelsene gir detaljerte spesifikasjoner på materialbruk og utførelse, men det foreligger usikkerhet omkring hvordan arbeidet ble utført reelt. I **Vedlegg 2** er gjengitt prinsippsnitt fra anbudstegninger fra Next to Nothing (NTN), som indikerer forskjellig utforming av forsterkningslag. Tilsynelatende er det i stedet for grus brukt 100 mm knust stein 8-16 mm over 100 mm avretting med 32-64 mm i det som i Vedlegg 2 er angitt som "Kjørebane".

For nærmere å søke å belyse faktisk, realisert dekkeoppbygging og -utførelse, så har BME i forbindelse med foreliggende oppdrag hatt oppfølgende kontakt med sentrale personer for den opprinnelige gateopprustningen på 90-tallet^{2,3}.



Figur 2.2 Torgalmenningens midtfelt. Foto SINTEF (Nov. 2022)



Figur 2.3 Torgalmenningens sidefelt. Foto/Kilde: BME (2007).

² Arkitektene Terje Kalve (Asplan Viak) og Arne Smedsvig (Smedsvig), fra Next To Nothing, prosjekterende for Torgalmenningen.

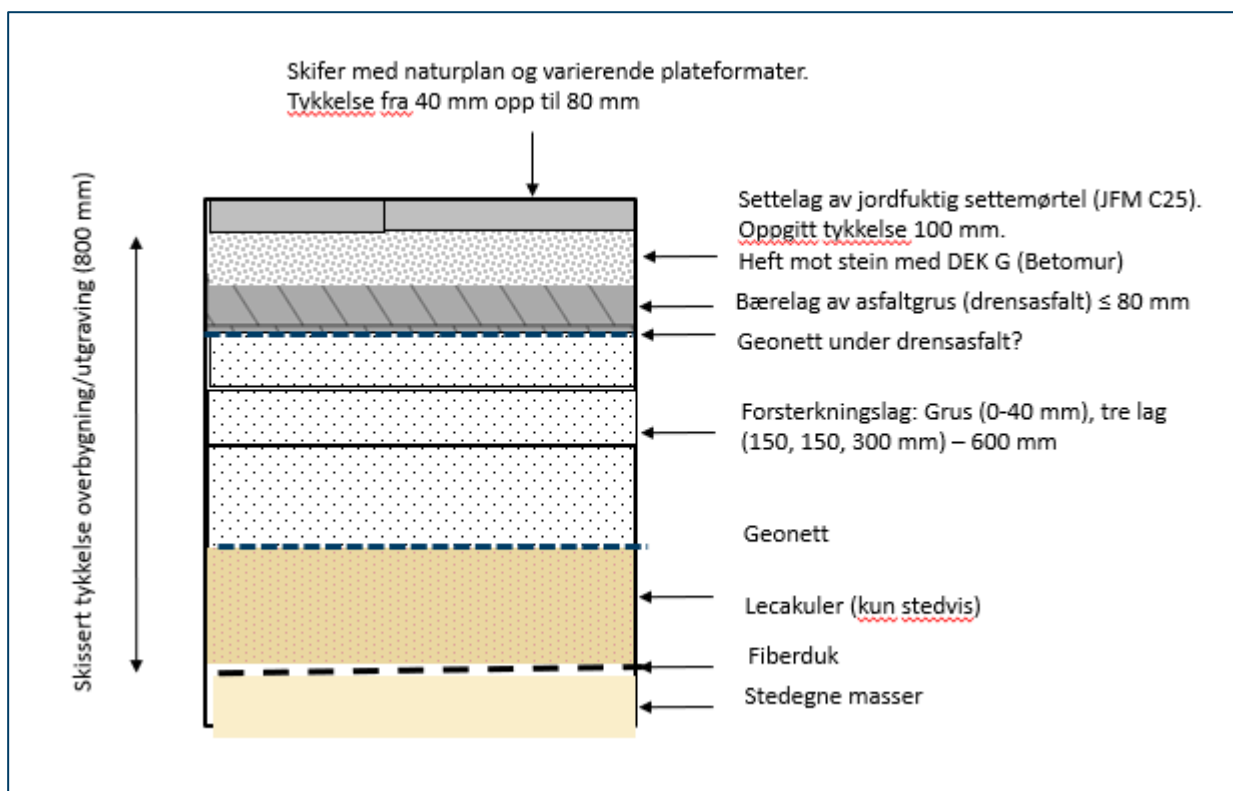
³ Prosjektleder Steinar Birkeland og byggeleder Ole Kleppe for Torgalmenningen.

Det er for SINTEF fortsatt uklarerhet rundt oppbyggingen. Imidlertid, basert på innhentet informasjon, er det i Figur 2.4 skissert den overbygningen som av flere tolkes å ha vært anvendt for alle hovedarealer med skifer på Torgalmenningen:

- Platedekke med skifer satt i fast settelag på et bitumenstabilisert bærelag og med et forsterkningslag av fin grus.

Når det gjelder lettklinker /leca så mener NTN at dette kun ble brukt under trapper og skulpturer på vestre del av Torgalmenningen, som erstatning for knust fjell for å redusere tilleggslasten på undergrunnen. SINTEF forstår det slik at lettklinker/Leca ikke er en del av den generelle utformingen av overbygningen for Torgalmenningen.

I det følgende er gitt noen utfyllende kommentarer til de enkelte materialene/lagene/utførelsene i overbygningen.



Figur 2.4 Tolket oppbygging av Torgalmenningen fra 1998 (prinsippskisse). Settlaget beskrevet som 100mm jordfuktig. Geonett beskrevet som "Tensor CR2 eller tilsvarende". Figur: SINTEF.

2.3 Opprinnelig materialbruk og utførelse

2.3.1 Skifer

Platetykkelsen og formater varierer mellom delarealene og det er oppgitt at skiferplatene og tykkelser ble kontrollert ved leveranse til byggeplassen. Det har i løpet av oppdraget ikke vært mulig å få en helt sikker

avklaring på skifertykkelsene i de enkelte delfeltene. I **tabell 2.1** er anvendte skifertyper og planformater oppsummert, og det som man mener er anvendte tykkelser på skifer i de enkelte delområdene, se under. Skiferen har i alle felt naturplan og saget kant, slik SINTEF forstår det. Platetykkelser kan enkelt verifiseres ved prøveopptak.

Ut fra anvendt skiferformat/-type og eksponeringsforhold, kan Torgalmenningen naturlig deles i to hovedfelt med skifer, Figur 2.5, og der Midtfelt og kjøreareal i sidefelt tolkes av andre å ha samme, prinsipielle oppbygging som vist i Figur 2.4:

- *Midtfelt:* Platedekke med skifer med naturplan og platetykkelse 50-70 mm. Spesielt flettemønster som utgjøres av ca. 1 m² plater av Altaskifer med innfelte låsesteiner av grønn Masi-kvartsitt, adskilt av rektangulære plater/linjer av Oppdal- og Ottaskifer. Feltet fungerer som uteareal mye brukt for kulturelle og sosiale arrangementer, med uteservering, konserter etc.
- *Sidefelt:* Tradisjonelt skiferdekke med Oppdalskifer i faste, varierende bredder, fallende lengder og skifertykkelse 60-80 mm. Arealet mellom vannrenne og arkaderekke fungerer som "transportåre" for vareleveranser og har høy trafikkbelastning. Arealet innenfor dette har ikke biltrafikk, men har samme oppbygging og plateformat/-tykkelse på skiferen. Det er imidlertid anvendt platetykkelse 40-60 mm når husvegger over gjenstøpte arealer.

Tabell 2.1 Anvendte steintyper i platedekker på Torgalmenningen, Bergen

Steintyper	Anvendte formater (mm)		Hvor anvendt på Torgalmenningen
	Tykkelse	Bredde, lengde	
Oppdalskifer	40-60	Bredder: 300, 450, 600 og fallende lengder	B- Sidefelt mellom arkade og husvegg
	50-70	Bredde 300 og fallende lengder	A-Midtfelt
	60-80	Bredder: 300, 450, 600 og fallende lengder	B-Kjørefelt mellom arkade og vannrenne
Altaskifer	50-70	Kvadratiske plater, 105,5 x 105,5, 90x90	A-Midtfelt
Ottaskifer	50-70	Bredde 300 og lengde 900	A-Midtfelt
Masi-kvartsitt	120	150 x 150	A-Midtfelt

2.3.1 Settelag og fuger

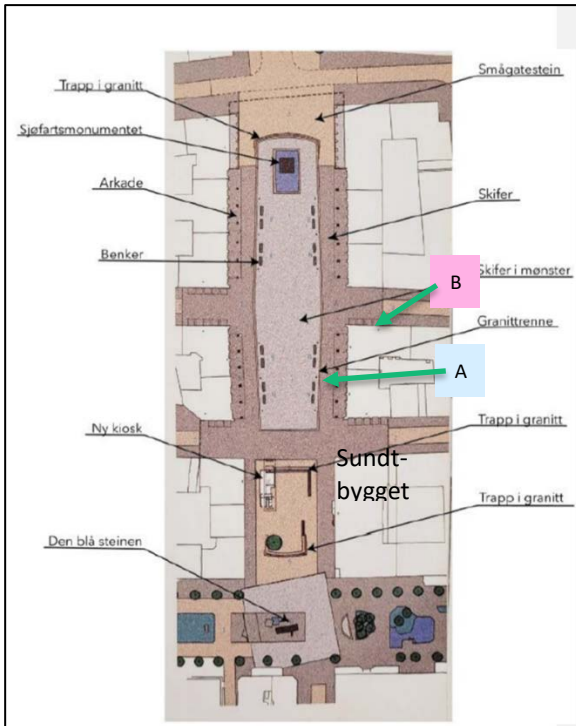
Med utgangspunkt i at det er anvendt ulik tykkelse på skiferen på Torgalmenningen, så anser SINTEF det som sannsynlig at ulik skifertykkelse er kompensert med ulik tykkelse på settelaget for skiferen. I tilbudsbeskrivelsen⁴ er spesifisert 100 mm jordfuktig mørtel C25 til settelag. Etersom skifertykkelsen varierer 20mm innenfor det enkelte felt, vil tykkelsen på settelaget variere tilsvarende. Angitt som 160mm skifer+mørtel og vil da i teorien settelaget variere mellom 90 og 110mm. Det er brakt på det rene at asfaltgrusen ligger på ulike nivå i området, noe som indikerer høy tykkelse og tykkelsesvariasjoner for settelaget. Realiserte settelagstykkelser kan verifiseres ved prøveopptak.

SINTEF har, ved tidligere studier knyttet opp mot Torgalmenningen⁵, fått opplyst at den jordfuktige mørtelen ble blandet på stedet med tvangsblender og at det ble påført lim (DEK G) for heftforsterkning mellom skifer og settemørtel ved monteringen. I fuger ble tilsvarende opplyst bruk av sementbasert

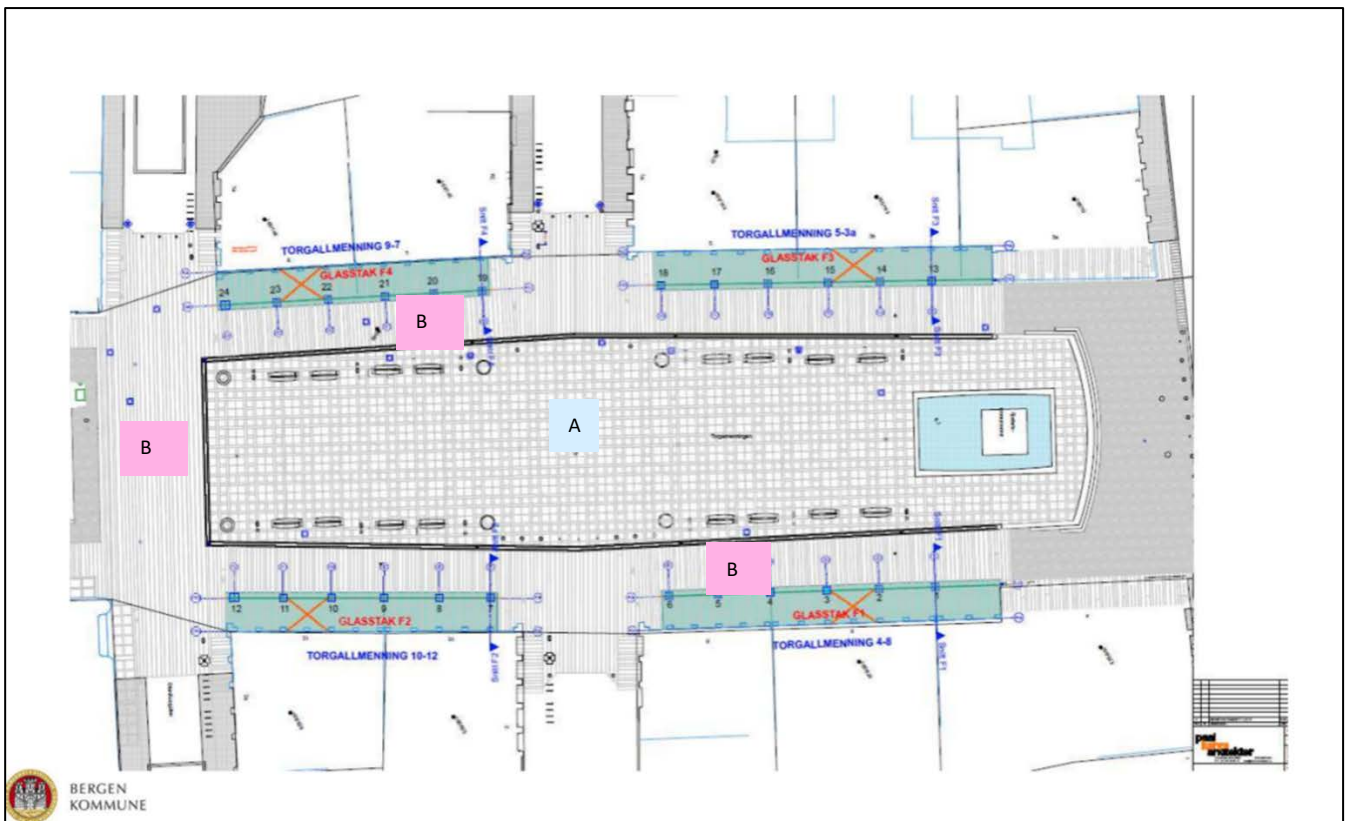
⁴ Dokument: "Torgalmenningen – Tilbudsbeskrivelse – skiferdekke"

⁵ Oppdrag for Trondheim kommune i 2013, tilknyttet vurdering av oppbygging av Torvet i Trondheim. Data innhentet fra Magne Løvaas, anleggsgartnermester Magne Løvås AS og Gjermund Åbergsjord, parkforvalter Grønn Etat, Bergen kommune. Kilde: SINTEF-rapport SBF2013: F0169 Torvet i Trondheim (2013).

fugemasse (DEK G) og en fugebredde på 10-15 mm mellom skiferplatene i alle delfeltene. I Figur 2.6 er stikkord fra tilbudsbeskrivelsen vedr. utførelse gjengitt. Senere reparasjoner har naturlig nok endret utforming og materialbruk for fuger, settelag og muligens også deler av bærelag, se Kap. 2.5.



A: Midtfelt
 B: Sidefelt med kjørefelt mellom arkader og vannrenne og fotgjengerfelt under arkader



Figur 2.5 Plantegninger av Torgallmenningen. Inndeling av hovedfelt med skifer. Kilder: BME.

"...Jordfuktig mørtel (JFM) påføres avrettet og drenerende asfaltgrus.
 På parti med underlagsbetong fuktes underlagsbetongen lett før påføring av JFM.
 JFM legges ut i striper tilpasset bredder på skiferplater og komprimeres lett med tråkking.
 Skifer limes vått- i vått; Betokem DEK-G skvettes på mørteloverflaten og smøres på stein. Forbruk 3-4 kg/m².
 Fuging (faste fuger, bredde 10 mm) gjennomføres dagen etter mørtelutlegging med Betokem Dek-G som spekkes inn i fugene med spekkeskje og full fugeinnfylling.
 Etter fuging tildekkes ferdig lagte felt med plast og holdes tildekket i 3-4 døgn, men med daglig fuging..."

Figur 2.6 Stikkordsmessig oppsummering av tilbudsbeskrivelse for skiferdekke med hensyn til sementbasert settelag og fuger.

2.3.2 Bærelag – Asfaltgrus

Det er så langt ikke funnet frem til en nærmere spesifisering av anvendt asfaltgrus, annet enn at den ble beskrevet som en dreneasfalt.

Bergen miljøetat (BME) foretok på forslag fra SINTEF (Figur 2.1) prøvetaking av asfaltgrusen i juli i år. Prøvetakingen ble utført i 3 punkter som vist i Figur 2.7. Fra prøvetakingen kommenterer BME at tykkelsen på dette laget varierer fra 55-80 mm. Prøvene ble overlevert Veiteknisk Institutt for å få karakterisert permeabilitet og hulromsandel til dreneasfalt. Permeabilitet er målt på prøve 1 og 3 og viser verdier på hhv $0,73 \cdot 10^{-3}$ og $0,37 \cdot 10^{-3}$ m/sek. Til sammenligning hadde dreneasfalten som ble undersøkt fra prøvefeltet i Olav Kyrres gate (se fotnote 1) en gjennomsnittlig verdi på $0,4 \cdot 10^{-3}$ m/sek. Hulromsprosenten for justerte prøver av asfaltgrusen lå i intervallet 15-19%. Asfaltgrusen ble karakterisert som dekketype Da 16, hvor øvre nominelle steinstørrelse er 16 mm. Prøve-/lagtykkelse kommenteres er utfordrende med tanke på at tykkelsen skal være minst 2 ganger så tykk som øvre steinstørrelse for slik prøving. Visuelt vurderes asfaltgrusen som drenerende.



Figur 2.7 Plassering av prøver tatt av betongmørtel og asfaltgrus (venstre), og optatt prøve med 2 lag betongmørtel i prøvepunkt 2 (høyre).

Fra prøvetakingen kommenterer BME videre at i de tre prøvepunktene varierte det hvor dypt laget lå. På prøvepunktet på midtfeltet måtte det bores "gjennom flere titalls cm med betong før man kom ned til drengasfalten". Denne observasjonen forsterker ovennevnte forventning om at tykkelsen på det sementbaserte settelaget varierer, og at det kan være langt over 80 mm tykt som vist for prøvehull 2 i Figur 2.7.

BME fant fra prøvetakingen ut at det er fantes geonett under drengasfalt-prøver. Dette bekreftes av Terje Kalve, Asplan Viak, som opplyser at det ble lagt geonett Tensar CR2 mellom drengasfalt og underliggende grus. Et slikt geonett er derfor tegnet inn i figur 2.4. Rapport fra Veiteknisk Institutt finnes i **Vedlegg 3**.

2.3.3 Forsterkningslag

Det foreligger ingen nærmere opplysninger om hvorfor det ble valgt fin grus som forsterkningslag i overbygningen til Torgalmenningen. Siktekurve av grusen er ikke foreliggende. Det er angitt utlegging av tre lag grus, og at grusen ble komprimert i henhold til krav beskrevet av RIB; "Nedre lag komprimert til 95% mod. Proctor, øvre lag komprimert til 98% mod. Proctor".

2.3.4 Bevegelsesfuger

Det er lagt inn bevegelsesfuger i skiferdekket i henhold til Terje Kalve og Arne Smedsvig, se Figur 2.8.

Midtfeltet har et rutenett på ca. 7,3 x 6,4 meter med ekspansjonsfuger. Disse følger fuger i mønsteret. For sidefelt (arkader og kjørefelt) ligger det generelt en ekspansjonsfuge mellom hver søyle og strekker seg fra fasade og ut til renne. Avstand mellom de varierer fra 3,5 til 10 meter. Det er lagt fleksibel fuge mot alle fasader, søylebaser og basseng rundt Sjøfartsmonumentet.

SINTEF forstår av mottatte opplysninger at bevegelsesfugene går ned til settelaget (underkant skifer), og at de er utført med polyuretan (Sikaflex 11 FC) og bunnfyllingslist. SINTEF har i tidligere arbeider (2013) fått opplyst at bevegelsesfugene danner en feltinndeling på 3,5 m x 3,5 m og at de ble utført og ført ned til drengasfalt bærelag, dvs. gjennom settelaget. Realisert utforming kan realiseres ved prøveopptak. SINTEF har ikke mottatt opplysninger om tilstanden til bevegelsesfugene, og har ikke undersøkt dette nærmere i foreliggende oppdrag.

2.3.5 Varme i dekket

Det er av NTN opplyst om at det er lagt inn varme i deler av dekket. Det er i Figur 2.9 angitt de områdene som man mener det ble lagt varmekabler, dvs. i sidefeltene; fra fasadene under arkadene og frem til vannrenner. Dette gitt opplysning om at det er varmekabler under de arealene som er utsatt for mest biltrafikk på Torgalmenningen.

Det oppgis at varmekablene er lagt ut på drengasfalten, uten nærmere detaljering av utførelse. Fra gjennomgåtte dokumenter indikeres at varmekabler ikke lenger er i bruk, men uten noen nærmere angivelse av tidsbruk over år. Beliggenhet og tilstand til varmekabler og settelag i arealer utsatt for sterk biltrafikk kan verifiseres ved prøveopptak.



Figur 2.8 Torgalmenningen. Skissert/realisert inndeling med ekspansjonsfuger. Kilde: Next To Nothing (Tegning "Torgalmenningen – Oversiktsplan – A1". Ekspansjonsfuger, datert 30.04.98).



Figur 2.9 Torgalmenningen. Skissert/realisert inndeling med varme. Kilde: Next To Nothing.

2.4 Trafikkbelastning og andre påkjenninger

Det foregår en betydelig varelevering og annen trafikk på Torgalmenningen.

Varelevering er tillatt etter kjøremønster og tidsaspekter gjengitt i Figur 2.10 og Figur 2.11. Varelevering er tillatt hele døgnet i sidefeltet mellom Rådhusgata og Starvhusgata, og rundt hele sidefeltet i en periode på morgenen. Det er fra NTN kommentert at skadene i skiferdekket er spesielt omfattende i/ved Starvhusgata. Dette området belastes av trafikk både langs "grønn og rød linje" som indikert i figur 2.9.

Figur 2.11 indikerer at det også er trafikkbelastning på midtfeltet. Det kommenteres i gjennomgåtte dokumenter at kapasiteten ved varemottakene i området fører til køer og stor trafikkbelastning i visse tidsrom, og at fulle avlastingsplasser i spesielt Rådhusgaten og Starvhusgaten medfører nødvendighet av parkering på midtfeltet.

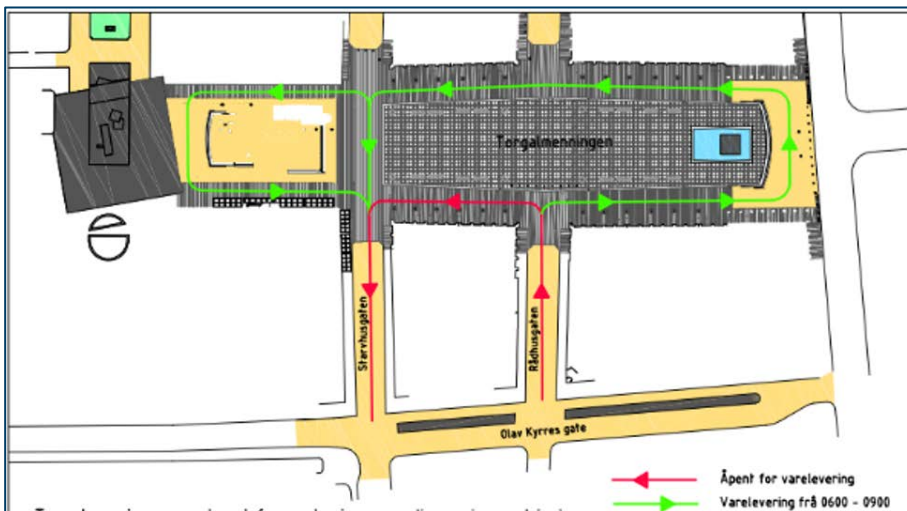
BME gjennomførte en enkel trafikktelling i januar 2023 og registrerte 110 kjøretøy over plassen i tidsrommet kl. 06:00 - kl. 15.00, der 25 % av trafikken representerte lastebiler, 50 % store og små varebiler og personbiler utgjorde resten.

Torgalmenningen brukes mye til større arrangementer, slik som konserter og andre kulturarrangementer, for uteservering og sammenkomster på merkedager o.a. SINTEF forstår det slik at det er spesielt midtfeltet som brukes til dette, men det er ikke funnet frem til nærmere opplysninger i gjennomgåtte dokumenter om hvilke lastpåkjenninger dekket blir utsatt for ifb. med riggarbeider, transport med semitrailere, krav o.a., samt scener, boder og andre installasjoner etc.

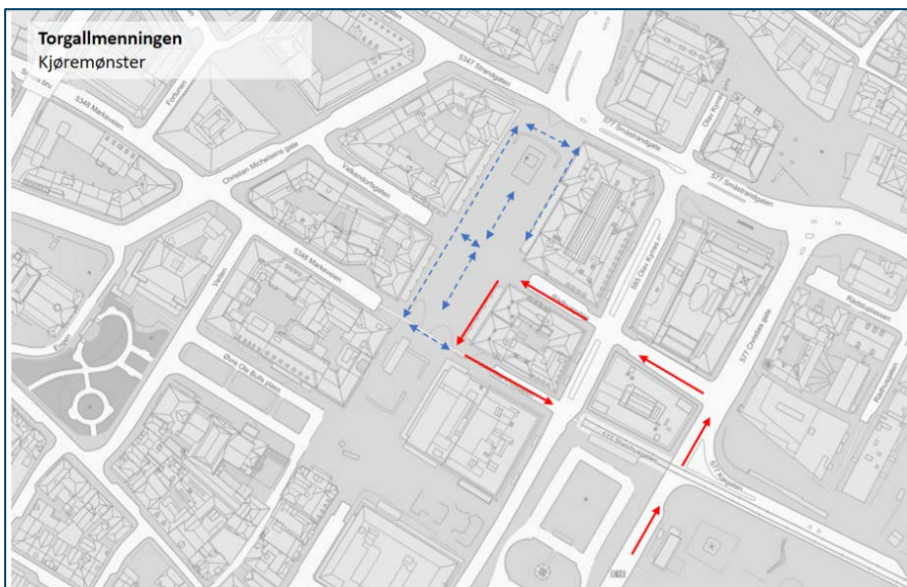
Tidligere, pågående og planlagte rehabiliteringsarbeider gir ekstra last- og trafikkpåkjenning på natursteinsdekkene, spesielt sidefeltet.

Anleggsarbeidet i forbindelse med rehabiliteringen av Olav Kyrres gate 2019-2021 ga spesielt stor påkjenning i området Rådhusgaten – Starvhusgaten og Markeveien. Arbeidet resulterte i så omfattende ødeleggelser at Bergen kommune besluttet å midlertidig asfaltere hele dette strekket for å sikre fremkommeligheten midlertidig.

Det har vært og forventes stor trafikkbelastning under anleggsperioden for pågående rehabilitering av Sundt-bygget. Anleggsarbeidet startet våren 2022 og er planlagt avsluttet høsten 2024 etter det SINTEF forstår. Skiferplater med brekkasjer er tatt opp og blitt erstattet med asfalt i områder hvor det forventes særskilt belastning; mellom Starvhusgaten og Markeveien og rundt Sundtbygget.



Figur 2.10 Kjøremønster på Torgallmenningen. Tegning/kilde: BME.



Figur 2.11 Kjøremønster på Torgallmenningen. Tegning/kilde: BME. Blå sløyfe er åpen for varelevering i tidsrommet kl. 06:00 – 09.00, rød sløyfe åpen for all trafikk hele dagen.

2.5 Skadebilde og reparasjoner

Som beskrevet innledningsvis i rapporten, byttes det ut 250-300 ødelagte skiferplater på Torgallmenningen hvert år. Ut fra gjennomgåtte dokumenter og erfaringsutveksling pekes på at skadeomfanget er størst i sidefeltet der den daglige trafikkbelastningen er stor. Det kommenteres også at trafikken på plassen øker stadig, og at det er en tendens til at omfanget av større kjøretøy inn på Torgallmenningen har vært økende. Dette gjelder både side- og midtfelt. Det bemerkes at brekkasjer i skiferen har vært et problem siden natursteinsdekket ble etablert for 25 år siden, men at det har økt de siste 10-15 årene. Midtfeltet anses også å ha fått større skadeomfang over tid. Dette knyttes opp mot arrangementer der scener, lifter, boder etc. fraktes inn og ut. Nå er deler av Torgallmenningen – spesielt sidefelt - asfaltert i påvente av en langsiktig plan.

BMEs driftsavdeling påpeker at mørtelen ser ut til å gå i oppløsning under skiferhellene og at det er vanlig kun å finne mørtel gjenværende midt under skiferplater. Fuger har også gått i oppløsning. I tillegg til brekkasjer, rapporteres det om delaminering av skifer.

I Figur 2.12 er gjengitt ei skisse som gir et bilde av gjennomførte og planlagte utbedringer.

Skadene kobles mest til trafikken og steder hvor tung trafikk svinger hjulene opp på skiferplatene. I et dokument indikeres at de største skadene finner sted der det er størst mengder løsmasser, dvs. mot sør. SINTEF vurderer at dette er også der trafikkbelastningen erfarer å være størst. Det kommenteres at skadebildet har økt over tid.

Det rapporteres at under flere av skiferplatene har mørtelen smuldret opp, ofte med unntak av "én fast søyle på midten. Smuldringen strekker seg gjerne ut over større områder, slik at man må ta opp og reparere et langt større felt enn først antatt basert på brekkasjene i skiferhellene". SINTEF har ikke brakt nærmere klarhet i om det er forskjell i tilstand til mørtelen mellom sidefelt og midtfelt. Dette er relevant å bringe klarhet i, med tanke på hvilken eventuell effekt trafikkbelastning har hatt på bestandigheten av settemørtelen.

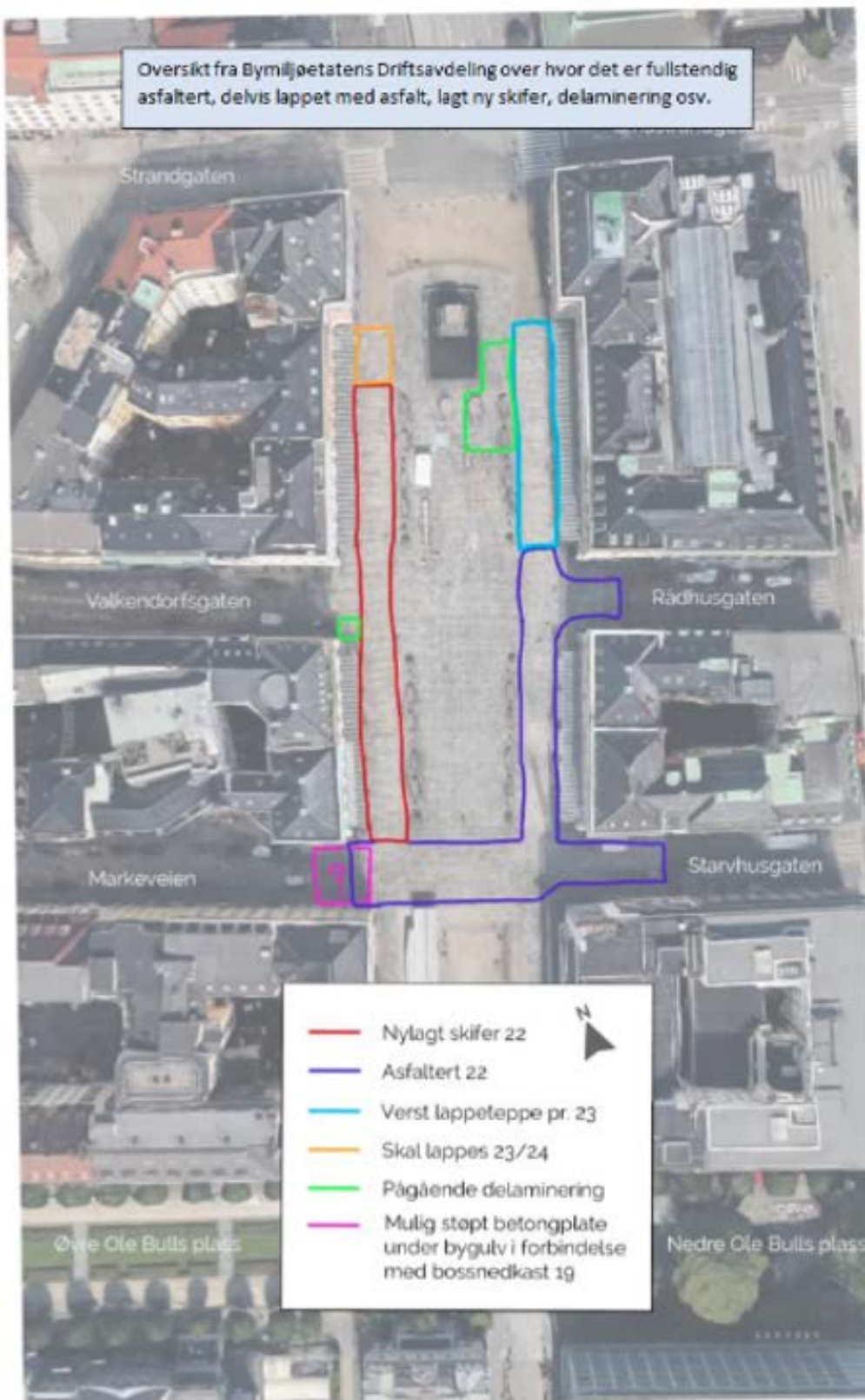
BMEs driftsavdeling påpeker også at fuger går i oppløsning, og i tillegg til brekkasjer, rapporteres det om delaminering av skifer.

De største skadene erfarer i de tyngst trafikkerte feltene av Torgalmenningen. SINTEF får et bilde av at midtfeltet har mindre skadeomfang enn kjørearealene i sidefeltet, men det erfarer skader også her, og at skadeomfanget er økende. Dette gjelder både brekkasjer i skiferplatene og delaminering, dvs. at skiferen spaltes langs naturlige kløvplan. Dette kan generelt forventes med alle typer skifer og andre spaltbare steintyper, og der sykliske fukt- og/eller temperaturpåkjenninger, muligens også vridningspåkjenninger fra kjøretøy kan forklare skadebildet. Det er interessant å få nærmere kjennskap til om anvendte skifertyper på Torgalmenningen viser ulik tendens til delaminering.

Ved senere års utbedringer har man reparert større felt samlet, og ikke enkeltplaner som SINTEF forstår var vanligst tidligere. Det er i gjennomgåtte dokumenter beskrevet at typisk utbedring av skifer med brekkasje er å fjerne enkeltstein eller større felt med skifer og ev. rester av opprinnelig JFM, lage og støpe ut nytt settelag av betong ("betongblanding B30") og deretter lime (Conbit) skiferen til dette underlaget. Ved større områder angis at det brukes fabrikkfremstilt, jordfuktig betong og Conbit som lim og fugemasse.

Gjennomgåtte dokumenter er ikke entydige i forhold til hvor dypt ned i overbygningen man har gravd ved utbedringsarbeidene, og gir heller ikke et klart bilde av hverken oppbygging eller tilstand til lagene i overbygningen. Tilsynelatende er det først og fremst et tykt settelag (tykkelse 16 cm nevnt) som er dårlig og er blitt fjernet, men det kommenteres også at asfaltgrus er registrert å ha gått i oppløsning, samt at man stedvis har måtte fjerne hele forsterkningslaget ned til geonett/fiberduk.

Sammenstilte opplysninger gir for SINTEF et bilde av en progressiv skadeutvikling over tid. Det omfattende skadebildet med knuste skiferplater, desintegreert settemørtel og fugeskader mener vi kan tilbakeføres til en uheldig respons som valgt oppbygging har fremvist med den trafikkbelastningen som skiferdekket har vært og fortsatt utsettes for. Erfaringsmessig skyldes skadebilder som dette en kombinasjon av flere påvirkningsfaktorer, og i kap. 3 gis en vurdering med basis i hovedtrekkene i konstruksjonsoppbyggingen.



Figur 2.12 Oversikt fra BMEs Driftsavdeling over hvor det er fullstendig asfaltert, delvis lappet med asfalt, lagt ny skifer, delaminering osv. Illustrasjon/kilde: Dokument "Drift og vedlikehold av Torgalmenningen. Oppsummering fra Bymiljøetatens utedrift v/ Trude Jordal (2023)".

3 Vurdering og innspill

3.1 Grunnforhold

Oppbygning av overbygning for dekker og eventuelt behov for masseutskifting avhenger generelt av grunnforholdene på stedet.

Dårlige grunnforhold med silt, leire eller myr, med forventet lav styrke og lav permeabilitet kjennetegner de sørlige deler av Torgalmenningen. Et nytt natursteinsdekke har behov for en god fundamentering, spesielt med tanke på bæreevne og setninger, enn det som er dagens situasjon. Dette må etter SINTEFs vurdering hensyntas ved den langsiktige planen for reetablering av Torgalmenningen.

3.2 Sette-, bære og forsterkningslag

Valg av overbygning avhenger generelt, foruten grunnforhold, av hvor mye belastning belegningen skal tåle.

Fast settelag på sement- eller bitumenstabilisert bærelag er etter SINTEFs vurdering generelt en løsning som kan være egnet for store arealer med plater av blokkstein eller skifer som er utsatt for sporadisk trafikk med lav hastighet av varebiler og større kjøretøyer. Trafikkbelastningen som Torgalmenningen har vært utsatt for, har imidlertid vært jevnt høy over lang tid.

Settelaget synes generelt å være relativt tykt på hele Torgalmenningen, både i sidefeltene og midtfeltet. Det erfares desintegrrert settelag både i side- og midtfelt når det har vært tatt opp skadde skiferplater, og det rapporteres om at settelaget er desintegrrert også under intakte skiferplater. Settelaget, som generelt skal sikre at dekkematerialet ligger stabilt og gi god kraftoverføring mellom nabosteiner, vil ikke kunne oppfylle sin tiltenkte funksjon når massen kun er punktvis intakt under natursteinsplater. Natursteinsplater uten full understøttelse vil da kunne knekke under ytre last. Fuger med tapt fugemasse gir ingen supplerende støtte til dekket, og med alle de reparasjoner som er gjort gjennom år, så fremstår sidefeltene på Torgalmenningen i dag som meget eksponert for videre skadeutvikling over tid. I tidligere forskningsprosjekt⁶, har SINTEF gjort erfaring med at jo større settelagstykkelsen er relativt til tykkelsen på naturstein, jo større deformasjon vil settelaget få ved trafikkbelastning. Dette er erfart ved ubunden oppbygging og steinplater satt i sand. Et tykt lag av desintegrrert settemørtel kan forventes å gi liknende oppførsel.

Det er for SINTEF ikke mulig å konkludere om hvorfor settelaget av opprinnelig jordfuktig mørtel har mistet sin fasthet. Den nærmeste forklaringen på ødelagt settemørtel er at den ikke har vært sterk nok for den trafikkbelastningen som dekket har blitt utsatt for. Det at skader inntreffer relativt raskt, kan støtte en slik forklaring. Settelaget ligger over et relativt tynt lag med drengsfalt. SINTEF har tidligere gjennomført belastningsforsøk på testfelt av skifer og med tilhørende måling av nedbøyning ved bruk av såkalt benkelmannsbjelke⁷. Her ble nedbøyning målt under en gitt last fra tung bil, som igjen ga et bilde på stivheten av underlaget. Felt med drengsfalt som bærelag viste minst stivhet/høyest nedbøyning. SINTEF

⁶ <https://www.sintef.no/prosjekter/2019/skifersolid/>

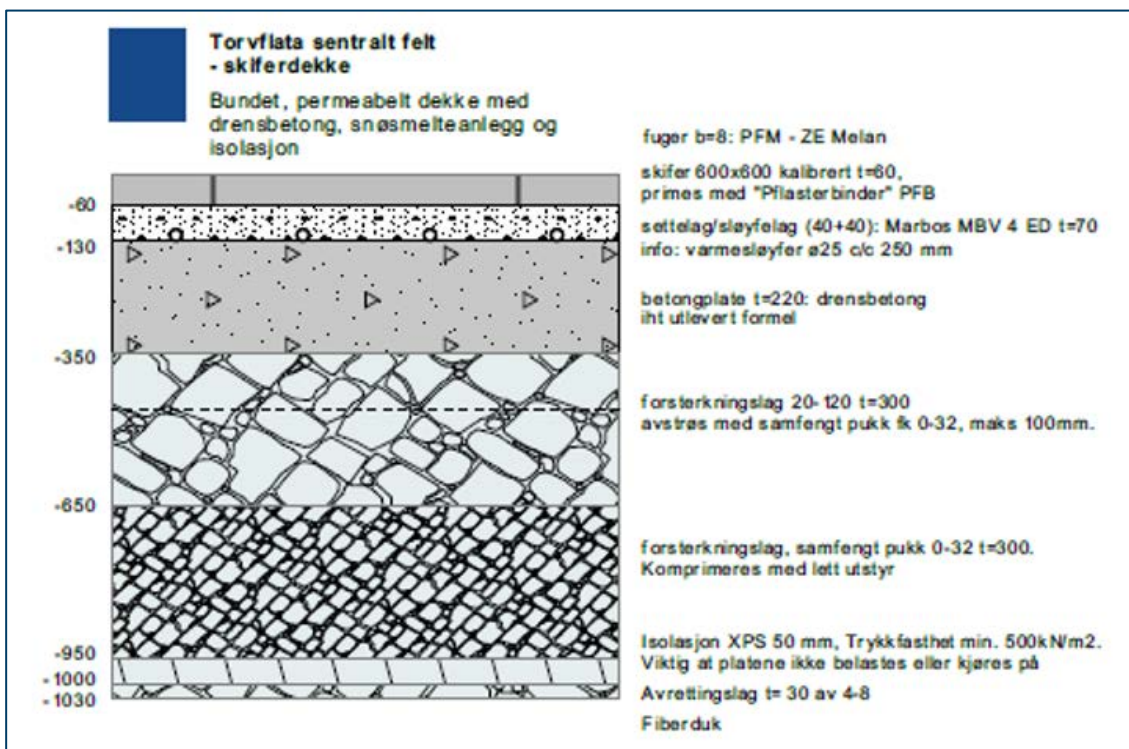
⁷ SINTEF-rapport SBF2017 A0168: Torvet i Trondheim. Testfelt Natursteinsdekke Nyhavna. Realisering, eksponering, evaluering. 2017, 23 sider.

vrurderer det som mest sannsynlig at overbygningen ikke har hatt tilfredsstillende stivhet i forhold til påkjente laster.

Gjennomført prøvetaking av bærelaget med asfaltgrus viser at laget er drenerende og har varierende, og liten tykkelse – ned til 55 mm er registrert.

Ut fra foreliggende opplysninger, så vurderer SINTEF at tykkelse og type settelag er en hovedfaktor for inntrufne skader på skiferdekket. Samlet sett setter SINTEF spørsmålstegn både ved det meget tykke settelaget som er anvendt, det tynne bærelaget med asfaltgrus og materialbruken i forsterkningslaget. Eksisterende overbygning for Torgalmenningen, med valgt materialbruk og lagtykkelser for forsterkningslag, bærelag og settelag som SINTEF har tolket har vært benyttet, vurderes å være vesentlig forskjellig fra krav, spesifikasjoner og anbefalinger gitt i Statens vegvesens håndbøker ([1],[2]) og fra SINTEFs anvisning for natursteinsdekker, som for tiden er under revisjon og til ekstern høring [3].

Oppbyggingen er også forskjellig fra nyere, realiserte anlegg etter det SINTEF kjenner til. Et relevant anlegg er Torvet i Trondheim. I Figur 3.1 er vist den overbygningen som ble valgt for de sentrale deler av Torvet i Trondheim. Dette området har bruksmessig store likhetstrekk med midtfeltet på Torgalmenningen. SINTEF har i foreliggende oppdrag foreslått BME å ta kontakt med Trondheim kommune, og forstår det slik at det er opprettet kontakt. Erfaringsutveksling er etter vår vurdering nyttig med tanke på endelig valg for reetableringen av Torgalmenningen.



Figur 3.1 Torvet i Trondheim. Valgt oppbygging med bunden utførelse på sentrale deler av Torvet og i Munkegata. Tegning/Figur: Agraff og Trondheim kommune.

3.3 Skiferdekke – Utforming, formater og tykkelser

3.3.1 Dekkemønstre

Sidefeltene med skiferplater lagt i forband er en vanlig løsning. SINTEF vurderer dette generelt som en egnet løsning for platebelegg av skifer som gir en god råstoffutnyttelse. Trafikkretningen i sidefeltet er i hovedsak på tvers av forband-mønsteret i skiferdekket, men trafikken går også i lengderetningen av skiferplatene, spesielt inn fra sidegatene. Sistnevnte anses generelt å representere en uheldig utforming.

Midtfeltet med flettemønstre av større og mindre skiferplater og små, men tykke "låsestein" kan tenkes å ha gitt en mer omstendelig utførelsesprosess enn en forband-løsning. Usikkerhet rundt hvordan sette- og bærelag og detaljer rundt utførelsen er løst for dette området bør etter SINTEFs vurdering avklares nærmere dersom dette mønsteret fortsatt er interessant for en reetablering av Torgalmenningen.

3.3.2 Plateformater og tykkelser

SINTEF er kjent med at trafikkmønstre- og belastning er et tema som har stor oppmerksomhet i pågående arbeid med langtidsplanen for rehabiliteringen av Torgalmenningen. Det pågår diskusjoner om alternative løsninger og tiltak i forhold til trafikkmønstret på Torgalmenningen, og hvilke muligheter som foreligger for å regulere trafikk, inklusive skilting, fysiske og økonomiske barrierer samt andre tiltak som endrer transport/mottaksadferd. For foreliggende vurdering tar SINTEF et utgangspunkt i at trafikkbelastning – og mønstre vil være minst som ved dagens situasjon.

Tidligere refererte trafikktelegging gir ikke en fullgod, kvantitativ informasjon om trafikkforholdene og lastpåkjenningene på Torgalmenningen, men det gis et bilde av en høy trafikkbelastning. I håndbøker, anbefalinger og standarder nasjonalt og internasjonalt, så foreligger det forskjellige inndelinger av trafikkklasser med tanke på platedekker av betong, naturstein etc., og anbefalinger til hvilken brukslast platedekker må tåle. Blant annet inneholder produktstandarden til plater av naturstein til utendørs bruk⁸ et informativt vedlegg med veiledning om hensiktsmessig tykkelse for ulike bruksklasser. SINTEF har gjort et studium av foreliggende anbefalinger, og har kommet frem til en anbefaling til hvilken bruddlast man bør legge til grunn ut fra bruksformålet og forventet trafikkbelastning [3]. Denne anbefalingen er gjengitt i **Tabell 3.1**.

SINTEF vurderer at dagens forhold på Torgalmenningen kan karakteriseres å ha en trafikkbelastning tilsvarende klasse IV (Midtfeltet) og klasse V (Kjørearealer i sidefelt).

Med utgangspunkt i anvendte plateformater på skifertypene brukt på Torgalmenningen, samt SINTEFs kjennskap til skifertypenes bøyestrekfasthet, så er det i **Tabell 3.2** gjort en teoretisk utregning av hvilken brukslast de enkelte skifertypene kan tåle uten å knekke.

Det fremgår av tabell 3.2 at Oppdalskifer, som er anvendt i de mest trafikkpåkjennte områdene (Klasse V), teoretisk har en motstand mot lastpåkjenning med valgte planformater og tykkelser som er lavere enn stipulert bruddlast for kjørearealene på Torgalmenningen (klasse V, 25-40 MPa).

⁸ NS EN 1341: 2012 Plater av naturstein til utendørs bruk. Krav og prøvingsmetoder. Se <https://standard.no/>

Det fremgår videre at Altaskifer, som har høyest bøyestrekkefasthet av de tre skifertypene, teoretisk har en motstand mot lastpåkjenning med valgte planformater og tykkelser som er høyere enn stipulert bruddlast i Klasse V-forventet bruddlast (25-40 MPa).

Erfaringene med skadd skifer på Torgalmenningen, også Alta-skifer, tilsier at overbygningen ved settelaget under skiferdekket ikke har gitt tilstrekkelig støtte og stabilitet for dekket.

Tabell 3.1 Anbefaling til inndeling av bruddlastklasser og hvilke bruddlastnivåer (i kN) plateprodukter av naturstein må tåle for aktuelt bruksformål og forventet trafikkbelastning [3].

Klasse	Trafikkbelastning	Bruksformål	Stipulert bruddlast (P) (kN)
0	Ingen biltrafikk	Terrasser, hageanlegg, lekeplasser, fortau, o.a. helt sperret for trafikk	0–2,5
I	Meget lett trafikk opp til personbiler med vekt ≤ 2 000 kg (5kN/hjul)	Fortau, inngangspartier o.a.	2,5–5
II	Lett, sporadisk trafikk av lette kjøretøyer i lav hastighet, for eksempel personbiler og lette varebiler ≤ 4 000 kg (10 kN/hjul)	Lavtrafikkerte plasser, f.eks. gang- og sykkelveier med lett brøyting, garasjeinnkjørsler og mindre plasser	5–10
III	Lett, jevnlig trafikk med lav hastighet av personbiler, varebiler og lette lastebiler med totalvekt ≤ 7 500 kg (19 kN/hjul)	Lavtrafikkerte plasser, f.eks. gang- og sykkelveier med lett brøyting, garasjeinnkjørsler og mindre plasser	10–15
IV	Sporadisk trafikk med lav hastighet av varebiler og større kjøretøyer, f.eks. tunge driftskjøretøyer eller brannbiler med totalvekt ≤ 27 000 kg (akseltrykk på 12 tonn / (30–60 kN/hjul)	Torg- og arrangementsplasser, gågater o.l. som kan komme til å bli trafikkert av tunge kjøretøyer	15–25
V	Jevnlig trafikk med lav hastighet av varebiler og større kjøretøyer, for eksempel tunge driftskjøretøyer eller brannbiler med totalvekt ≤ 27 000 kg (akseltrykk på 12 tonn / (30–60 kN/hjul)	Torg- og arrangementsplasser, gågater o.l. med tilrettelagte kjørebaneer for tungtransport	25–40

Tabell 3.2 Beregnet brukslast for Oppdal-, Otta- og Altaskifer i bunden og ubunden utførelse. Fargekoder: Rødt tilsvarer Klasse III, gult tilsvarer klasse IV og grønt tilsvarer klasse V i Tabell 3.1.

Plateformat skifer Torgalmenningen (mm)																	
Tykkelse	30	50	60	60	60	60	60	70	80	50	60	70	80	50	60	70	80
Bredde	300	300	300	300	450	450	600	300	300	1055	1055	1055	1055	900	900	900	900
Lengde	600	900	600	900	900	1350	900	900	900	1055	1055	1055	1055	900	900	900	900
Brukslast (kN) - Bunden utførelse																	
Oppdal	6	9	23	12	19	13	26	17	22								
Otta		12	33	17				23	31								
Alta		45					65	88		45	65	88	115	45	65	88	115
Brukslast (kN) - Ubunden utførelse																	
Oppdal	6	8	22	11	18	12	24	15	20								
Otta		11	31	16				22	28								
Alta		13					39	25	32	42	60	82	107	42	60	82	107

3.4 Valg av løsning for oppbygging og naturstein

Det er slik SINTEF kjenner til foreløpig skissert tre hovedscenarier for reetableringen av Torgalmenningen med naturstein:

- Restaurering av dagens skiferdekke
- Kombinasjon av smågatestein på (større) deler og restaurering av skiferdekke (mot fasade og i veibane)
- Platedekke av granitt i stedet for skifer.

I foreliggende, innledende oppdrag vil SINTEF på generelt grunnlag peke på at hvis man skal opprettholde dekke med skiferplater på kjørearealene, så må man sikre en oppbygging som klarer trafikklasten. Dette vil gjelde uavhengig av om det velges skifer eller granitt.

Skifer har høyere bøyestrekfasthet enn granitt. Plater av granitt må derfor ha høyere platetykkelse enn skifer ved samme belastning.

4 Konkluderende kommentar og anbefaling

SINTEF har gjennom et innledende oppdrag bistått Bergen kommune med en gjennomgang og vurdering av tilgjengelige dokumenter. Vurderingen er avgrenset til en vurdering av hovedarealene med skiferdekke på Torgalmenningen. For oppdraget har det for SINTEF vært viktig å søke og bringe klarhet i opprinnelig utførelse og hvordan oppbyggingen av og materialbruken i arealene er, samt hvilke påkjenninger dekket/delarealene har vært utsatt og utsettes for.

Dokumentgjennomgangen og oppfølgende dialog som BME har hatt med tidligere involverte i etableringen av Torgalmenningen i 1998 har gitt et omtrentlig bilde av ovennevnte forhold, men det foreligger for SINTEF fortsatt en del usikkerhet tilknyttet konstruksjonsoppbygging og utførelse. I rapporten er det pekt på en del enkle, oppfølgende utsjekk som kan gjøres for å bringe nærmere klarhet i enkelte forhold.

SINTEF vurderer på generelt grunnlag at platedekke med skifer kan være egnet for større arealer med trafikkbelastning, men dette setter strenge krav både til materialbruk og utførelse.

Ved rehabilitering av Torgalmenningen er ut fra SINTEFs vurdering viktig å sørge for at det settes krav til stivhet av overbygningen. Krav til stivhet må vurderes ut fra antatt belastning. Statens vegvesen sin håndbok N200 [1] gir krav til hvilke materialer som er relevant å bruke i forhold til trafikkbelastning på veier. Det kan være relevant å benytte kravene i N200 for oppbygging av overbygning ved Torgalmenningen. Trafikkmengde og aksellaster som dekket ved Torgalmenningen har vært utsatt har ført til skader som viser at oppbygging av overbygningen ikke har vært optimal.

Det foreslås derfor at det utføres en tilstandskartlegging av stivhet for avdekket asfaltgrus ved at det utføres systematiske platebelastningsforsøk. Disse forsøkene vil avdekke områder med for lav stivhet i forhold til antatt belastning. I disse områdene må både bærelag (asfaltgrus) og forsterkningslag (grus) masseutskiftes med en oppbygging som gir tilfredsstillende stivhet.

I tillegg til stivhet i overbygningen mener SINTEF det er essensielt å ivareta en overbygning som er drenerende.

Endelig valg av dekkemateriale og -formater bør etter SINTEFs vurdering avventes til forholdene rundt stivhet av dagens overbygning samt fremtidig trafikkavvikling er nærmere klarlagt. I valg av materialer bør også forhold knyttet til miljøfotavtrykk hensyntas.

SINTEF vil avslutningsvis også peke på viktigheten av grundig utførelseskontroll, med oppfølgende målinger og oppfølging og dokumentasjon av dette.

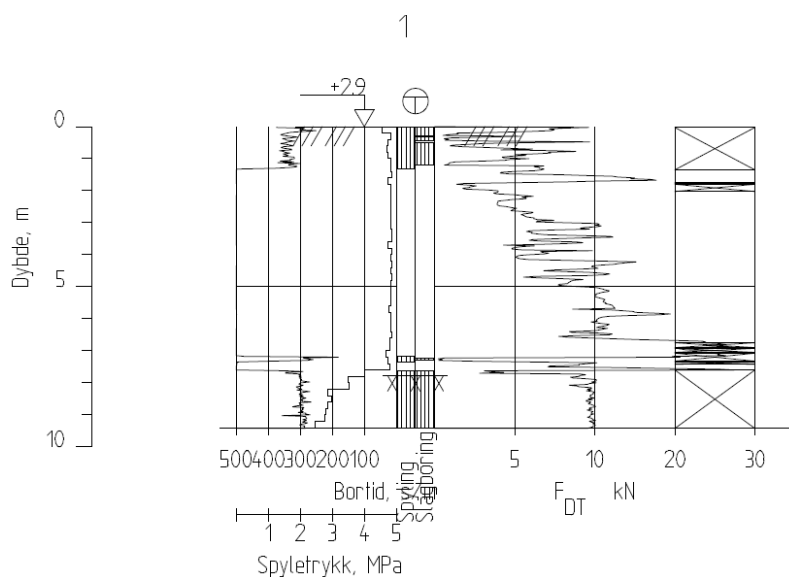
Henvisninger

- [1] Statens vegvesen. Vegbygging. Vegnormal N200. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 2022
- [2] Statens vegvesen. Steindekker: Belegningsstein, heller, gatestein og plater. Håndbok V262. Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 2018
- [3] SINTEF. Byggforskserien – Byggdetaljer (2023): 517.112 Dekker på plasser og mindre veier (under revisjon)

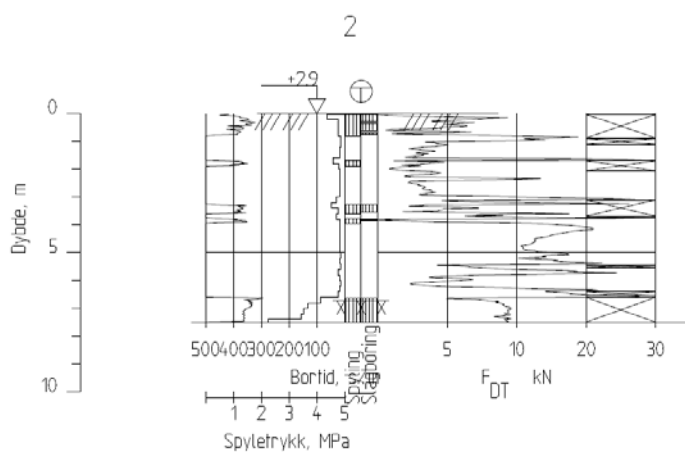


Figur 1 Utsnitt fra NADAG med angivelse av punkter med grunnundersøkelser ved Torgalmeningen.

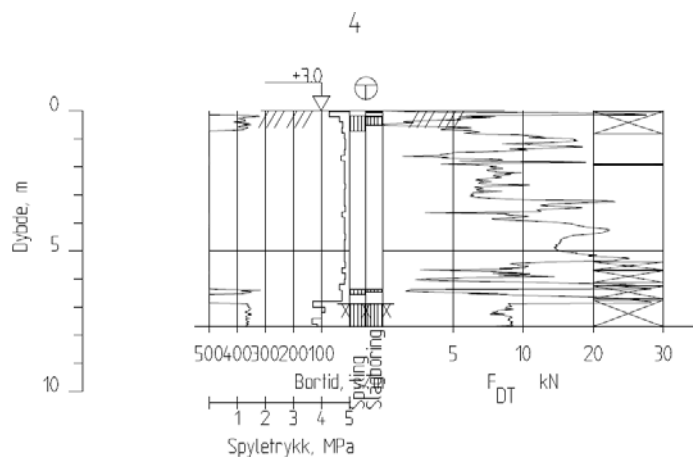
Totalsonderingene viser at fjell påtreffes i dybde 6-9 m.



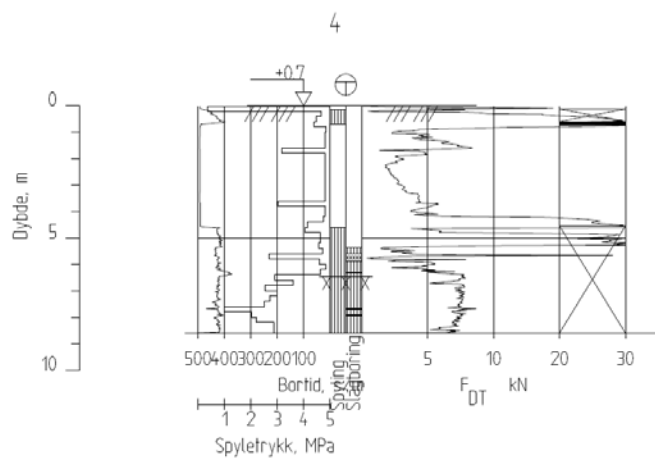
Figur 2 Totalsondering punkt 1 – Strandkaien.



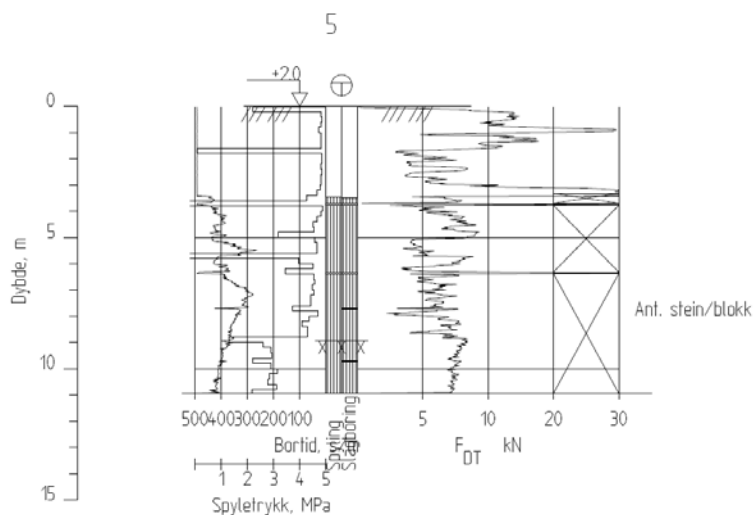
Figur 3 Totalsondering punkt 2 – Strandkaien.



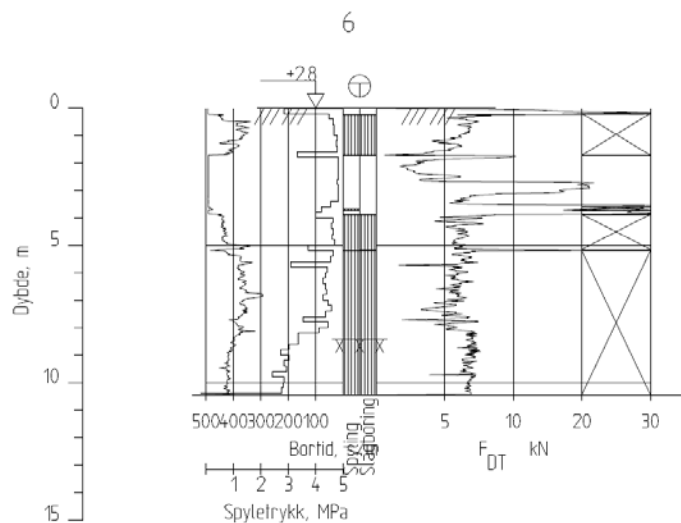
Figur 4 Totalsondering punkt 4 – Strandkaien.



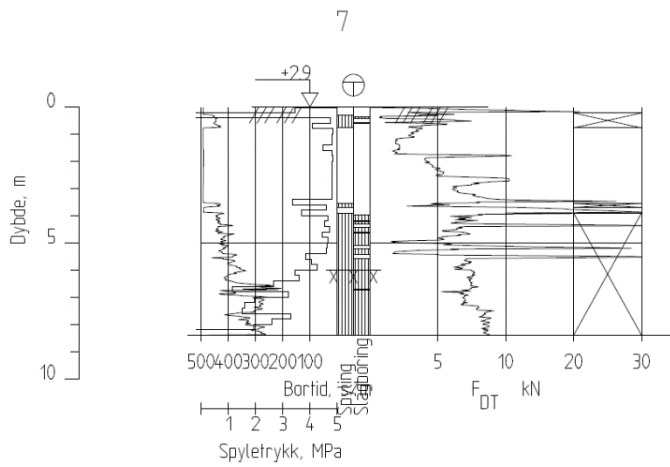
Figur 5 Totalsondering punkt 4 – Olav Kyrres gate.



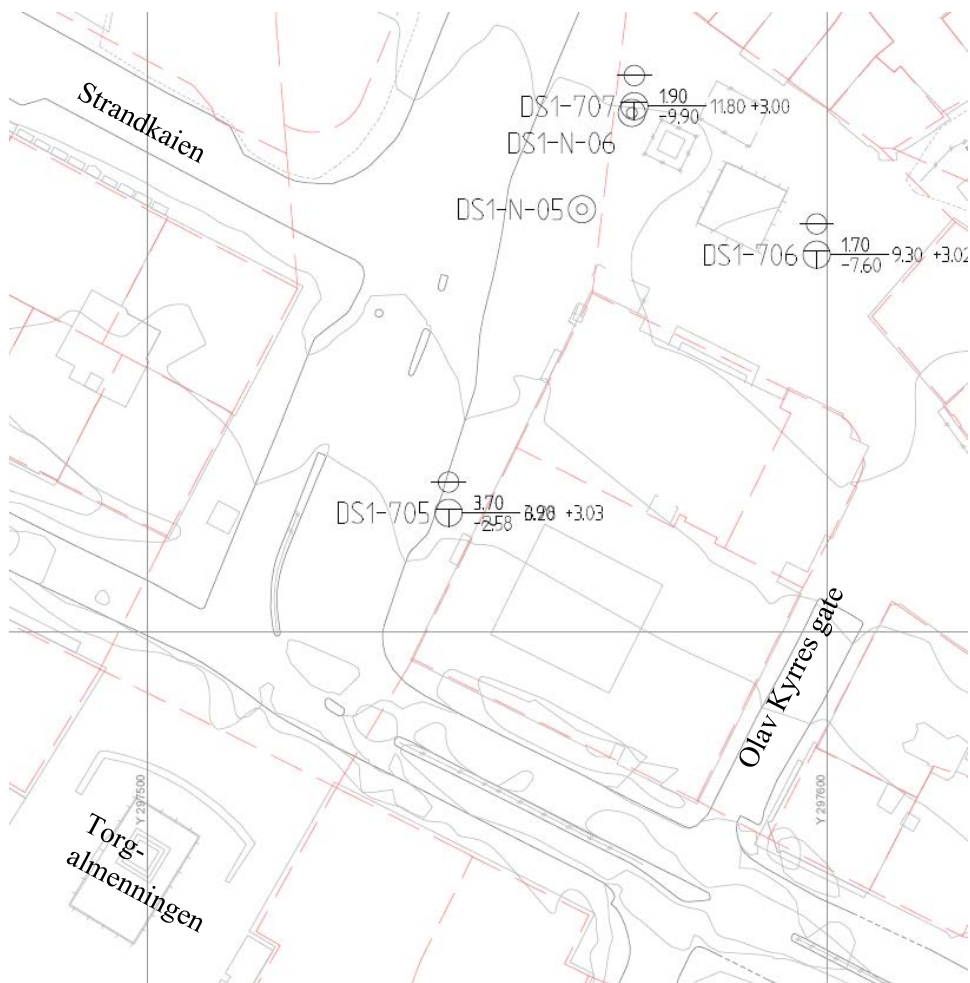
Figur 6 Totalsondering punkt 5 – Olav Kyrres gate.



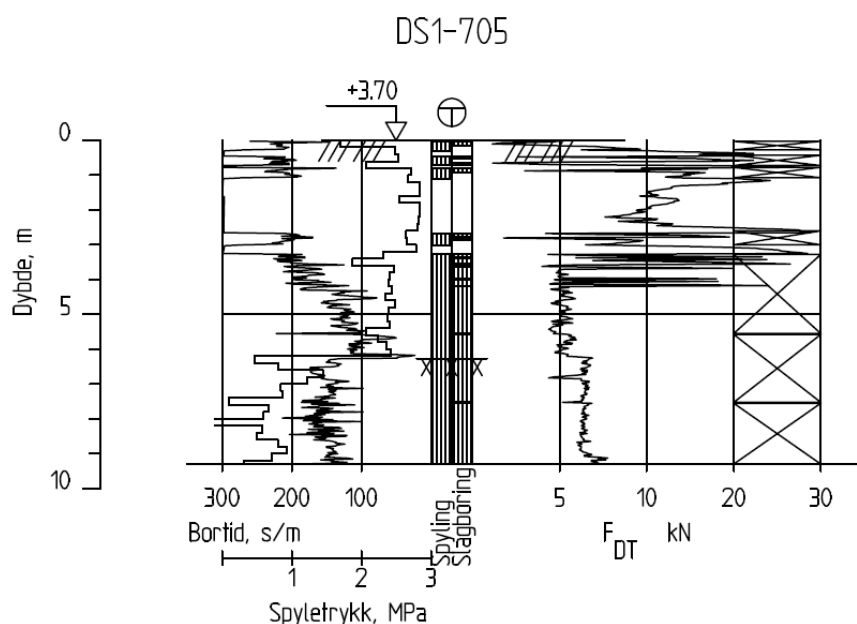
Figur 7 Totalsondering punkt 6 – Olav Kyrres gate.



Figur 8 Totalsondering punkt 7 – Olav Kyrres gate.



Figur 9 Utsnitt av undersøkelser utført for Bybanen. (Ref. RA-DS1-001, Geoteknisk datarapport, Norconsult, Rev. J04, datert 2023-03-24).



Figur 10 Totalsondering i punkt DS1-705 (Ref. RA-DS1-001, Geoteknisk datarapport, Norconsult, Rev. J04, datert 2023-03-24).

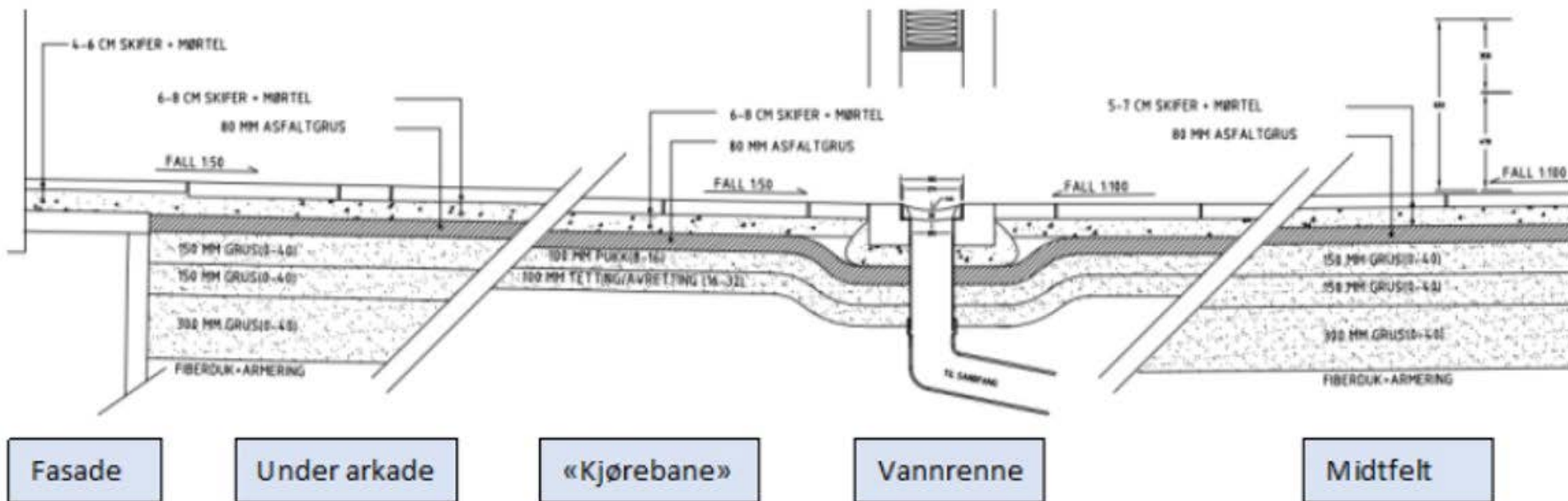
Tabell 2-1 Beskrivelse fra prøvetaking i borehull DS1-N-005 (Ref. RA-DS1-001, Geoteknisk datarapport, Norconsult, Rev. J04, datert 2023-03-24).

Pos. /ID	Type [-]	Dybde [m]	Klassifisering	W [%]	TG [-]	GI [%]	C _{urfc} [kPa]
DS1-N-5	P	0,0-1,0	Sandig grus	3,5			
DS1-N-5	P	1,5-2,0	Humusholdig grusig siltig sand	14,5		2,7	
DS1-N-5	P	2,0-3,0	Grusig Siltig Sandig Torv	82,5	T2	11,1	
DS1-N-5	P	3,0-4,0	Grusig sand, org.matr, trevirke og skjellfragment	47,9		6,8	
DS1-N-5	P	4,0-5,0	Humusholdig siltig sand, skjellfragment	23,6		2,1	
DS1-N-6	P	1,0-2,0	Siltig sand med gruskorn og skjellfragment, virker humusholdig	19,1			
DS1-N-6	P	2,0-3,0	Humusholdig sand med enkelte gruskorn, skjellfragment	32,6		2,9	
DS1-N-6	P	3,0-4,0	Humusholdig sand med gruskorn	21,3		3,0	
DS1-N-6	P	4,0-5,0	Siltig Sandig Grusig Jordmatr.	10,5	T4	0,3	

w=vanninnhold, TG=teleggruppe, GI=humusinnhold målt ved glødetap, C_{urfc}=omrørt udrenert skjærstyrke (konusforsøk).



SINTEF



Prinsipsnitt oppbygning dekke Torgallmenningen. Next to Nothing AS.

Teknisk notat

Til: Bergen kommune – Gjennomføringsavdelingen/Bymiljøetaten
v/: Tanita Guldbrandsen
Dato: 07.09.2023 Rev. dato 21.09.2023
Prosjekt: Bestemmelse av hulrom og dreneringsegenskaper på borkjerner av drensasfalt tatt ut på Torgallmenningen i Bergen.
Utarbeidet av: Ragnar Bragstad
Prosjektleder: Ragnar Bragstad
Kontrollert av: Sep 22, 2023 Paul Senstad
Paul Senstad (Sep 22, 2023 13:41 GMT+2)

Sammendrag

På grunn av skader på heller på Torgallmenningen i Bergen er det tatt ut borkjerner av konstruksjonen under som består av settemørtel på 80 mm drensasfalt på mekanisk stabilisert 0/40. Kommunen er interessert i å finne om det har skjedd noe med asfalten under belastning, og om den fortsatt har drenerende egenskaper.

Veiteknisk Institutt har analysert tre klosser av drensasfalt mhp hulrom og dreneringsevne.

Borkjernene har så høyt hulrom at de kan regnes som en drensasfalt. Prøvene er drenerende, men dreneringsegenskapene ligger i nedre område av det normale for drensasfalter.

Siden det ikke foreligger data for en førtilstand er det ikke grunnlag for å si om det har forekommet etterkomprimering av drensasfalten.

Innhold

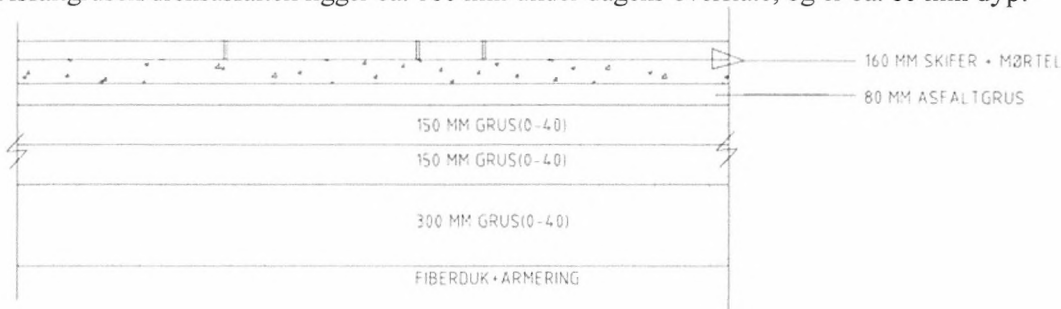
0 Bakgrunn	3
1 Mottatte prøver	3
2 Analyser	4
2.1 Benyttede metodestandarder	4
2.2 Hulromsbestemmelse	4
2.3 Dreneringsevne.....	5
3 Vurdering av resultater	5
3.1 Drensafalt.....	5
3.2 Betongkjerner	5

0 Bakgrunn

Bymiljøetaten i Bergen kommune lager planer for opprusting av dekket/bygulvet på Torgallmenningen pga. problemer med brekkasjer og delaminering av skiferhellene på hele plassen, og spesielt mye i «kjørefeltene» rundt midtfeltet.

SINTEF er hyret inn for å vurdere årsakene til de omfattende skiferbrekkasjene, og komme med en anbefaling til ev. ny oppbygning av bære- og settelag. I den forbindelse har de bedt om prøver av drengasfalten på Torgallmenningen.

Asfaltgrusen/drengasfalten ligger ca. 160 mm under dagens overflate, og er ca. 80 mm dyp:



Bymiljøetaten har tatt ut tre 10 cm borkprøver av drengasfalt fra forskjellige steder på Torgallmenningen, og SINTEF har bedt om at hulromsprosent og permeabilitet måles for alle tre prøvene.

Statens Vegvesen har tidligere målt permeabilitet på drengasfalt i Olav Kyrres gate i Bergen, men har ikke anledning til å bistå i dette tilfellet. Statens vegvesens målinger i Olav Kyrres gate var in situ drenering i henhold til NS-EN 12697-40 som er en måte som måler vertikal og horisontal drenering samtidig. Metoden er ikke egnet til borkprøver.

Vegteknisk Institutt har benyttet NS-EN 12697-19 som beskriver måling av vertikal og horisontal drenering hver for seg. Vegteknisk Institutt har bare hatt mulighet til å måle den vertikale dreneringen på grunn av manglende egnet utstyr.

Bymiljøetaten ønsker å finne ut om drengasfalten har akseptabel permeabilitet på alle tre teststedene. En hypotese kommunen jobber etter er at tungtrafikken enkelte steder på Torgallmenningen har komprimert drengasfalten, og at eventuell nedsatt avrenningsevne kan ha bidratt til skiferbrekkasjer pga. frostsprengning.

1 Mottatte prøver

Prøvene var pakket i bobleplast og lagt i plastspann. Prøvene viste ikke tegn til skade i forbindelse med transporten.

Tabell 1 Merking av prøver

Prøve merket	Innhold	Merknad
Asfalt Pt 3 02.08.23	Borkjerne asfalt	82 mm på det tykkeste. Ca 36 mm egnet til permeabilitetstesting. Diameter 93 mm.
Asfalt Pt 2 02.08.23	Borkjerne asfalt og betong	85-92 mm betong og på det meste 55 mm asfalt. Knapt 30 mm egnet til permeabilitetstesting
Betong pt 2 02.08.23	Borkjerne betong	Høyde 118 til 135
Dren asfalt Pt 1 02.03.23	Borkjerne asfalt	Ujevn, 68 mm på det meste. Knapt 30 mm på det tynneste. Et plastarmeringsnett er ujevnt plassert i klossen. Lysåpning ca 30 mm.
Betong Pt 3	Borkjerne betong	55 mm på det meste, 93 mm diameter. Varmekabel el.l. i betongen.
Prøve masser punkt 1 02.08.23	Betongkjerne og «løsmasse»	Oppsprukket betongkjerne og ubestemmelig løst materiale.

Nummereringen av prøvene hos Veiteknisk Institutt er den samme som punktoppmerkingen ved prøveuttak, se Tabell 1.

2 Analyser

2.1 Benyttede metodestandarder

- NS-EN 12697-5:2018: Bituminøse masser – Prøvningsmetoder – Del 5: Bestemmelse av maksimal densitet
- NS-EN 12697-6:2020 Bituminøse masser – Prøvningsmetoder – Del 6: Prøvens densitet (prosedyre B, hydrostatisk overflatetørr)
- NS-EN 12697-8:2018 Bituminøse masser – Prøvningsmetoder – Del 8: Bestemmelse av hulrominnhold i bituminøse prøvelegemer
- NS-EN 12697-19:2020 Bituminøse masser — Prøvningsmetoder — Del 19: Permeabilitet av prøvelegemer

2.2 Hulromsbestemmelse

Hulromsbestemmelse på drengasfalt baseres på å bestemme volumet ved måling med skyvelære. Dette krever renskårne endeflater og mest mulig intakte sideflater. Etter tilsaging var høyden på klossene som angitt i Tabell 2 under, men pga lite innspenning av steinene i prøven løsnet noen enkeltsteiner på kantene av klossene i forbindelse med saging av endeflatene. Dette bidrar til å øke usikkerheten i resultatene.

Tabell 2 Høyde klosser etter tilsaging

Kloss nr	Høyde [mm]	Diameter	Vekt
1	29.8	93,2	429,8
2	26.4	92,9	379
3	43.6	93,0	647,4

Dekketypen er anslått til å være en Da 16, dvs at øvre nominelle steinstørrelse er 16 mm. Tykkelsen for klosser til densitetsbestemmelse skal være minimum 20 mm, men samtidig minst to ganger nominell steinstørrelse. Bare kloss 3 oppfyller dette kravet. For å beregne hulrom må man også bestemme klossenes maksimum, hulromsfrie densitet, og her er det et krav om at prøvestørrelsen skal være over 800 g. Ingen av klossene oppfyller dette kravet. Resultatene av hulromsmålingene må derfor anses veiledende. Det volumet av klossen som bortfalt ved sagingen er grovt modelert ved å erstatte steinene med kitt med kjent densitet. Resultatet av hulromsmålingene er gitt i Tabell 3 under, med og uten justering av bortfalt stein.

Tabell 3 Resultater hulromstesting

Kloss nr	Hulrom uten justering	Justert hulrom
	[%]	[%]
1	17,7	15,2
2	21,9	19,2
3	18,3	16,7

2.3 Dreneringsevne

Kravet til tykkelse av prøven på minst to ganger øvre nominelle steinstørrelse gjelder også ved bestemmelse av permeabilitet, og det er bare kloss 3 som oppfyller det kravet. Kloss 2 ble vurdert til å være for tynn og skadet til å bestemme dreneringsevne.

Både før og etter saging ble klossene påført vann og visuelt vurdert til å være drenerende.

Veiteknisk Institutt har ikke eget laboratorieutstyr for testing av dreneringsevne i henhold til NS-EN 12697-19:2020, men prøvene ble testet mhp vertikal drenering med de forutsatte forsøksbetingelsene: tett på sidene og påført en 30 cm vannsøyle i 60 sekunder. Testtemperatur var 20.5 °C. Resultatene er gitt i Tabell 4 under.

Tabell 4 Permeabilitet

Asfaltkloss nummer	Permeabilitet [m/sek]
1	$0,73 \times 10^{-3}$
3	$0,37 \times 10^{-3}$

3 Vurdering av resultater

3.1 Drensasfalt

Ifølge metodebeskrivelsen i NS-EN 12697-19 vil en drensasfalt med 20 % hulrom normalt ha en permeabilitet på $0,5 \times 10^{-3}$ m/s til $3,5 \times 10^{-3}$ m/s. Drensasfalten fra Torgallmenningen har ikke spesielt høyt hulrom og ligger i nedre område for permeabilitet, men er drenerende. Betongmørtelen i settelaget over fremstår mindre permeabelt.

Utboringen av kjernene ser også ut til å ha ført til en del borslam i hulrommene i klossene, og det fører til tetting, samtidig som det er en indikasjon på at de i utgangspunktet er drenerende.

Det er ikke noe visuelt med prøvene som tyder på etterkomprimering. For å kunne si ut i fra analyseresultatene om det har skjedd etterkomprimering av drensasfalten måtte man hatt resultater fra hulromskontroll av nylagt dekke. På grunn av usikkerheter i metodene måtte man også hatt flere paralleller.

3.2 Betongkjerner

Tabell 5 under viser tykkelse på lagene ut fra tilsendte prøver og tilstand på betongen.

Tabell 5 Lagtykkelser

Kloss nr	Høyde asfalt [cm]	Høyde betong [cm]	Total høyde [cm]	Merknad
1	6,8	6,5 – 7,5	14,0	Betong smuldret opp ved utboring, se Vedlegg bilde Prøvehull 1. Høyde betong anslått ut fra vekt materiale og antatt densitet mørtel på rundt 2,6 g/cm ³ .
2	5,5	(11,8-13,5) + (8,5-9,2) ≈ 21,5	27,5	To lag betong, se vedlegg bilde Prøvehull 2
3	8,0	5,5	13,5	Se vedlegg bilde Prøvehull 3 + bilder av mottatt prøve. Boret i punkt hvor ødelagt helle er erstattet med asfalt.

Settelaget av betongmørtel virker å ha en varierende tykkelse dersom alt materiale av mørtel mellom heller og betong er samlet opp og oversendt. Mørtelen i punkt 1 er delvis oppsmuldret.

Dersom prøven har løsnet i et lag og begynt å rotere med borsylindren kan den males i stykker mot materialet under, men siden betongmørtelen i punkt 2 og 3 ser ut til å ha kommet hel opp, virker det som mørtelen har hatt en dårligere kvalitet i punkt 1, eller blitt utsatt for større påkjenninger og/eller vært underdimensjonert pga mindre lagtykkelse enn forutsatt.

Generelt er borkjernene i seg selv et for dårlig grunnlag for å gjøre en fullstendig vurdering av årsakssammenhenger. En helhetsvurdering må ta utgangspunkt i skadetype, trafikkbelastning, tilstand på mørtelen under (er den oppsprukket, løsner hellene i overgangen mot mørtelen eller er det brudd i mørtelen) o.s.v. F.eks. er det bare i punkt 1 at mørtelen på toppen av klossen ser ut til å ha et avtrykk av undersiden av en helle.

Vedlegg 1 Bilder av utborede prøver

Bilder fra utboring av prøver, tatt av utførende bedrift.

Prøvehull 1: Her er det tatt opp betong slam som smuldrer seg opp under boring



Prøvehull nr 2



Prøvehull 3. mangler bilde av de som er tatt opp



Bilder prøve 3, Veiteknisk



Teknisk notat permeabilitetstesting for Bergen kommune rev2

Final Audit Report

2023-09-22

Created:	2023-09-22
By:	Ragnar Bragstad (ragnar@veiteknisk.no)
Status:	Signed
Transaction ID:	CBJCHBCAABAA52eh-4IMYdcV-Dw1OEUh2z6XdQoPu6HZ

"Teknisk notat permeabilitetstesting for Bergen kommune rev2" History

-  Document created by Ragnar Bragstad (ragnar@veiteknisk.no)
2023-09-22 - 10:54:33 AM GMT- IP address: 46.19.22.170
-  Document emailed to paul@veiteknisk.no for signature
2023-09-22 - 10:56:15 AM GMT
-  Email viewed by paul@veiteknisk.no
2023-09-22 - 11:40:15 AM GMT- IP address: 46.19.22.170
-  Signer paul@veiteknisk.no entered name at signing as Paul Senstad
2023-09-22 - 11:41:04 AM GMT- IP address: 46.19.22.170
-  Document e-signed by Paul Senstad (paul@veiteknisk.no)
Signature Date: 2023-09-22 - 11:41:06 AM GMT - Time Source: server- IP address: 46.19.22.170
-  Agreement completed.
2023-09-22 - 11:41:06 AM GMT