



SWECO NORGE AS
Postboks 80 Skøyen
0212 OSLO

Vår referanse: 2022/193595-14
Saksbehandler: Trine Sunde
Dato: 28. februar 2024
Deres ref.: David T. Frøystad

Bergen Vanns uttalelse til VA-rammeplan med infrastrukturplan Gnr 159 bnr 81 m.fl. Mindemyren delfelt S19 og S20, plan-ID 71140000

Vi viser til VA-rammeplan og infrastrukturplan for Fabrikkgaten 3 og 5 (Mindemyren delfelt S19 og S20), mottatt den 01.02.2024.

I dag består arealet av to større næringsbygg, tre eneboliger og parkeringsplass. Tiltaket innebærer endring til cirka 310 nye boenheter og 20 000 m² næringsareal.

Oppsummering av hovedprinsippene i planen:

Beskrivelse av tekniske løsninger fremgår av VA-rammeplan-notat datert 30.01.2024 og tegninger datert 15.12.2023 og 30.01.2024, samt infrastrukturplan datert 15.12.2023.

I forbindelse hovedavløpsanlegg som krysser i tunneler under planområdet samt tilkomst til tunnelene, er det utført geologiske vurderinger med tilhørende beregninger og notat, som er vedlagt/følger VA-rammeplanen.

Vannforsyning:

Området er planlagt tilknyttet offentlig vann (Ø 150 mm, duktilt støpejern) i Fabrikkgaten. Det skal tilrettelegges for hydranter og kummer med brannventil.

Håndtering av spillvann:

Området er planlagt tilknyttet offentlig spillvann (Ø 300 mm, betong) i Kanalveien (dette punktet er tilrettelagt i Bybane-prosjektet) og til spillvann/AF (Ø 225 mm, betong) i Krohnhaugen via gravitasjonsledning. Tiltak 33 i VA-rammeplan for Mindemyren plan-ID 61140000, som gjelder separering i Fabrikkgaten, utføres som del av denne planen.

Overvannshåndtering:

Overvann skal håndteres ved fordrøyning, infiltrasjon og til Solheimsvatnet. Behov for fordrøyning er tenkt håndtert ved å etablere grønne (evt. blå) tak samt park- og grøntområder på bakkenivå, som til sammen har potensielle for 480 m³ fordrøyningsvolum. Flomveier og avrenning er vist på vedlagt VA-rammeplankart GH104.

Kommunal overtakelse:

Vannledning frem til slukkevannuttak skal opparbeides etter plan- og bygningslovens § 18-1 2. ledd og VA-norm i Bergen kommune, og overtas av Bergen Vann. Spillvannsledning (separering) fra Fabrikkgaten til eksisterende AF-kum SID 747288 i Krohnhaugen skal opparbeides etter plan- og bygningslovens § 18-1 2. ledd og VA-norm i Bergen kommune, og overtas av Bergen Vann.

Bergen Vann har følgende merknader til VA-rammeplanen:

- Det forutsettes at plan for S19 og S20 er i samsvar med *Områderegulering for Mindemyren plan-ID 61140000*, med *infrastrukturplan Mindebyen*, og er koordinert med tilstøtende planer og pågående plan- og byggearbeid i området.
- Nødvendig tilkomst til inngangsparti og tunneler som krysser under planarealet skal være sikret. Det foreligger en tinglyst avtale vedrørende arealet, tinglyst på 159/82. Detaljert plan for ivaretagelse av tilkomst samt ventilasjon ved overbygging skal være del av søknad til Bergen Vann, som skal behandles før det gis uttalelse til detaljplaner.
- Tunnelenes funksjoner skal ivaretas til enhver tid i byggefase og i driftsfase. Detaljert plan og risikoanalyse for utbygging/anleggsfase i forhold til overløpstunnel og avløpstunnel bl.a. med tanke på bergsikring/sikringsarbeid og kontinuerlig drift av tunnelene, skal være del av søknad til Bergen Vann, som skal behandles før det gis uttalelse til detaljplaner.
- Tiltakshaver er ansvarlig for gjennomførbarhet av plan i forhold til tunnelenes funksjon og sikkerhet.
- Bergen Vann ber om at fremtidige beboere opplyses om at det innimellom kan komme lukt fra avløpssystemet.
- Separering av eksisterende AF ledning (Ø 225 mm, betong) nedstrøms Krohnhaugen til Kanalveien må avklares i detaljprosjektering.
- Før rammesøknad/igangsettingstillatelse for tiltak skal det foreligge to uttalelser fra Bergen Vann:
 - o Krav om opparbeiding av hovedledninger
 - o Forhåndsuttalelse for privat VA-anlegg

Med hilsen
Bergen Vann

Solveig Hovland - fagansvarlig
Trine Sunde - saksbehandler

Dokumentet er godkjent elektronisk.

Kopi til: SWECO NORGE AS v/Roger Kaspersen, A/STAB AS v/Magnus Meinert, OBOS NYE HJEM AS v/Øyvind Ekker

VA-RAMMEPLAN FABRIKKGATEN 3 OG 5

Til:	Bergen Vann	Dato:	30.01.2024
Prosjekt:	Fabrikkgaten 3 og 5		
Notat vedr.:	VA-rammeplan		
Fra:	Sweco Norge AS	E-post:	david.froystad@sweco.no
		Telefon:	98 87 34 26

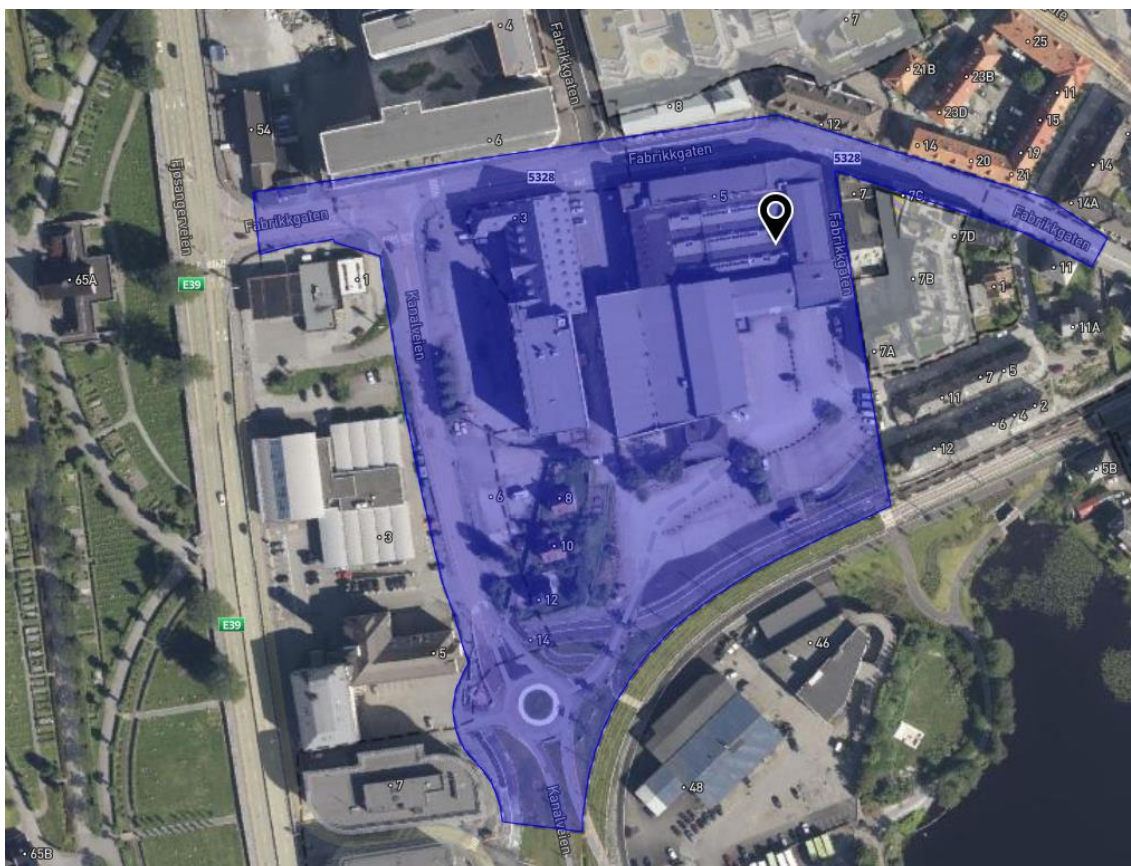
0	Utkast VA-rammeplan	12.06.2023	NODFRO	NOMHOL
1	Revidert VA-rammeplan	15.12.2023	NODFRO	NOMHOL
2	Revidert VA-rammeplan	30.01.2024	NODFRO	NOMHOL
Revisjon	Beskrivelse	Dato	Utført av	Kontrollert

KAPITTEL 1 INNLEDNING	3
KAPITTEL 2 EKSISTERENDE SITUASJON.....	4
2.1 VANNFORSYNING	4
2.2 BRANNVANNSFORSYNING.....	4
2.3 SPILLVANN.....	4
2.4 OVERVANN, NEDBØRSFELT OG FLOMVEGER	4
2.5 AVLØPSTUNNELER OG OVERLØP	5
KAPITTEL 3 PLANLAGT SITUASJON.....	7
3.1 VANNFORSYNING	7
3.2 BRANNVANNSFORSYNING.....	7
3.3 SPILLVANN.....	7
3.4 OVERVANN, NEDBØRSFELT OG FLOMVEGER	7
3.5 OVERLØP	8
3.6 VA-TUNNELER	12
KAPITTEL 5 FRAVIK VA-NORM	13
KAPITTEL 6 TILTAK 33 VA-RAMMEPLAN MINDEMYREN.....	13
KAPITTEL 7 OPPSUMMERING.....	14
VEDLEGG	15

Kapittel 1 Innledning

Sweco Norge AS har på oppdrag for OBOS Nye Hjem utarbeidet VA-rammeplan for Fabrikkgaten 3 og 5, plan ID71140000. Tiltaket berører gnr. 159, bnr. 81, 82 (m.fl.).

Tiltaket innebærer oppføring av om lag 310 nye boenheter og 20.000 m² næringsareal. Tiltaket vil også inkludere nytt fortau fra kryss Fabrikkgaten X Kanalveien og frem til nordligste rundkjøring i Kanalveien. Tomten består i dag av to større næringsbygg, parkeringsareal, samt tre eneboliger med tilhørende hager. Det vil etableres blågrønne løsninger i form av grønne tak og åpen overvannshåndtering i regnbed.



Figur 1: Flyfoto over dagens tomt, hentet fra kommune kart.com. Blå markering angir planavgrønsning

Kapittel 2 Eksisterende situasjon

Det vises til vedlegg 1 – plantegning XX100 for beskrivelse av eksisterende situasjon mtp teknisk infrastruktur.

Tiltaksområdet er i dag næringsområde med to store næringsbygg, store parkeringsarealer samt tre eneboliger med tilhørende hage.

2.1 Vannforsyning

Det vises til vedlegg 1 – plantegning XX100 for eksisterende og planlagte vannledninger.

Næringsbyggene på tiltaksområdet forsynes i dag via flere stikkledninger fra hovedledning (DN150 SJK) i Fabrikkgaten. De tre eneboligene forsynes via en lang stikkledning som er koblet til stikkledning til Kanalveien nr. 3, som igjen er koblet til hovedledning (DN250 SJK) i Fjøsangerveien.

2.2 Brannvannsforsyning

Det vises til vedlegg 3 – plantegning GH102 som viser eksisterende brannhydranter.

2.3 Spillvann

Det vises til vedlegg 1 – plantegning XX100 for eksisterende spillvannsledninger.

Næringsbyggene på tiltaksområdet er i dag koblet til fellesledninger (DN300 og DN225 strøpeforet betong) i Fabrikkgaten og overløpstunnel under tomten. De tre eneboligene er koblet til nyetablert spillvannsledning langs Bybane-sporet.

2.4 Overvann, nedbørsfelt og flomveger

Det vises til vedlegg 4a - plantegning GH103 som viser nedbørsfelt, flom og avrenningsmønster og vedlegg 5 som viser overvannsberegninger.

Vedlegg 4a viser avrenningsmønster og feltgrense for avrenning på terreng. Vedlegg 5 viser feltgrense med bakgrunn i hvor overvann er koblet til offentlig eller føres til nedstrøms areal.

Rødt felt er koblet til offentlig nett med to tilkoblinger i Fabrikkgaten på hhv. Ø225 og Ø150, samt på overløpstunnel med Ø100. Det er ikke registrert noen tilkoblinger fra grønt felt, her går overvann enten til infiltrasjon i grøntareal, eller som diffus avrenning mot sør. Blått felt har avrenning mot sluk i lavpunkt ved adkomst til overløp.

Tomten består i dag for det meste av tak og asfalterte flater. Taknedløp og de fleste sandfang på parkeringsplassene er koblet til AF-ledning og overløpstunnel. Noe overvann infiltreres i de gressdekte-områdene rundt de tre eneboligene.

Det er utført overvannsberegninger for selve tomten som skal bygges ut. Offentlig vegareal innenfor planavgrensningen vil beholde dagens overvannshåndtering eller få utbygd ny overvannshåndtering i tråd med krav gitt i områdeplan for Mindemyren. Offentlige vegareal er derfor ikke en del av beregningene.

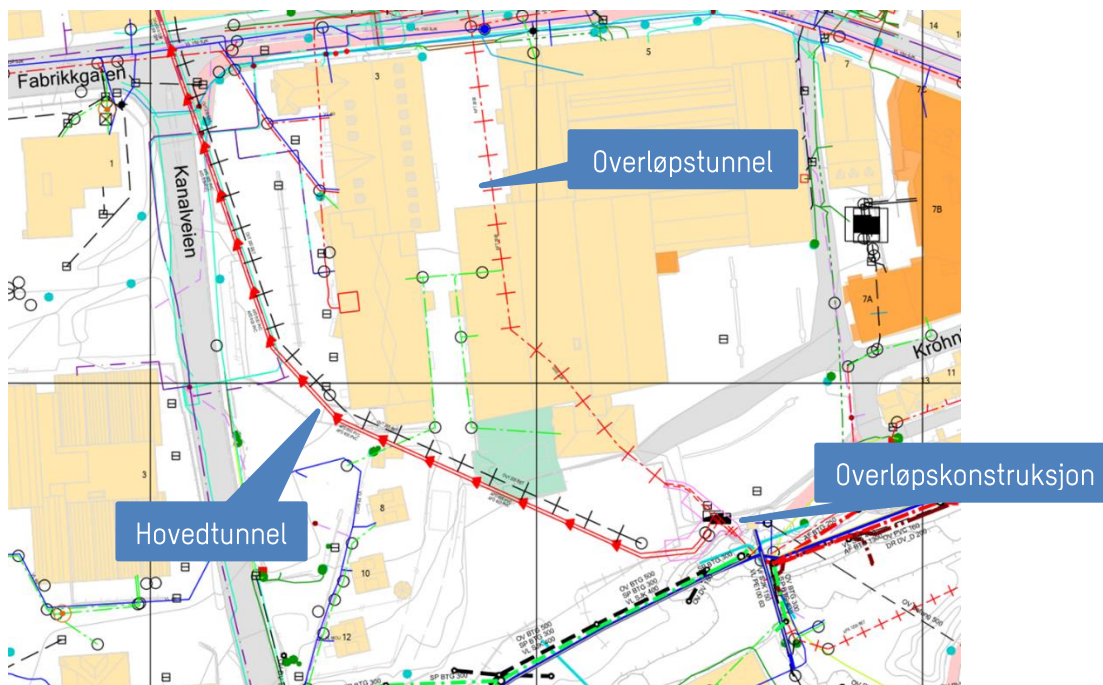
Overvannsberegninger er gjort nærmere rede for/dokumentert i vedlegg 10. Kort oppsummert generer tiltaksområdet en dimensjonerende avrenning på om lag **390 l/s** i dagens situasjon.

Kapasitetsbegrensninger i stikkledningene til dagens bygningsmasse medfører at maksimalt om lag **140 l/s** videreføres til offentlig nett.

Tomten ligger på et høybrekk og har et neglisjerbart oppstrøms nedbørsfelt.

2.5 Avløpstunneler og overløp

Det ligger en avløpstunnel og en overløpstunnel under planområdet. Tunnelene har påhugg på søndre del av Fabrikkgaten nr. 3. Ved påhugget er det også etablert en overløpskonstruksjon med tilhørende tilkomst.



Figur 2: Oversiktskart tunneler

Bergen vann har kjørbart adkomst til overløpet via Krohnhaugen.



Figur 3: Adkomst til overløp

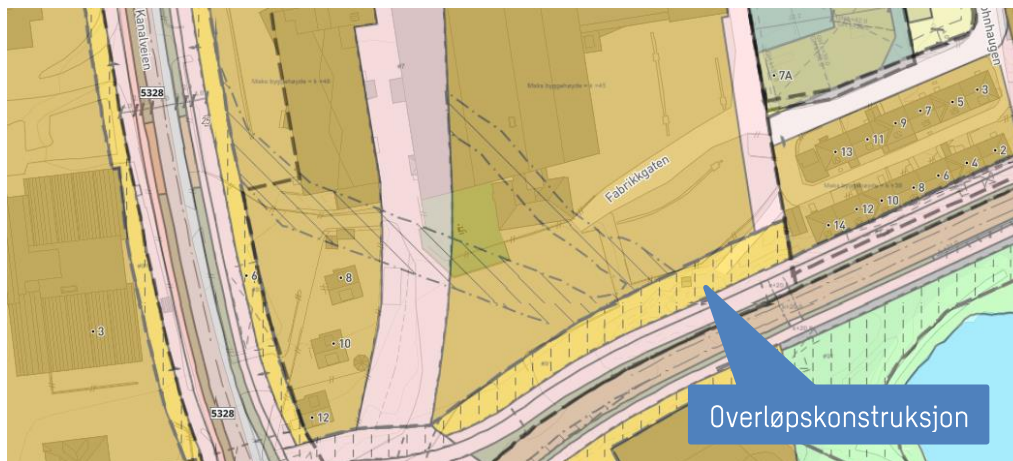
Dagens inngangsdør til overløpet ligger om lag 2 m lavere enn Bybanesporet, med tilstøtende gang- og sykkelveg, samt 7 m lavere enn planlagt terreng umiddelbart nord for overløpet.

Området rundt overløpskonstruksjon og over tunneler er regulert til sentrumsformål i områdeplan for Mindremyren.

Det er regulert en infrastrukturezone (H410_3) der tunnelene ligger under sentrumsformål. Følgende bestemmelse er knyttet til hensynssonen:

Hensynssonene H410_1, H410_2 og H410_3 angir eksisterende tekniske VA-anlegg som ikke kan flyttes på uten særdeles store kostnader for utbygger. Anleggene vil derfor være premissgivende for løsninger.

Det foreligger i tillegg en tinglyst erklæring om en byggeforbudssone rundt selve overløpet.



Figur 4: Utklipp fra plankart områdeplan Mindremyren

Kapittel 3 Planlagt situasjon

Det vises til vedlegg 2 – Plantegning GH101 for planlagt situasjon.

3.1 Vannforsyning

Bygg 1 beholder dagens stikkledning fra Fabrikkgaten.

Bygg 2, 3 og 4 kobles til ny kommunal hovedledning som må etableres sørover langs Kanalveien for å gi tilstrekkelig brannvannsdekning av de sørlige deler av tomten. Bygg 8 og 9 kobles til i forlengelsen av den kommunale hovedledningen.

Bygg 5 og 8 kobles til ny kommunal hovedledning som må etableres fra Fabrikkgaten inn i området for å gi tilstrekkelig brannvannsdekning av de nordre deler av tomten.

Bygg 6, 7 og 9 kobles til ny kommunal hovedledning som må etableres fra Fabrikkgaten inn i området for å gi tilstrekkelig brannvannsdekning av de nordre deler av tomten.

Endelig antall og plassering av tilkoblinger fra bygningsmassen og til offentlig nett vil først bli bestemt i senere faser av prosjektet. Ved lange endeledninger til brannhydranter, uten uttak av forbruksvann må konsekvenser for vannkvalitet vurderes. Der det ligger til rette for det, f.eks. via Krohnhaugen skal det vurderes etablering av ringforbindelse.

Bergen Vann sitt overløp har pr i dag stikkledning fra sør (under Bybane-sporet). Det er lagt opp til at denne legges om, og kobles til ny hovedvannledning ved Krohnhaugen, slik at kryssingen av Bybane-sporet kan utgå.

3.2 Brannvannsforsyning

Det skal være brannhydranter 25 – 50 m fra alle hovedangrepsveier for brannvesen, totalt 6 nye hydranter må etableres. Det legges frem kommunale hovedledninger til alle hydranter. Det er kun påkoblingsmuligheter i Fabrikkgaten nord for tomten.

På grunn av garasjeanlegg under deler av bygningsmassen vil det ikke være mulig å etablere hovedledninger tvers over tomten i retning nord – sør. Trase for vannledninger må derfor enten avsluttes nord for garasjeanlegg eller legges om rundt garasjeanlegget.

Alle kommunale hovedledninger legges i egne grøfter så langt dette er praktisk mulig og i areal regulert til offentlige formål.

3.3 Spillvann

Bygg 1 beholder dagens stikkledning fra Fabrikkgaten.

Bygg 2, 3, 4 og 10 kobles til ny kommunal hovedledning ved nordre rundkjøring i Kanalveien. Her er det i Bybane-prosjektet tilrettelagt for tilkobling av spillvann og overvann. Alternativt kan også bygg 8 kobles til her.

Bygg 5, 6, 7, 8 og 9 kobles til kommunal avløpsledning ved Krohnhaugen.

Endelig antall og plassering av tilkoblinger fra bygningsmassen og til offentlig nett vil først bli bestemt i senere faser av prosjektet.

Det er lagt opp til separering av Fabrikkgaten jf. VA-rammeplan for Mindemyren tiltak 33. Trase for spillvannsledning langs vannledning til Bygg 7 og Bygg 9.

3.4 Overvann, nedbørsfelt og flomveger

Det vises til vedlegg 4b - plantegning GH104 som viser nedbørsfelt, flom og avrenningsmønster, vedlegg 10 som viser overvannsberegninger og vedlegg 9 – plantegning GH109 som viser arealer avsatt til fordrøyning for infiltrasjon.

Overvann er planlagt koblet til offentlig nett som vist på Vedlegg 2 – GH101. Det etableres to flominntak på tomten, for å håndtere avrenning som overstiger fordrøynings- og infiltrasjonskapasiteten til tomten. Det ene av disse flominntakene er allerede bygget og plassert ved adkomsten til overløpet. Port ved rampe til overløp må derfor utformes slik at vann kan renne gjennom/under porten. Se også punkt 3.6 hvor overbygging av adkomst til overløp er nærmere beskrevet. Overvann fra nordre del av torget mellom bygg 1 og bygg 8 har naturlig avrenning mot flomveg i Fabrikkgangen.

Nødvendig fordrøyningsvolum for hele tomten sett under ett er om lag 170 m³ forutsatt påslippsmengde til offentlig nett tilsvarende dagens situasjon.

Fordrøyningsvolumet vil i stor grad være realiserbart ved fordrøynning på tak. Takflatene i planområdet har potensiale for fordrøynning av om lag 400 m³. I tillegg kommer fordrøynning og infiltrasjon i grøntområder på bakkeplan på om lag 80 m³. De største sammenhengene områdene som er avsatt til fordrøynning og infiltrasjon er vist på tegning GH109. I tillegg finnes det flere større sammenhengende grønt/park- områder i tillegg til spredte «grønne lunger» i øvrig utomhusareal som vil ha funksjon mtp. infiltrasjon uten at det er planlagt med et effektivt fordrøyningsvolum.

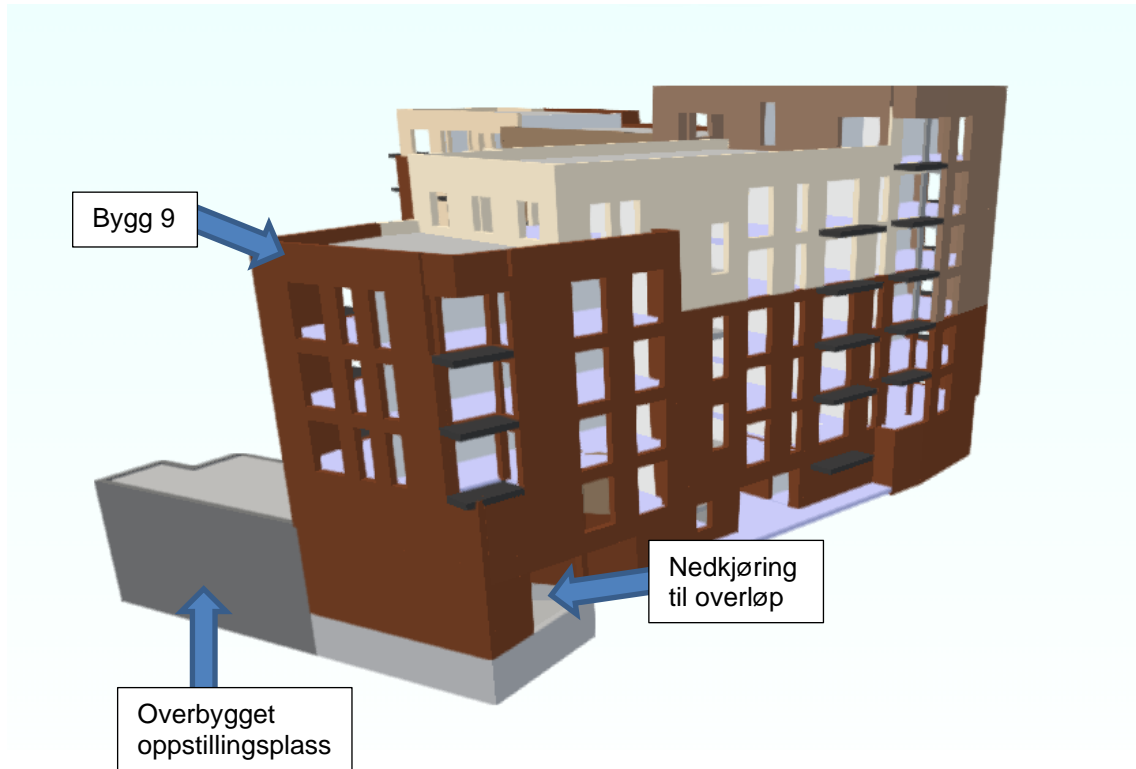
Med unntak av Kanalveien tilrettelegges ikke planområdet for kjøring. Overvann fra Kanalveien håndteres etter samme prinsipp som overvann for resterende deler av Kanalveien. Saltholdig overvann ved vinterdrift av Kanalveien kobles til spillvannsledning ved nordre rundkjøring i Kanalveien. Overvann for resten av året, uten salt, føres til Solheimsvannet. Det tilrettelegges med ventilkum for å endre vannføring fra overvannssystem til spillvannssystem for saltholdig overvann ved vinterdrift av Kanalveien. Se tegning GH101.

Overvann fra resterende deler av planområdet er å regne som rent, og området planlegges for vinterdrift uten salting. Overvann kan derfor føres fra fordrøyning/overløp infiltrasjon og til Solheimsvannet.

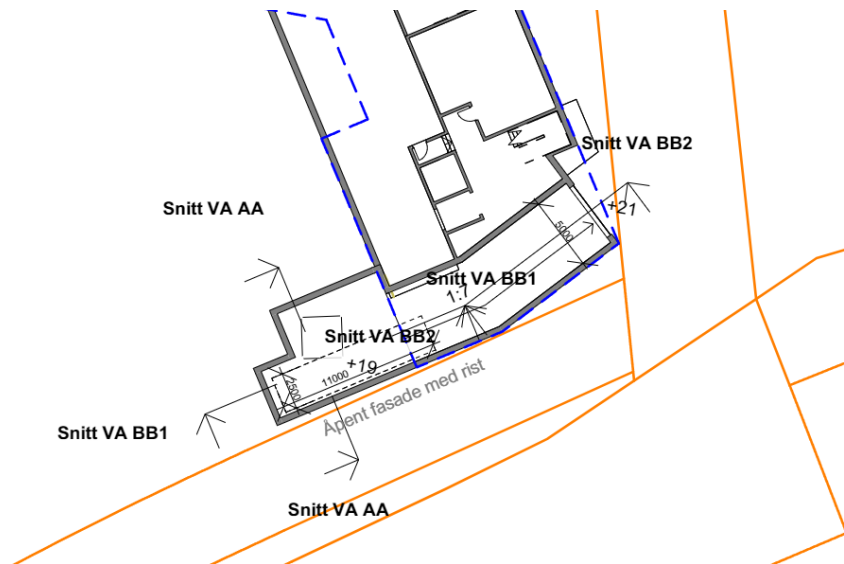
3.5 Overløp

For å utnytte størst mulig del av arealet som er regulert til sentrumsformål i områdeplan for Mindemyren er det planlagt at dagens adkomst til overløpskonstruksjonen overbygges. Det er avholdt flere avklaringsmøter mellom Bergen Vann, OBOS, HLM og Sweco hvor både prinsipper og detaljer vedr. en overbygget adkomst er diskutert.

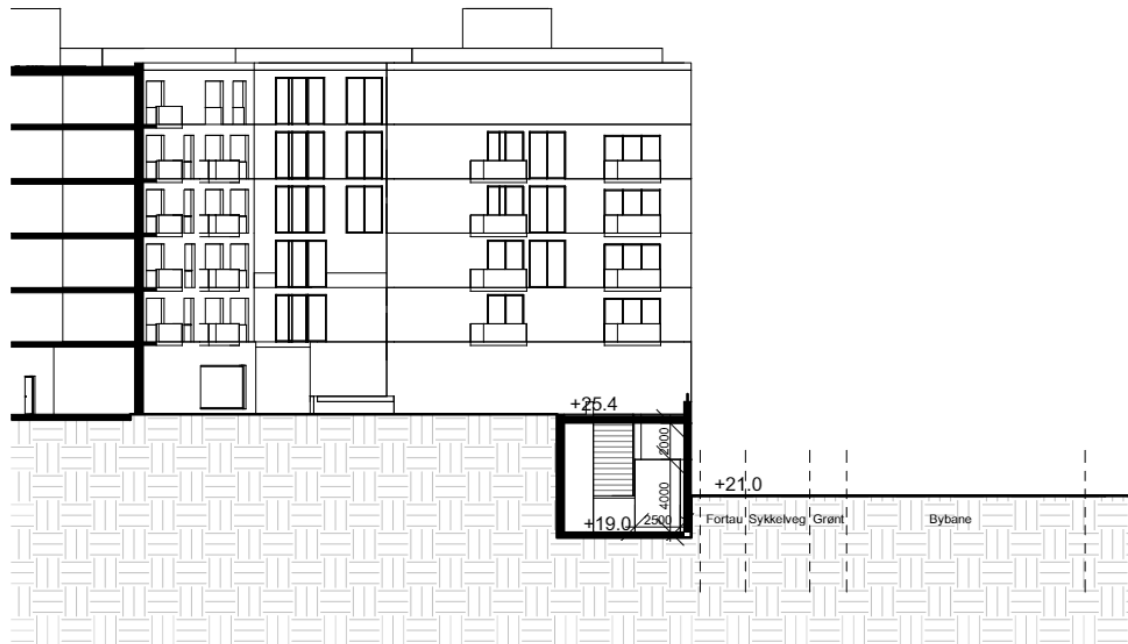
Basert på tilbakemeldingene Bergen Vann (forvaltning og drift) har gitt har arkitekt (HLM) har utarbeidet et forslag til løsning, se figurer under.



Figur 5: Utklipp fra 3d modell



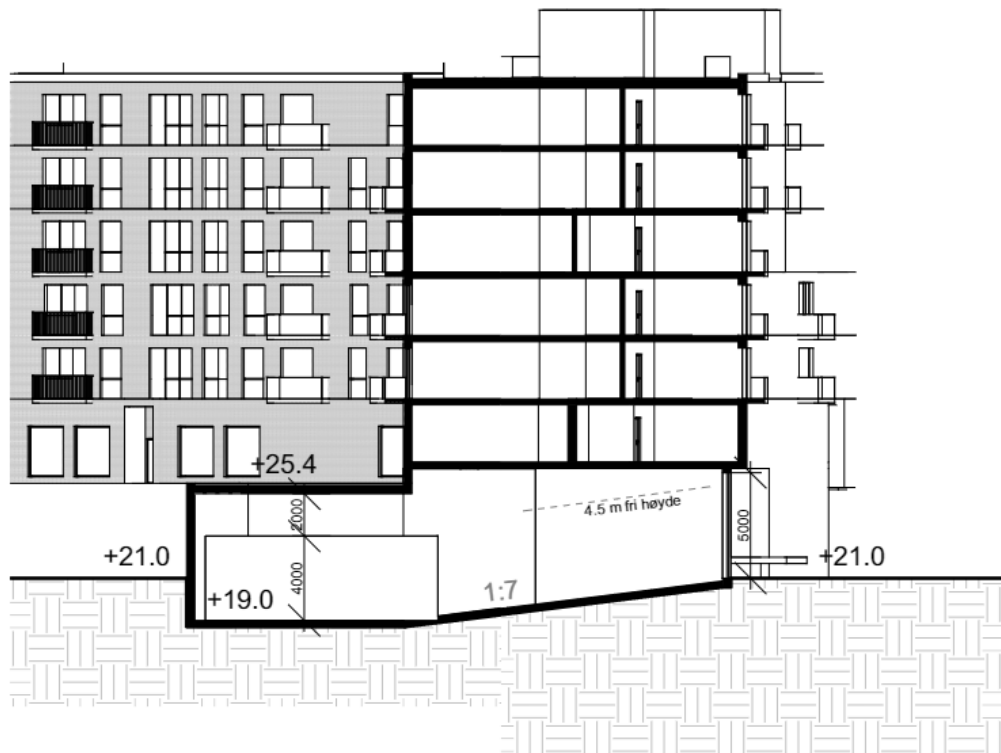
Figur 6: Plan overbygget adkomst til overløp



Snitt VA AA

1 : 500

Figur 7: Snitt AA overbygg adkomst overløp



Snitt VA BB

1 : 500

Figur 8: Snitt BB overbygg adkomst overløp

Oppsummert innebærer forslaget følgende:

- Overbygg adkomst med minimum 5 m kjørbare bredde
- Minimum 4,5 m frihøyde ved innkjøring og rampe
- Overbygget oppstillingsplass for sugebil 2,5 x 11,0 m på kote 19,0 moh
- Minimum 6,0 m frihøyde ved oppstillingsplass for sugebil
- Rampe med stigning 1:7 ned til oppstillingsplass for sugebil
- Låsbar port ved nedkjøring. Port utformes slik at vann kan renne gjennom/under porten
- Overbygg må utformes slik at oppstillingsplass er tilstrekkelig ventilert da sugebil går på tomgang. Fasade/vegg mot bybane-spetet utformes åpen med rist/spiler/el, eventuelt mekanisk avtrekk
- Gaten utenfor den overbygde adkomsten utformes slik at dagens manøvreringsmønster for lastebil som skal ha tilkomst til overløpet ikke forverres jf. dagens situasjon. Det er utført sporing av ny adkomst, denne er vurdert å være bedre enn dagens adkomst. Se vedlegg 17.
- Overbygget må utformes slik at lukt fra overløpet ikke får uønsket spredning. Vindanalyser utført i forbindelse med reguleringsplanen viser at dagens vindmønster opprettholdes, med en vindkorridor mellom Fabrikkgaten 5 og 7. Eventuell luktspredning vil følge dagens vindkorridor.

En detaljert situasjon av overbygget nedkjøring med eksisterende og planlagt infrastruktur i området er vist i vedlegg 7 – GH107 – Plan infrastruktur ved overbygget nedkjøring til overløp og vedlegg 8 – GH108 – Ved overbygget nedkjøring til overløp, snitt A – A.

Overbygget nedkjøring kommer delvis over innløpskulvert, samt lukket flomveg (ø500 rør) til Solheimsvannet. Både innløpskulvert og ø500 rør ligger hhv. like oppstrøms og nedstrøms under Bybane-sporet. Tilkomst til nevnte infrastruktur er derfor allerede pr. i dag svært begrenset.

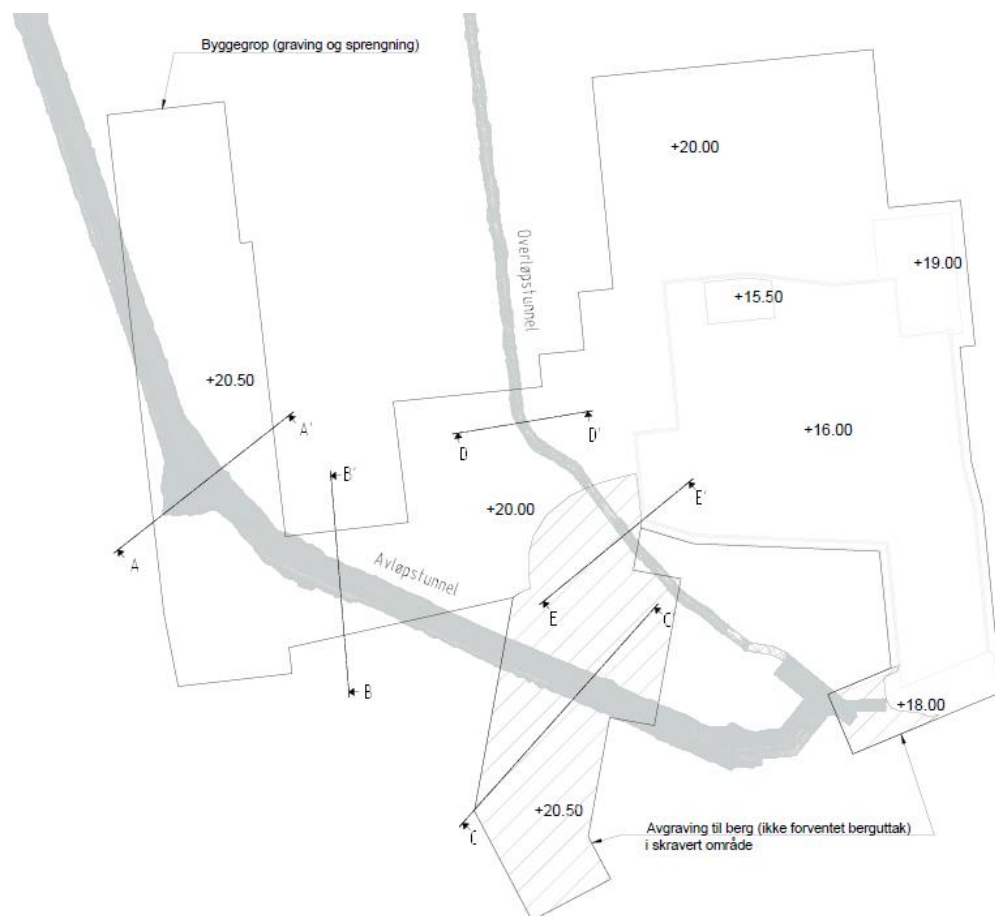
Det anses ikke aktuelt å skulle detaljere adkomst til overløp videre på nåværende tidspunkt. Dette pga. at ennå ikke foreligger tilstrekkelig grunnlag for planlagt bygningsmasse. Bergen Vann er gjennom saksgang etterfølgende prosjektfaser (rammetillatelse og igangsettingstillatelse) sikret mulighet til å gi innspill og stille krav til videre detaljering av adkomst

3.6 VA-tunneler

I forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan er både avløpstunnel og overløpstunnel scannet og kartlagt. Det er utført geologiske vurderinger av både begge tunnelene. Se vedlegg 11-14.

Lastvirkninger fra planlagt bygningsmasse er beregnet (på skissenivå), og plassering av bygg er tilpasset slik at tunnelene ikke utsettes for uakseptable laster. Se vedlegg 16.

På grunn av nærhet til tunnelene vil det være behov for både å stille krav utførelse av grunnarbeidene på planområdet, samt å utføre sikringsarbeid i tunnelene i forkant av grunnarbeider på planområdet. Krav til utførelse av grunnarbeid og sikringsbehov for begge tunnelene er derfor vurdert. Gjennomføring av selve sikringsarbeidet for overløpsløpstunnelen er vurdert særskilt, pga utfordringer med tanke på tilkomst, HMS, mv. Gjennomføringsplan for sikring av overløpstunnelen er utarbeidet i samråd med Wimo Fjellsikring AS, se vedlegg 15.



Figur 9: VA-tunneler og planlagte byggegroper

Konklusjonen fra de vurderinger og beregninger som er utført er at prosjektet, slik det kommer frem av planforslaget, er gjennomførbart mtp. avløpstunnellene sin funksjon og sikkerhet. Prosjektet er innenfor en normal restrisiko mtp. grunnforhold og fundamentering. Dette vil være praktisk og økonomisk håndterbart i senere prosjektfaser.

Det vil være behov for ytterligere detaljprosjektering av sikringstiltak før utførelse, samt oppfølging av geolog i byggefase. Dette vil bli gjennomført i samråd med Bergen Vann.

Kapittel 5 Fravik VA-norm

- Bygningsmasse er plassert over VA-tunneler. Se beskrivelse i foregående avsnitt
- Avstand mellom Bygg 6 og VA-ledninger
 - o Gateløp mellom Bygg 6 og Fabrikkgaten 7 er om lag 6 m bredt. Det er planlagt lagt hovedledninger for vann og spillvann i denne gaten. Det vil ikke være mulig å opprettholde 4 m avstand til byggverk. Men normal gravetilkomst blir opprettholdt. Se snitt 1 tegning GH101 og GH106. Private og kommunale ledninger legges i samme grøft.
- Avstand mellom Bygg 10 og VA-ledninger
 - o Dyptliggende eksisterende VA-ledninger langs Bybane-sporet medfører behov for sikring av fundament for Bygg 10, slik at Bergen Vann har gravetilkomst til VA-ledninger. Se snitt 2 tegning GH101 og GH106.
- Overbygget nedkjøring til overløp kommer delvis over innløpskulvert, samt lukket flomveg (ø500 rør) til Solheimsvannet. Både innløpskulvert og ø500 rør ligger hhv. like oppstrøms og nedstrøms under Bybane-sporet. I tillegg er der flere murer mv. i området. Nevnte infrastruktur har derfor ikke gravetilkomst pt. Fundamentering av overbygget oppstillingsplass vil utformes slik at Bergen Vann får gravetilkomst til nevnte installasjoner.

Kapittel 6 Tiltak 33 VA-rammeplan Mindemyren

Tiltak 33 fra VA-rammeplan Mindemyren er innarbeidet i planen:

For å separere avløp fra fellesledningen i Fabrikkgaten (tiltak 34) må tilknyttet spillvann kobles fra slik at fellesledningen kan fungere som ren overvannsledning. Avløp fra nordsiden av Fabrikkgaten som er tilknyttet avløp fellesledningen i Fabrikkgaten skal derfor kobles fra og føres videre i offentlige areal ned til avløpsledningen ved bybanesporet. Det er tre stikkledninger i Fabrikkgaten som skal kobles om til ny spillvannsledning (dette tiltaket).

Det gjøres oppmerksom på at det i tillegg til VA-ledninger finnes en stor mengde annen infrastruktur i Fabrikkgaten, ref. Infrastrukturplan. Etablering av en ny spillvannsledning i gaten vil sannsynligvis medføre behov for omlegging av eksisterende infrastruktur i gaten. Ved detaljprosjektering bør de ulike ledningseiere vurdere om det skal gjøres en helhetlig omlegging av infrastruktur i hele gaten.

Kapittel 7 Oppsummering

Vedlegg 1 viser planlagt ledningsanlegg. Følgende oppsummerer:

1. Planområdet vil bli forsynt med vann fra kommunal vannledning i Fabrikkgaten.
2. Det etableres seks nye hydranter på planområdet for å gi planområdet tilstrekkelig brannvannsdekning. Se GH101.
3. Spillvann fra planområdet vil kolbes til enten fellesledning i Fabrikkgaten, separat fellesledning i Krohnhaugen eller ny spillvannsledning ved nordre rundkjøring i Kanalveien.
4. Overvann håndteres på overflaten og fordrøyes på tomt på tak og i vegetasjon på øvrig utomhusområde. Det legges til rette for en økning i overvannets oppholdstid på tomten.
5. Geologiske vurderinger som er utført i forbindelse med reguleringsplanen konkluderer med at planlagte tiltak er gjennomførbare mtp. VA-tunnelene sin funksjon og sikkerhet. Det vil være behov for ytterligere detaljprosjektering av sikringstiltak før utførelse, samt oppfølging av geolog i byggefase. Detaljprosjektering utføres i to trinn:
 - a. I forkant av søknad om ramme
 - b. I forkant av søknad om igangsettelse
6. Adkomst til overløp er foreslått overbygget etter krav gitt av Bergen Vann. Overbygg utformes slik at flomvei ivaretas. Detaljering av overbygg, inkludert eventuelt ombygging av dagens konstruksjon utføres i to trinn:
 - a. I forkant av søknad om ramme
 - b. I forkant av søknad om igangsettelse

Vedlegg

Vedlegg 1 – XX100 – Plantegning, Eksisterende infrastruktur

Vedlegg 2 – GH101 – Plantegning, Planlagt situasjon VA

Vedlegg 3 – GH102 – Brannvannsdekning, Forenklet plan

Vedlegg 4a – GH103 – Plantegning, Avrenningsmønster og nedbørsfelt før-situasjon

Vedlegg 4b – GH104 – Plantegning, Avrenningsmønster og nedbørsfelt etter-situasjon

Vedlegg 5 – GH105 – Hovedledninger for kommunal overtagelse

Vedlegg 6 – GH106 –Kritiske snitt

Vedlegg 7 – GH107 – Plan infrastruktur ved overbygget nedkjøring til overløp

Vedlegg 8 – GH108 – Ved overbygget nedkjøring til overløp, snitt A – A

Vedlegg 9 – GH109 – Arealer avsatt for fordrøyning og infiltrasjon

Vedlegg 10 – Overvannsberegning

Vedlegg 11 – 10231760-RIGeol-N01-A01 Geologisk Vurdering Avløpstunnel

Vedlegg 12 – 10231760-RIGeol-N02-A01 Geologisk Vurdering Overløpstunnel

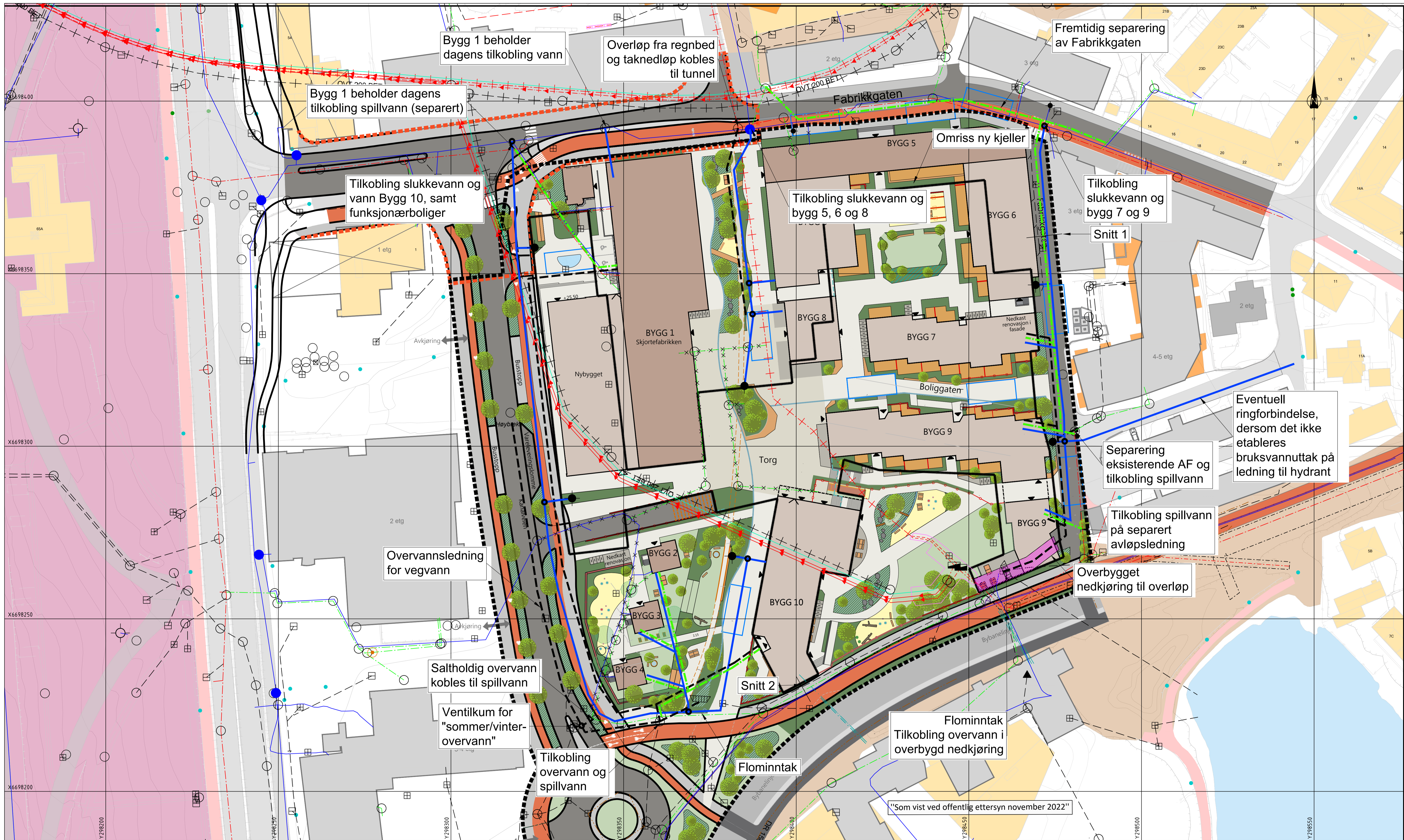
Vedlegg 13 – G-20-001 Byggegrøp og tunneler, plan

Vedlegg 14 – G-40-001 Byggegrøp og tunneler, snitt

Vedlegg 15 – Referat fra møte med Wimo Fjellsikring AS

Vedlegg 16 – Skisseberegning laster fra bygg

Vedlegg 17– Sporinganalyse tilkomst overløp

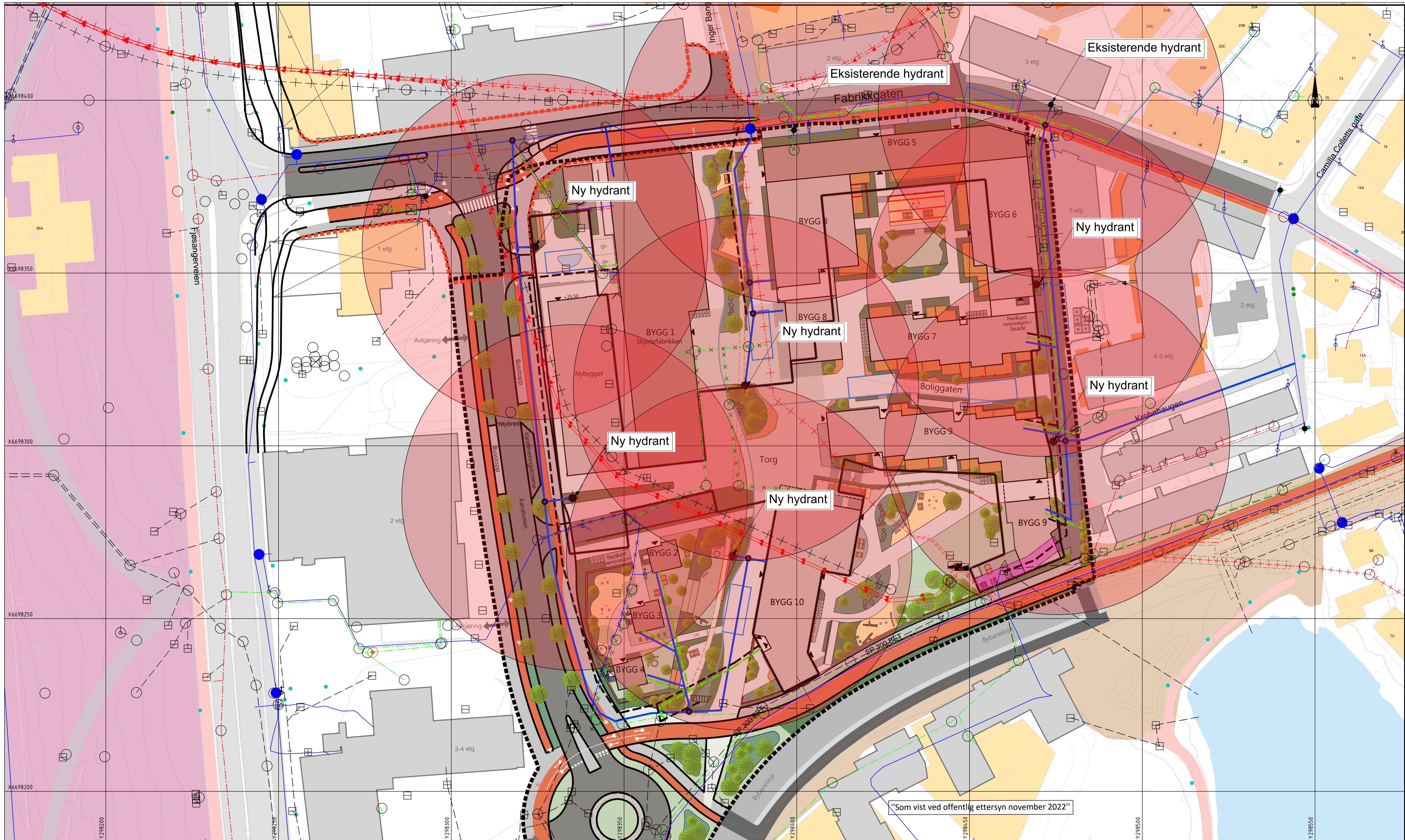


MERKNADER:

TEGNFORKLARING

	Planlagt	Eksisterende
Vannledning		
Spillvann		
Avløpfelles		
Avløpfelles - Kulvert		
Avløpfelles - Dykker		
Avløpfelles - Tunnel		
Overvann		
Overvann - Tunnel		
Overvann - Tunnel		
Kum		
Brannuttak Hydrant		

04	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikkgaten 3-5				1:500	
Planlagt situasjon VA				Arkformat	
				A1	
				Koordinatsystem	
				UTM32/NN2000	
				Prosjektnr	
				10231760	
				Prosjektleder	
				Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus	
				Generell	
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA	GH101	A	04		

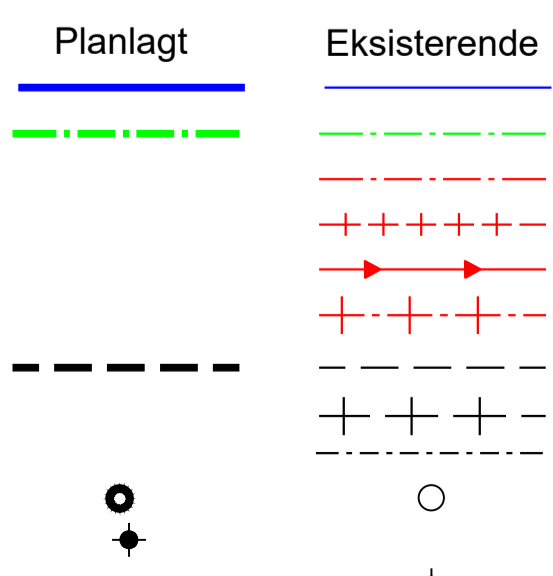


MERKNADER:

HENVISNING

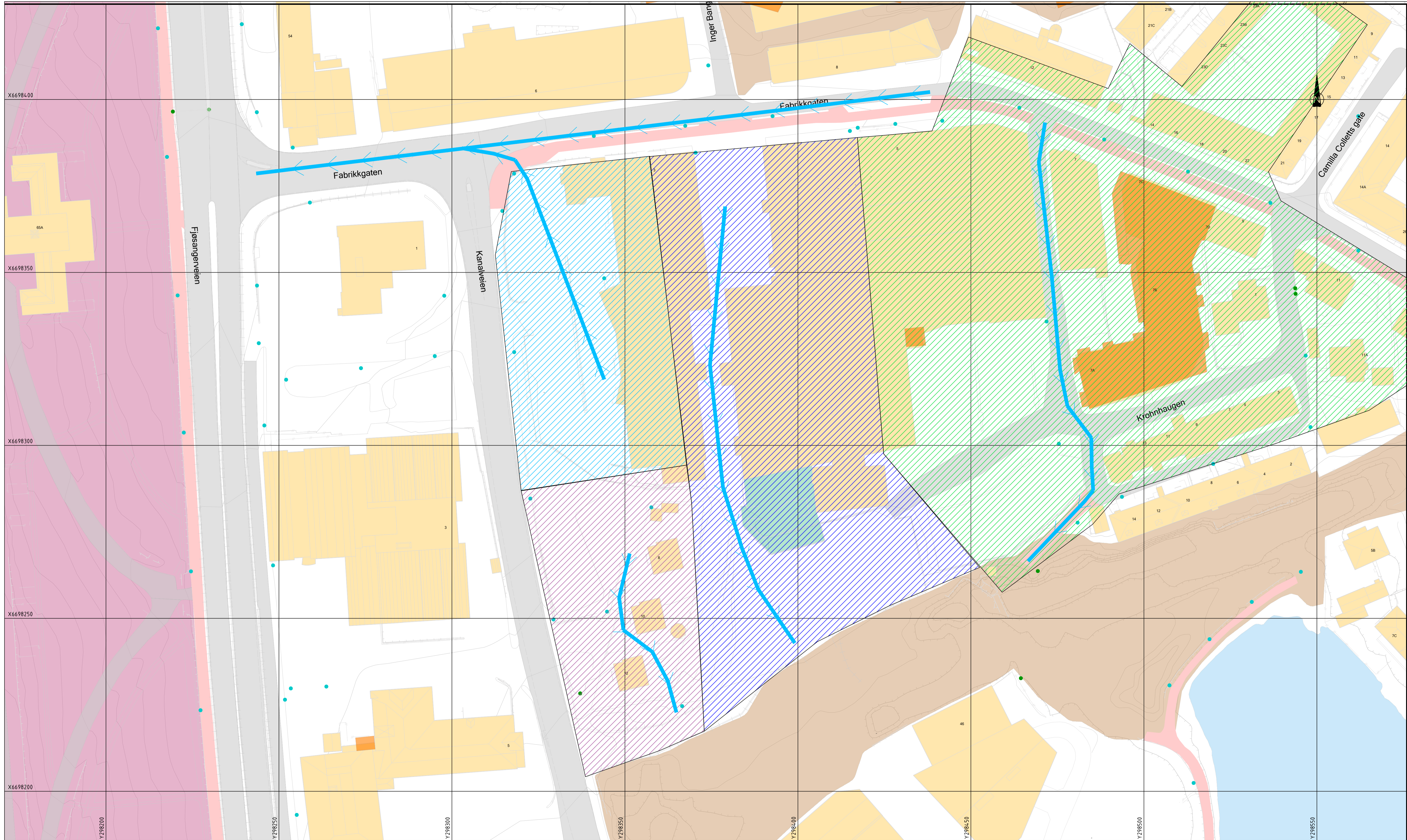
TEGNFORKLARING

- Vannledning
- Spillvann
- Avløpfelles
- Avløpfelles - Kulvert
- Avløpfelles - Dykker
- Avløpfelles - Tunnel
- Overvann
- Overvann - Tunnel
- Overvann - Tunnel
- Kum
- Brannuttak Hydrant

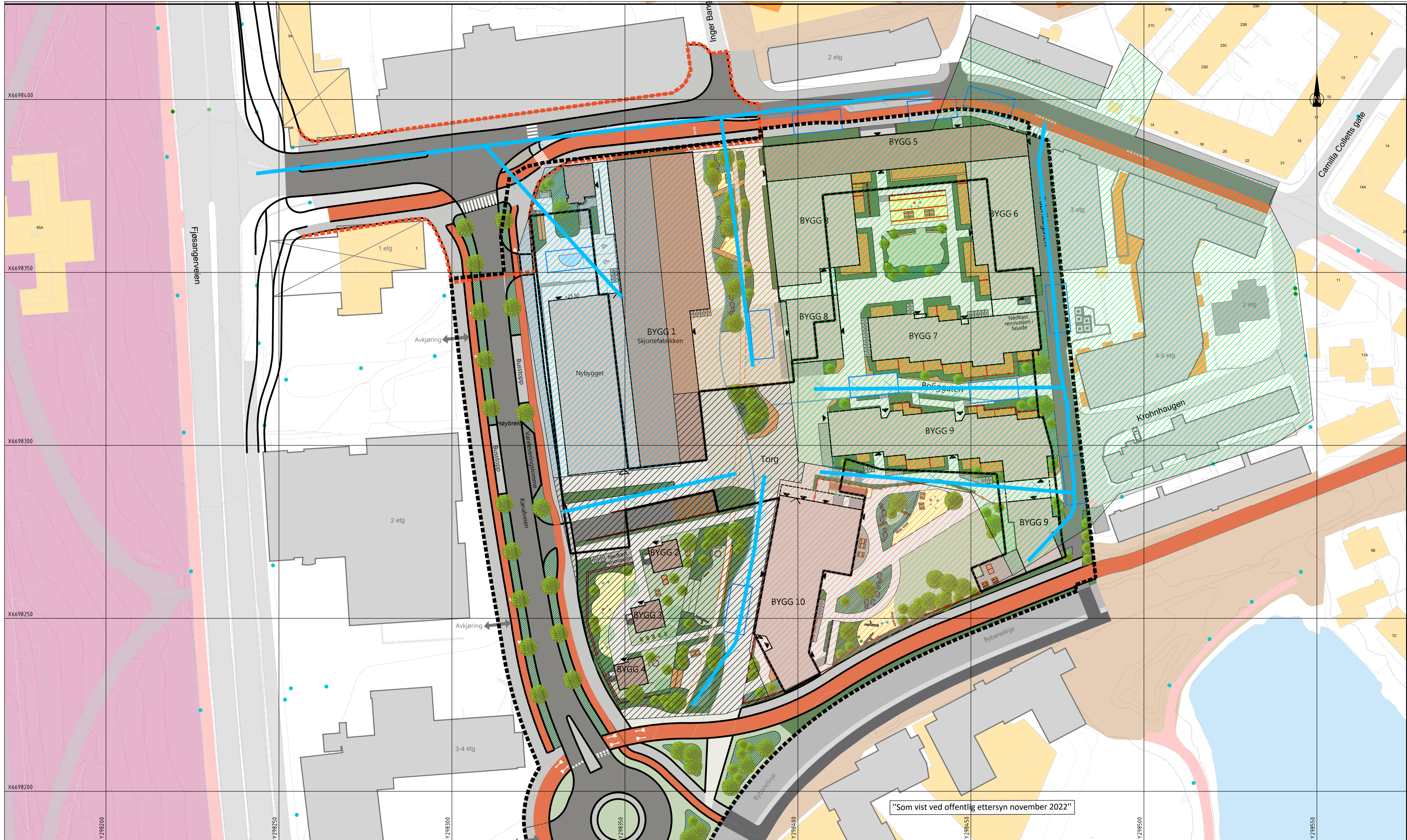


03	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	15.12.23
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikkgaten 3-5				1:500	
Brannvannsdekning				Arkformat	
Forenklet plan				A1	
Koordinatsystem				UTM32/NN2000	
Prosjektnr				10231760	
Prosjektleder				Roger Kaspersen	
Tegningsstatus				Generell	
Fagdisiplin	VA	Tegningsnummer	GH102	Status	Rev
				A	03





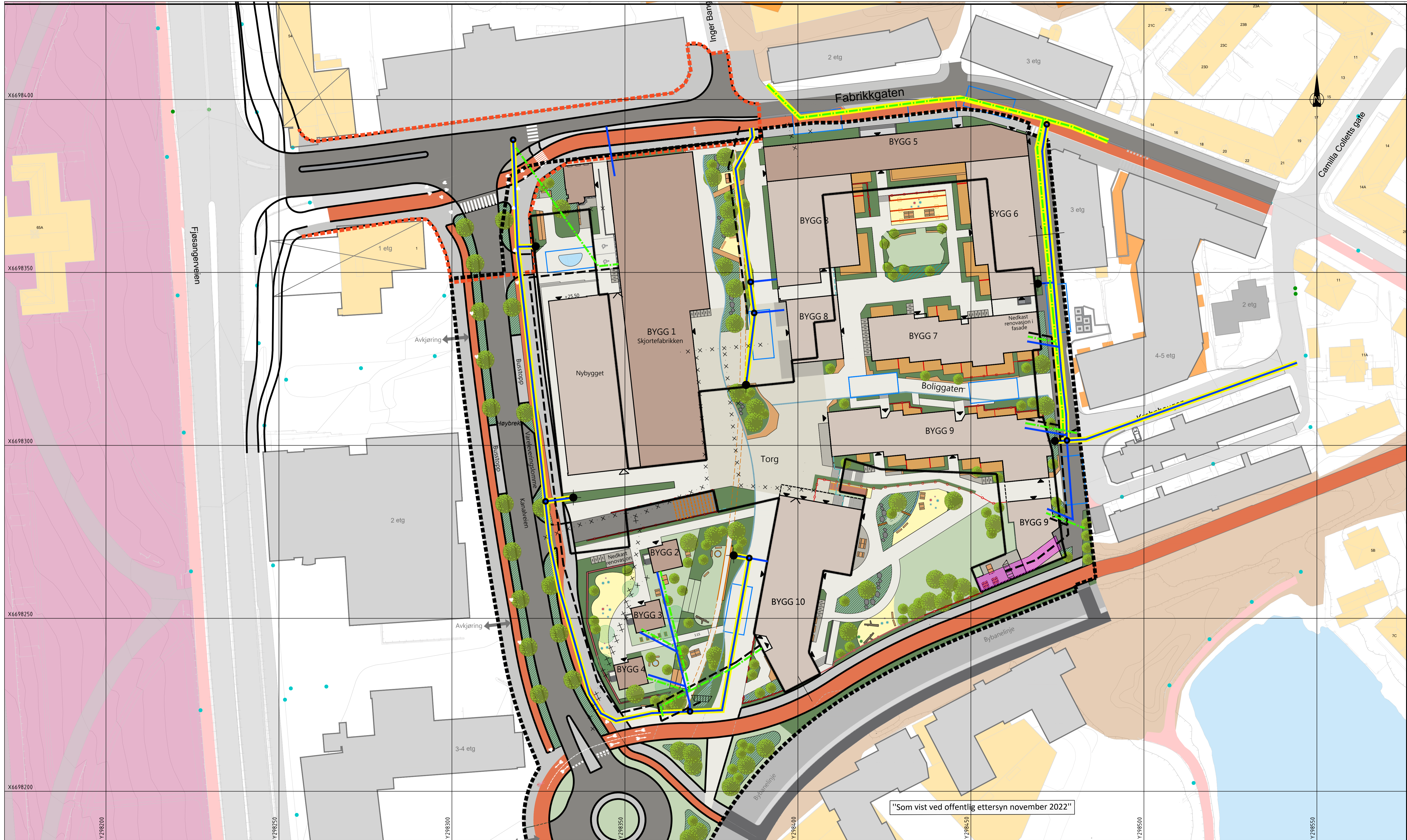
02	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	15.12.23
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver OBOS Nye Hjem				Prosjektleder Anne Færestrand	
Prosjektnavn Fabrikkgaten 3-5				Målestokk 1:500	
Avrenningsmønster og nedbørsfelt før-situasjon				Arkformat A1	
				Koordinatsystem UTM32/NN2000	
				Prosjektnr 10231760	
				Prosjektleder Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus Generell	
Fagdisiplin VA	Tegningsnummer GH102			Status A	Rev 02



MERKNADER:

HENVISNING

02	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	15.12.23
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikkgaten 3-5				1:500	
Avrenningsmønster og nedbørsfelt etter-situasjon				Arkformat	
				A1	
				Koordinatsystem	
				UTM32/NN2000	
				Prosjektnr	
				10231760	
				Prosjektleder	
				Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus	
				Generell	
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA		GH104	A	02	



MERKNADER:

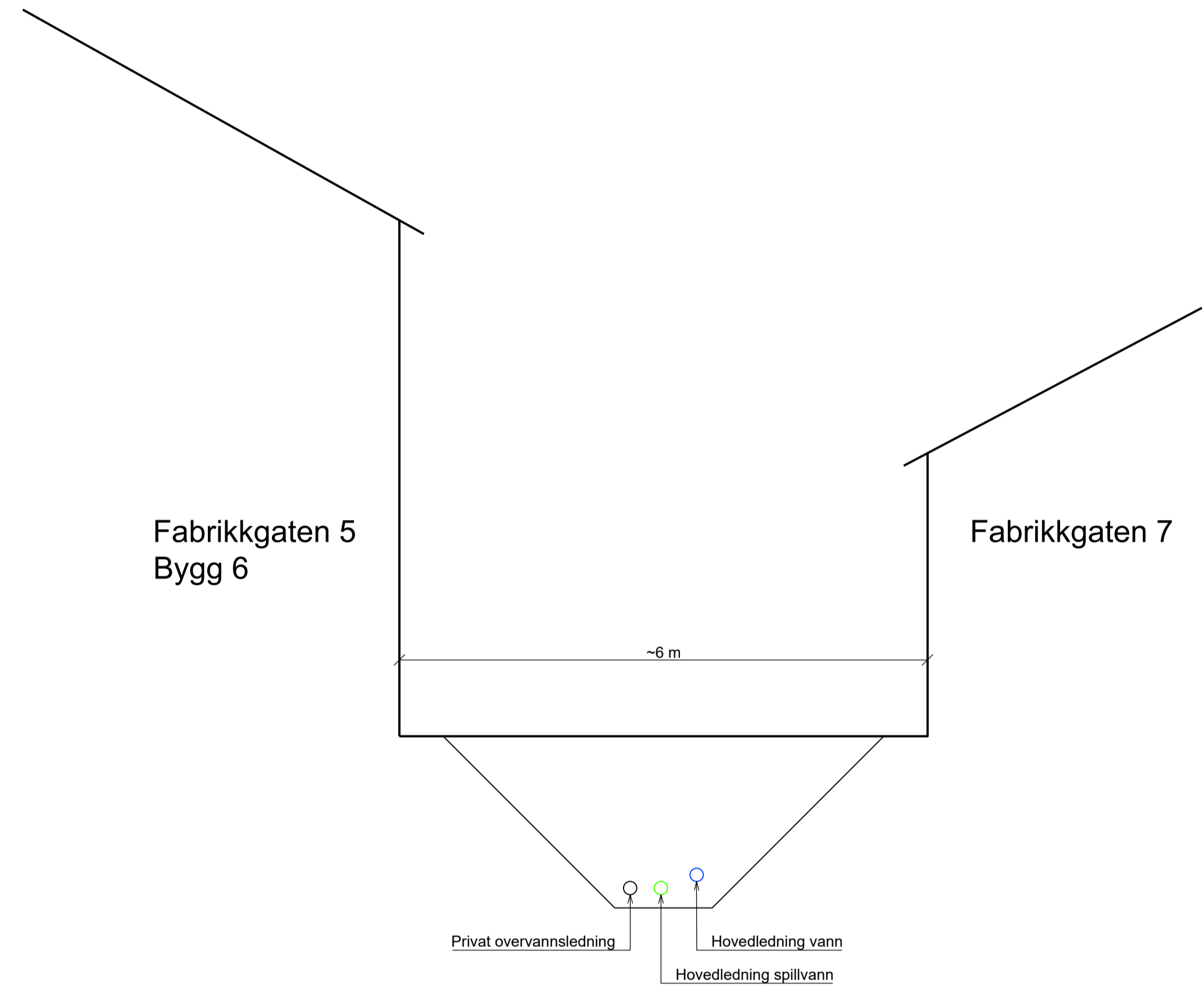
HENVISNING

— Nye hovedledninger for kommunal overtagelse

01	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver			Prosjektleder		
OBOS Nye Hjem			Anne Færestrand		
Prosjektnavn			Målestokk		
Fabrikkgaten 3-5			1:500		
Hovedledninger for kommunal overtagelse			Arkformat		
			A1		
			Koordinatsystem		
			UTM32/NN2000		
			Prosjektnr		
			10231760		
			Prosjektleder		
			Roger Kaspersen		
			Tegningsstatus		
			Generell		
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA		GH105	A	01	

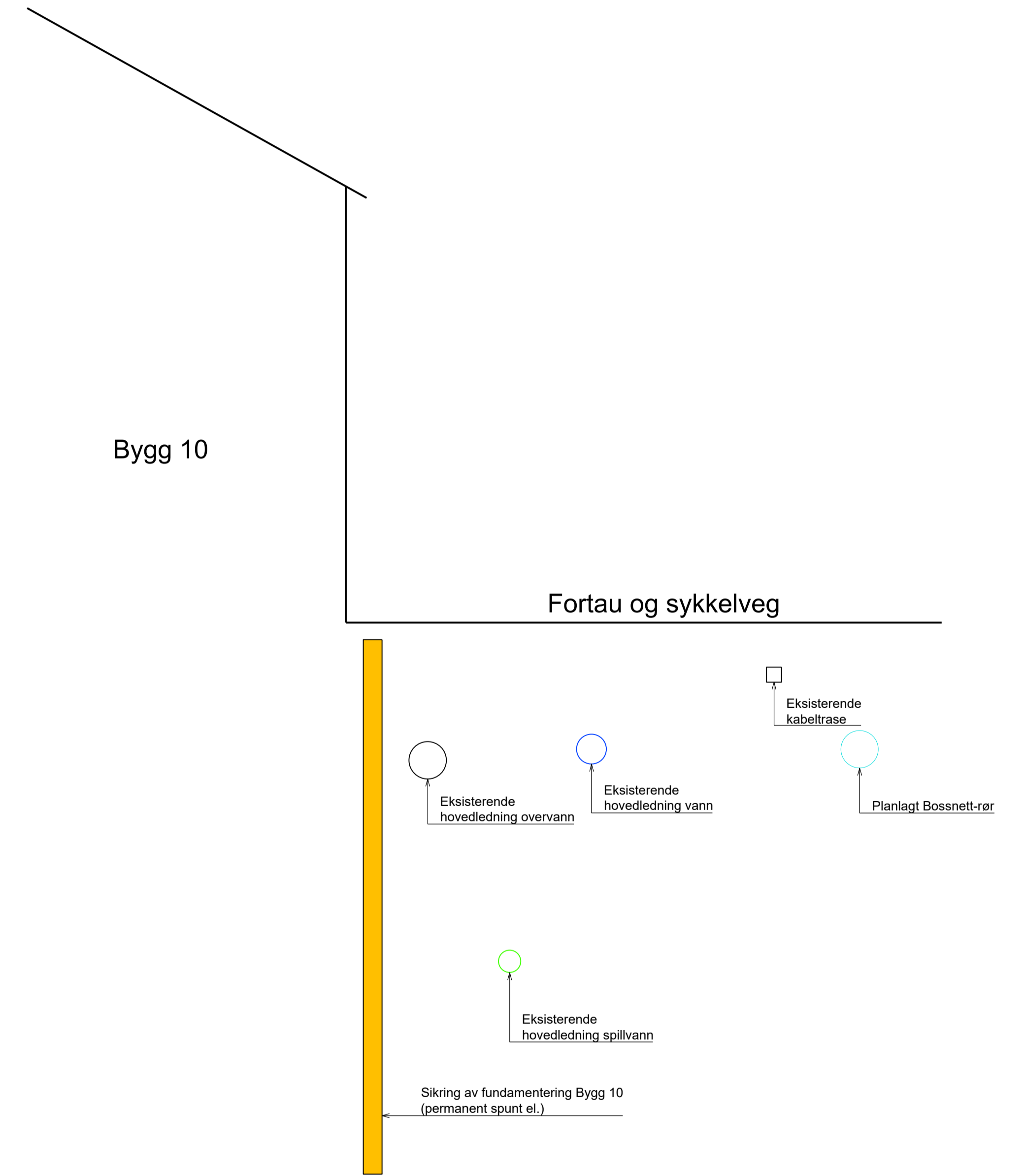
Snitt 1

Eksisterende bygg og planlagte ledninger



Snitt 2

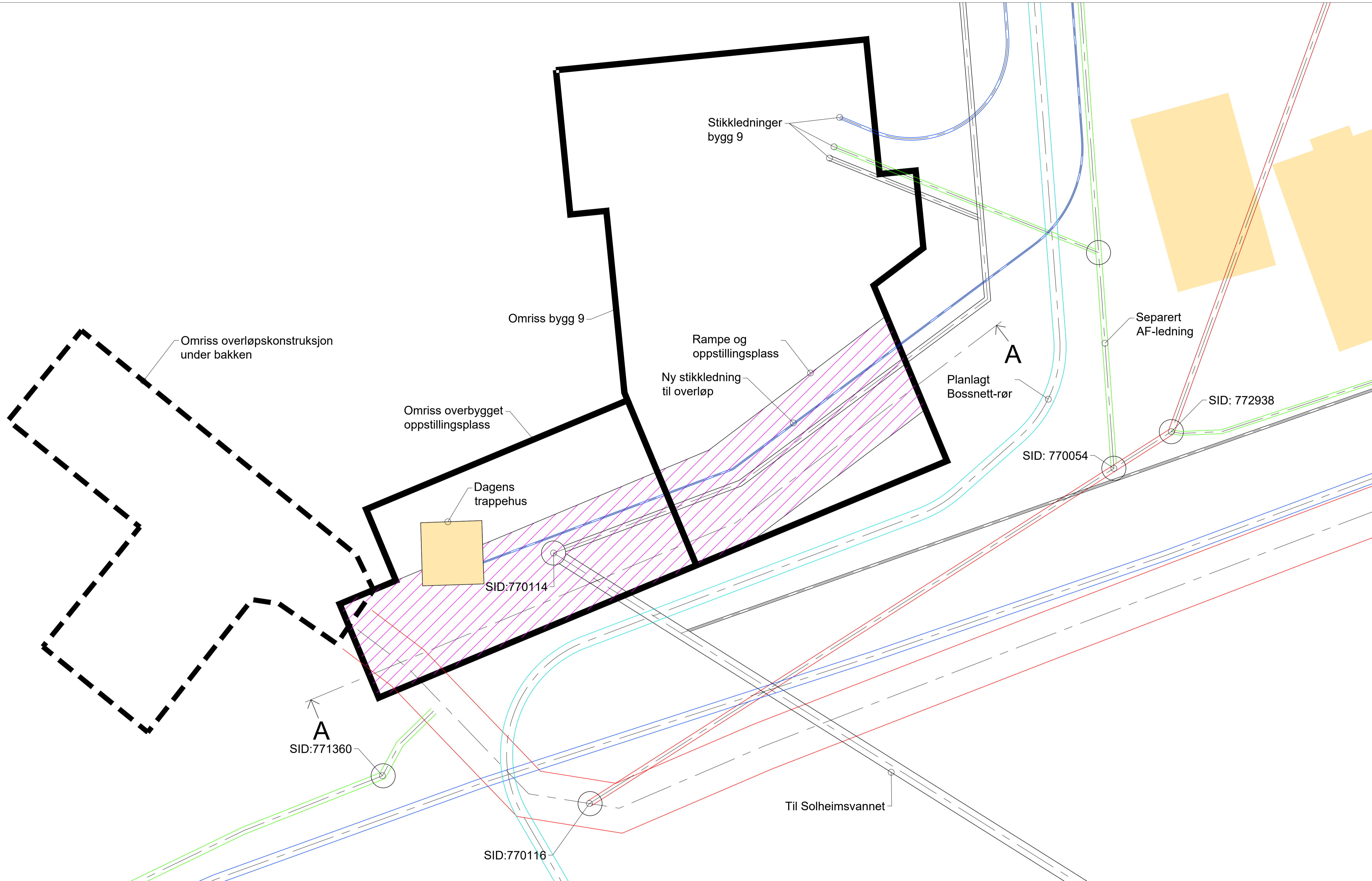
Planlagt bygg og eksisterende og planlagt infrastruktur



MERKNADER:

HENVISNING

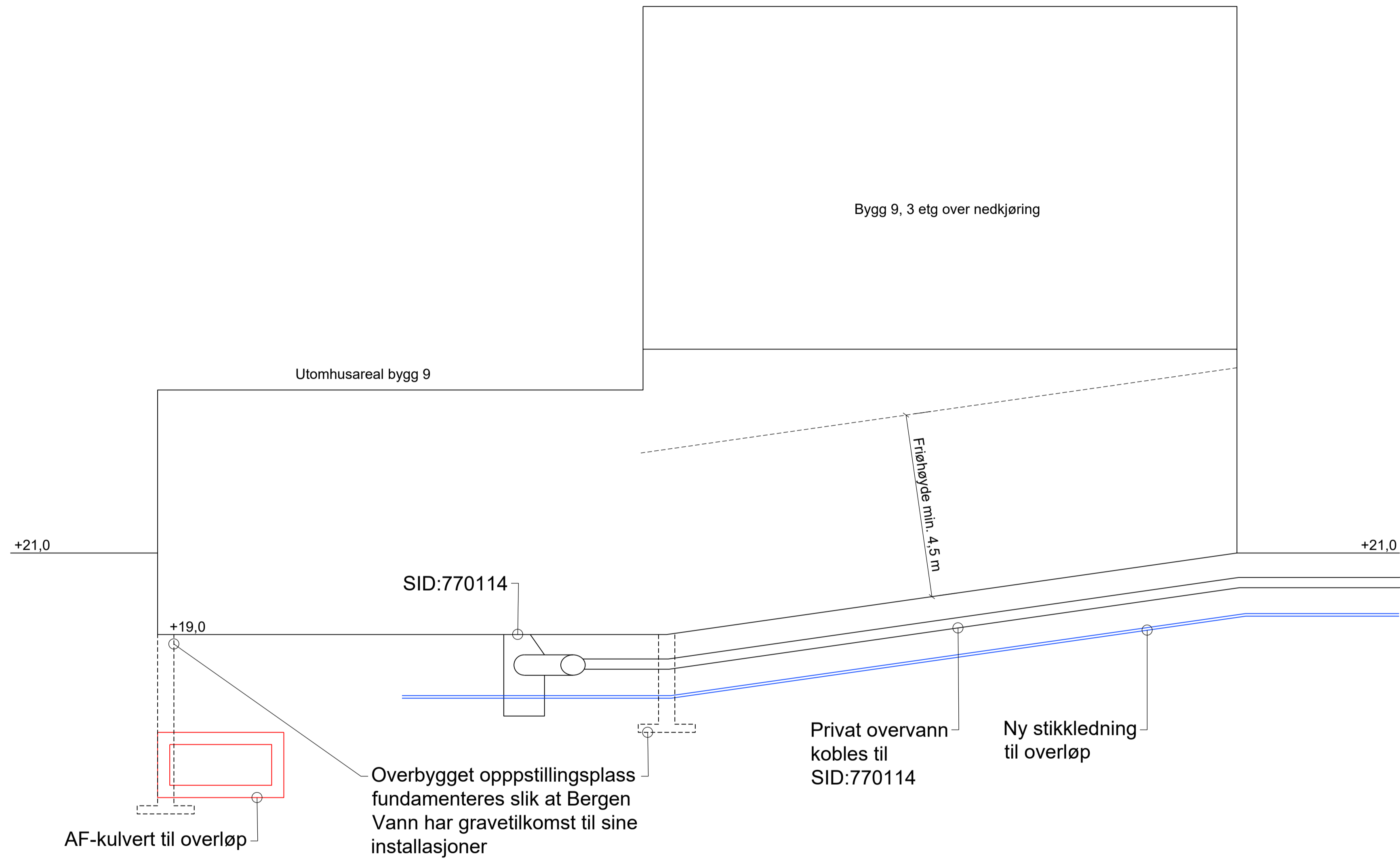
01	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikkgaten 3-5				1:20	
Detalj eksisterende og planlagt VA				Arkformat	
Kritiske snitt				A1	
				Koordinatsystem	
				UTM32/NN2000	
				Prosjektnr	
				10231760	
				Prosjektleder	
				Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus	
				Generell	
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA	GH106	A	01		



MERKNADER:

HENVISNING

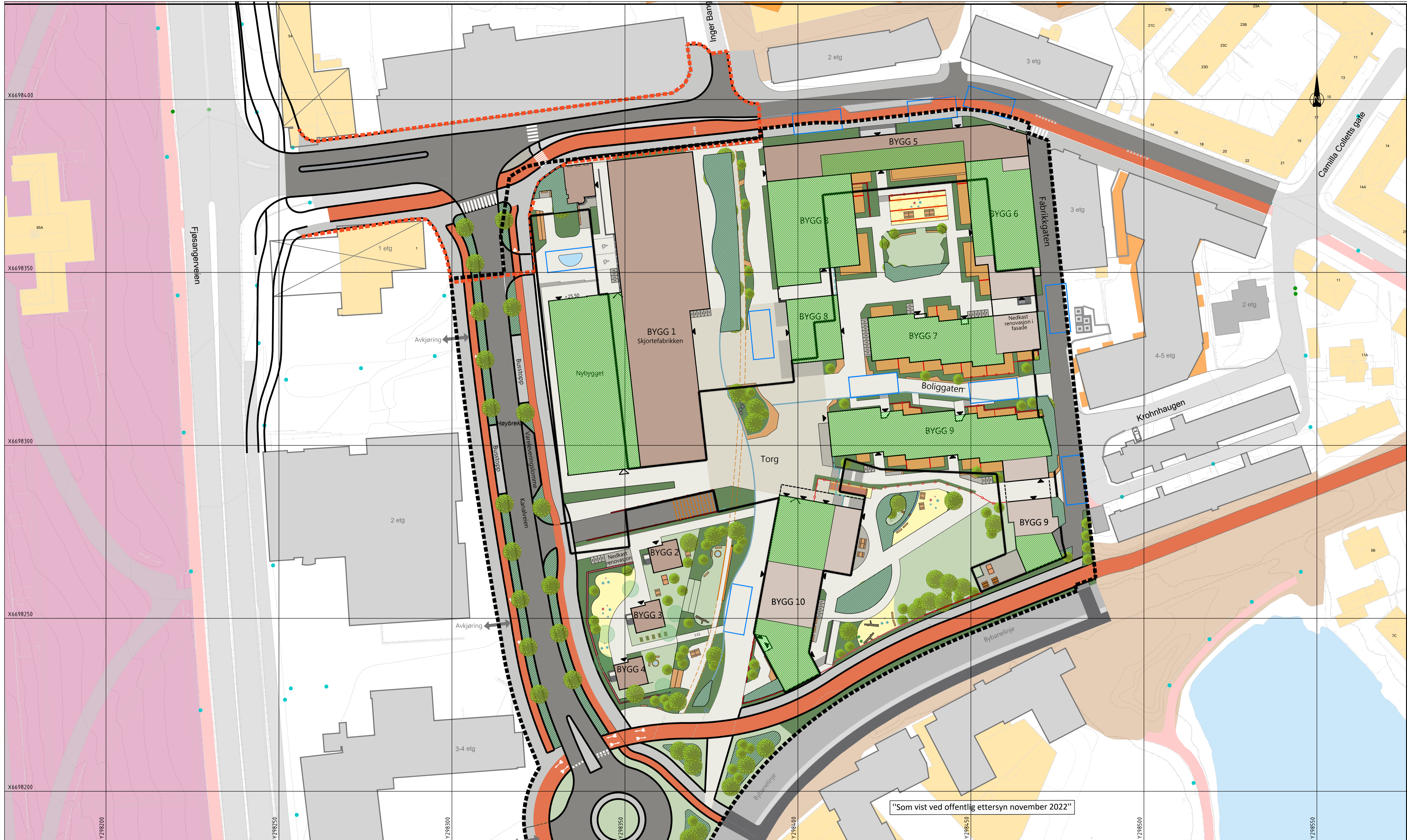
01	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikkgaten 3-5				1:75	
Detalj eksisterende og planlagt VA				Arkformat	
Plan infrastruktur ved overbygget nedkjøring til overløp				A1	
				Koordinatsystem	
				UTM32/NN2000	
				Prosjektnr	
				10231760	
				Prosjektleder	
				Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus	
				Generell	
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA	GH107	A	01		



MERKNADER:

HENVISNING

01	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver OBOS Nye Hjem				Prosjektleder Anne Færestrand	
Prosjektnavn Fabrikkgaten 3-5				Målestokk 1:75	
Detalj eksisterende og planlagt VA				Arkformat A1	
Ved overbygget nedkjøring til overløp				Koordinatsystem UTM32/NN2000	
Snitt A - A				Prosjektnr 10231760	
				Prosjektleder Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus Generell	
Fagdisiplin VA	Tegningsnummer GH108	Status A	Rev 01		



MERKNADER:

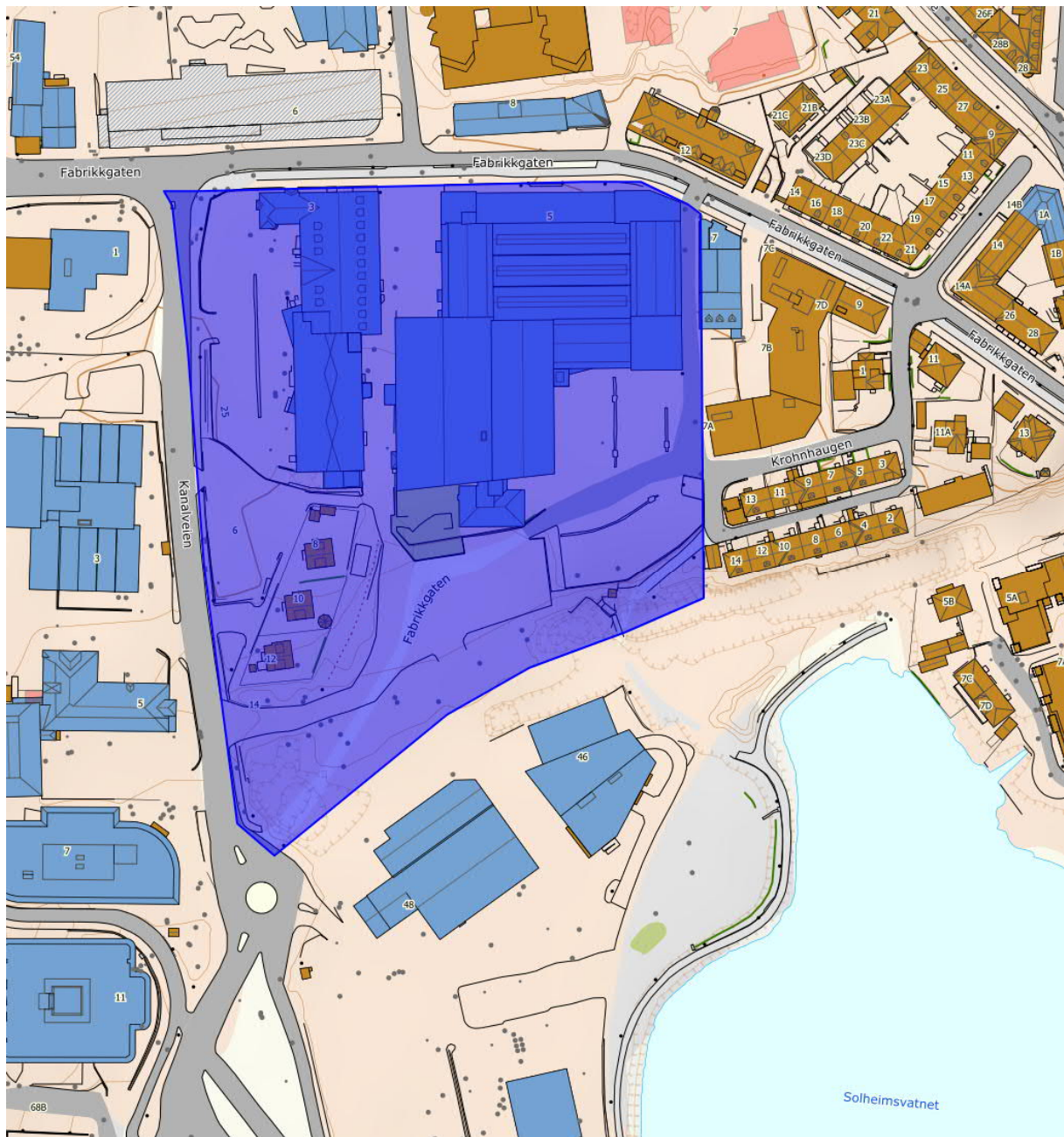
HENVISNING

- Mulig fordrøyning på tak, 4000 m²
- Infiltrasjon/fordrøyning på bakkeplan, 800 m²

01	Revidert VA-rammeplan/Infrastrukturplan	nodfro	nomhol	nodfro	26.01.24
Rev	Endring	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
Oppdragsgiver				Prosjektleder	
OBOS Nye Hjem				Anne Færestrand	
Prosjektnavn				Målestokk	
Fabrikksgaten 3-5				1:500	
Arealer avsatt til fordrøyning og infiltrasjon				Arkformat	
				A1	
				Koordinatsystem	
				UTM32/NN2000	
				Prosjektnr	
				10231760	
				Prosjektleder	
				Roger Kaspersen	
				Tegningsstatus	
				Generell	
Fagdisiplin	Tegningsnummer	Status	Rev		
VA		A	01		

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

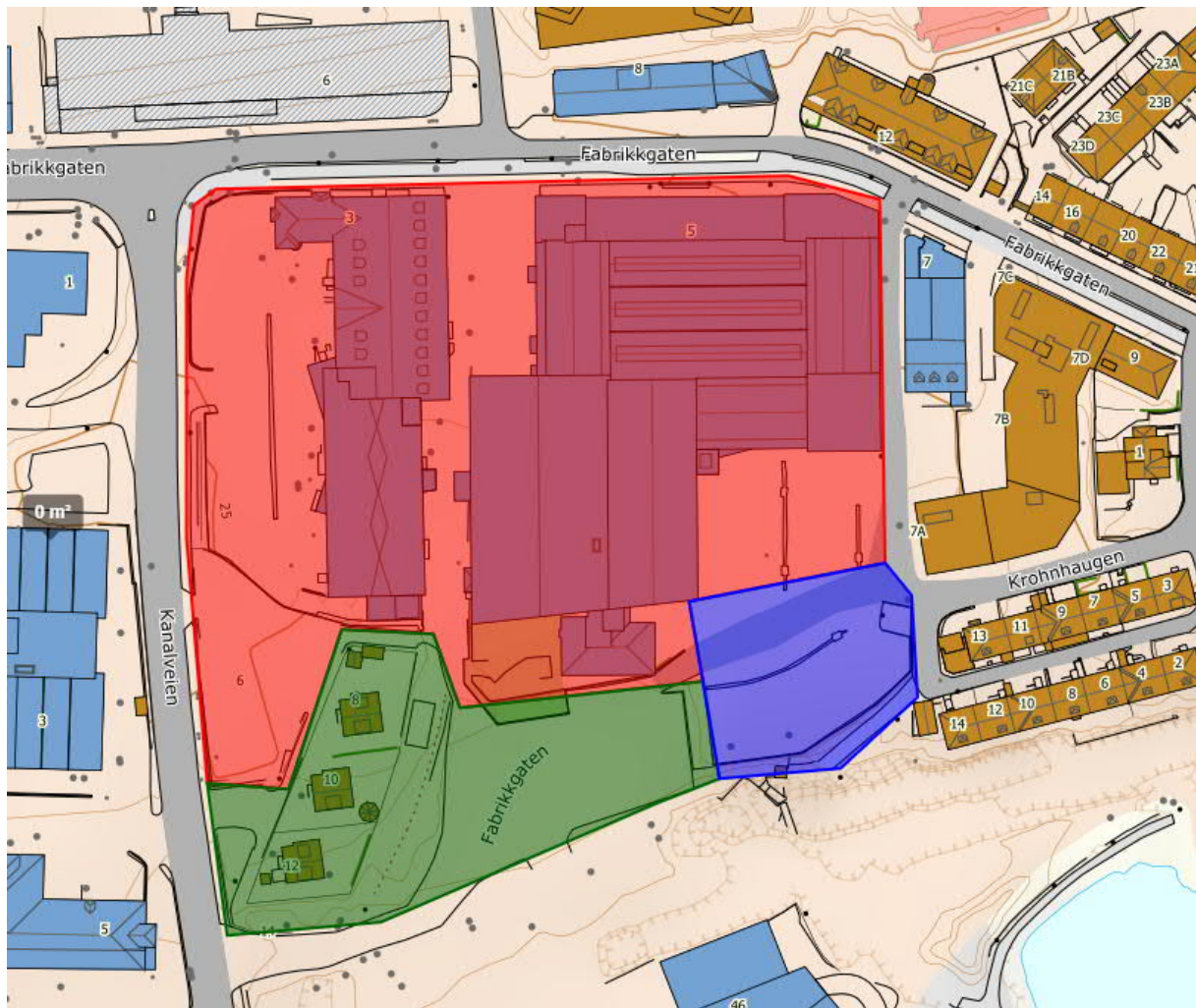
Nedbørsfelt, planområde



Figur 1: Nedbørsfelt planområde

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

Nedbørsfelt, delfelt før-situasjon







Figur 2: Nedbørsfelt delfelt, før-situasjon

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

Overflater etter-situasjon



Figur 3: Overflater etter-situasjon

	Harde tak
	Grønne tak
	Større sammenhengende park/grøntområder
	Mattak

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

Dimensjoneringsmetode/forutsetninger

Rasjonell formel lagges til grunn. $Q = C \times i \times A$

Avrenningskoeffisient jf. VA-norm for Bergen kommune:

Tette flater (tak, asfalterte plasser/veger o.l.)	0,85 - 0,95
Bykjerne	0,70 - 0,90
Rekkehus-/leilighetsområder	0,60 - 0,80
Eneboligområder	0,50 - 0,70
Grusveier/-plasser	0,50 - 0,80
Industriområder	0,50 - 0,90
Plen, park, eng, skog, dyrket mark	0,30 - 0,50
Fjellområde uten lyng og skog	0,50 - 0,80
Fjellområde med lyng og skog, steinet og sandholdig grunn	0,30 - 0,50

Figur 4: Avrenningskoeffisienter

Følgende avrenningskoeffisienter velges:

- Veg/byggeområde = 0,9
- Grøntområde/grønne tak med fordrøyning = 0,4

På grunn av korte avstander, og antatt hovedsakelig føring av vann i rør settes konsentrasjonstid til 10 minutter.

Det benyttes nedbørsdata for Bergen – Sandsli, stasjonsnummer 50480.

IVF-verdier for Bergen - Sandsli (SN50480), 37 moh.

Data fra 1984 - 2021, 24 ses. Oppdatert 31.12.2021.

Gjentaksintervall (år)	Varigheter (minutter)															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	252,3	202,7	176,6	147,4	113,2	91,6	79,0	63,4	49,2	41,1	33,3	28,9	23,2	16,4	10,7	7,3
5	325,9	260,5	229,9	191,9	145,0	115,2	99,9	80,4	62,3	52,0	41,6	37,0	30,1	20,3	13,4	8,9
10	378,5	302,8	269,7	225,1	166,3	130,3	113,4	92,2	71,5	59,9	47,9	42,7	34,7	22,9	15,3	10,1
20	434,4	346,0	312,5	259,8	187,5	145,5	126,4	104,1	81,1	68,6	54,6	48,3	39,2	25,3	17,2	11,3
25	453,0	360,9	327,2	271,3	193,8	150,3	130,3	108,1	84,1	71,4	56,9	50,3	40,6	26,1	17,9	11,7
50	514,3	408,1	373,2	311,1	214,4	165,3	143,0	120,8	94,4	80,8	64,5	56,3	45,1	28,4	19,8	13,0
100	577,3	459,7	422,5	356,5	235,3	180,4	156,0	133,3	104,7	91,3	72,9	62,5	49,6	30,6	21,9	14,4
200	645,9	517,3	479,1	405,4	256,1	195,8	168,7	146,0	116,3	102,8	81,8	69,2	54,4	32,9	24,0	15,8

Figur 5: Nedbørsdata Bergen – Sandsli

I alle beregninger legges det til en klimafaktor på 40 %.

Det benyttes gjentaksintervall tilsvarende åpent sentrumsområde, 20 år, jf. VA-norm for Bergen kommune.

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

Feltberegninger

Før-situasjon

Felt	Størrelse [ha]	Midlere avrenningsfaktor	Intensitet [l/s x ha]	Vannmengde [l/s]
Rødt	1,7	0,9	187,5	287
Grønt	0,4	0,9	187,5	68
Blått	0,2	0,9	187,5	34
Totalt	2,3	-	-	389

Tabell 2: Beregning avrenning

Etter-situasjon

I etter-situasjonen består tomten av:

- Bygg med tette
- Bygg med grønne tak og fordrøyning
- Større park- og grøntområder
- Øvrig utomhusområde med innslag av grønt/trær/regnbed/etc. Gjennomsnittlig avrenningsfaktor for disse områdene er satt til 0,6 da mesteparten av avrenning kan fordrøyes eller infiltreres via grøntområdene

Felt	Størrelse [ha]	Midlere avrenningsfaktor	Intensitet [l/s x ha]	Klimafaktor	Vannmengde [l/s]
Harde tak*	0,30	0,9	187,5	1,4	71
Grønne tak/mattak	0,53**	0,4	187,5	1,4	56
Større sammenhengende grønt/park områder	0,34	0,4	187,5	1,4	36
Øvrig utomhus	1,13	0,6	187,5	1,4	178
Totalt	2,3	-	-	-	341

*Bygg 1 har todelt tak. Hvorav 1.200 m² er flatt og kan benyttes til fordrøyning

**Deler av tak 1 skal benyttes til mattak, regnes som grønt tak i overvannsberegninger

Før-situasjon påslipp til offentlig nett

Rødt felt er koblet til offentlig nett med to tilkoblinger i Fabrikkgaten på hhv. Ø225 og Ø150, samt på overløpstunnel med Ø100. Det er ikke registrert noen tilkoblinger fra grønt felt, her går overvann enten til infiltrasjon i grøntareal, eller som diffus avrenning mot sør. Blått felt har avrenning mot sluk i lavpunkt ved adkomst til overløp.

Basert på dimensjoner og fall på tilknyttede ledninger, og størrelse på de ulike nedbørsfeltene er dagens påslipp estimert til å være følgende:

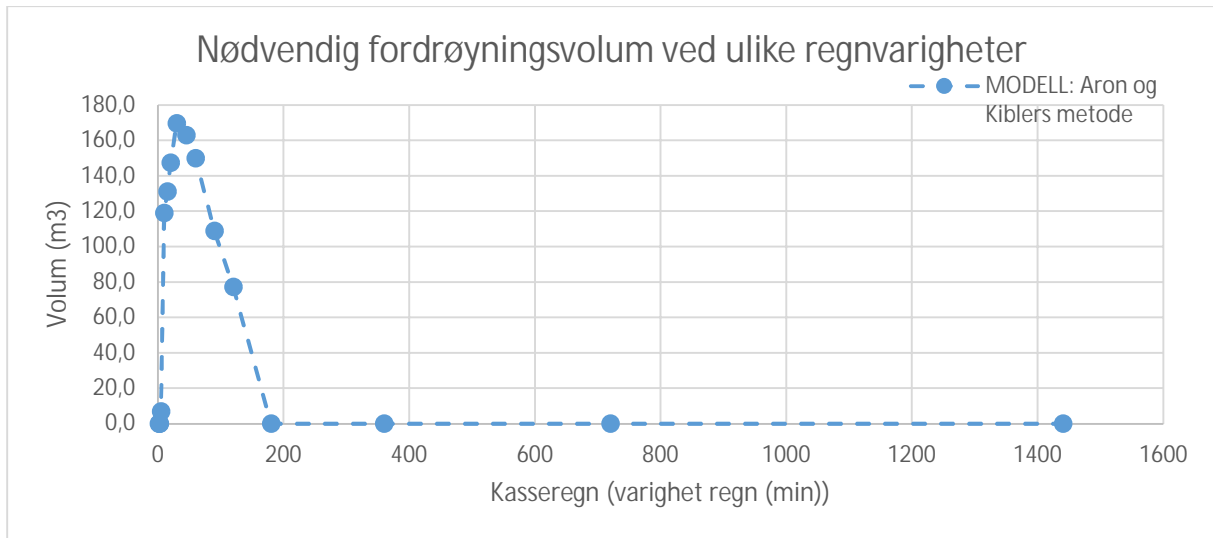
- 65 l/s til fellesledning i Fabrikkgaten
- 22 l/s til fellesledning i Fabrikkgaten
- 8 l/s til overløpstunnel
- 47 l/s til overvannsledning i adkomst overløp

Totalt påslipp til offentlig nett: 142 l/s.

VEDLEGG 10: Overvannsberegninger

Fordrøyningsbehov

Forutsatt tillatt påslipp til offentlig nett som angitt over, vil det totale fordrøyningsbehovet for tomten være 170 m³ sett under ett.



De grønne takene har et fordrøynings-potensial på om lag 400 m³. I tillegg kommer fordrøyningsvolum som kan oppnås på bakkeplan, om lag 80 m³. Disse volumene vil bli detaljert i senere faser av prosjektet. Areal som kan benyttes til fordrøyning og infiltrasjon er vist på tegning GH109.

Notat – Geologisk Vurdering Avløpstunnel

KUNDE / PROSJEKT OBOS Fabrikkgaten_3-5		PROSJEKTLEDER Felix Kluge	DATO 25.04.23
PROSJEKTNUMMER 10230969		OPPRETTET AV Felix Kluge	REV. DATO 30.01.24
UTARBEIDET AV NAVN Felix Kluge	SIGNATUR NOFELI	KONTROLLERT AV NAVN Roger S. Andersen	SIGNATUR NOROAN

DISTRIBUSJON: FIRMA NAVN

TIL:

KOPI TIL:

Geologisk Vurdering Avløpstunnel

Sammendrag

I sammenheng med utbygging av tomten Fabrikkgaten 3 – 5, planlegges det grunnarbeider nært og over to eksisterende tunneler (avløpstunnel og overløpstunnel) i eie av Bergen Vann. Foreliggende notat fremlegger foreløpige geologiske vurderinger for avløpstunnelen samt anbefalinger for tiltak og utredning før, underveis og etter grunnarbeidsfasen.

Innenfor anleggsområdet er avløpstunnelen ca. 200 m lang, ca. 5m høy og 5 m bred, med orientering ca. nordvest-sørøst og nord-sør henholdsvis i sør og nord. Tunnelen er drevet på midten av 90-tallet og har en anslått bergoverdekning ca. 10 -14 m; noe mindre mot påhuggsområdet. Risikoer for tunnelen angår stabilitet og vannlekkasje. Sprengnings- og piggearbeider kan føre til skader på tunnelen (nedfall av stein/blokk, lokal tunnelkollaps, rør/ledningsbrudd, økt innlekkasje gjennom sprekker) dersom det utføres for nært tunnelen eller dersom de ikke utføres spesielt skånsomt. Fundamentlaster over tunnelen kan også føre til brudd/lokal kollaps i tunnelen dersom de blir for store.

Rystelseskrav kan fastsettes basert på ny standard NS8141-1:2022. Anslått grenseverdi for sprenging basert på standarden er mellom 30 – 50 mm/s, men endelig grenseverdi må avklares i samråd med Bergen Vann mht. ev. egne bestemmelser eller mht. infrastrukturen i tunnelen.

Med tanke på risiko for skade på tunnelen, anbefales det en sikkerhetsavstand på 10 m rundt tunnelen, der det ikke bør utføres berguttak med mindre dette er avklart med en geolog på forhånd. En nisje som ligger vest på området, har en vesentlig større spennvidde enn øvrig tunnel. Dersom det blir behov for berguttak i dette området, vil det medføre et behov for å installere bergsikring fra innsiden av eller over tunnelen/nisjen, og berguttak med forsiktige metoder (hydraulisk sprenging/kiling og/eller vaiersaging).

Et foreløpig estimat av bergmassens bæreevne over tunnelen anslår maksimalt tillatt grunntrykk for fundamenter på 1,0 MPa, men bør helst være mindre enn 0,5 MPa; dersom grunntrykket er større enn ca 0,5 MPa vil det sannsynligvis medføre omfattende bergsikringsarbeider fra

1 (25)

Sweco
Fantoftvegen 14P
NO-5072 Bergen, Norge
Telefon +47 55 27 50 00

Sweco Norge AS
967032271
Hovedkontor: Oslo

Felix Kluge
MSc Ingeniørgeologi
Bygg og anlegg, Geo

Mobil +47 48219237
Felix.Kluge@sweco.no

www.sweco.no

KF \nobgofs001\oppdrag\32252\10231760_fabrikkgaten_3-5\000\06 dokumenter\11 rigeol\10231760-rigeol-n01-a03 geologisk vurdering avløpstunnel_.docx

innsiden av tunnelen og/eller fra dagen. Det bør vurderes tiltak for å begrense grunntrykk over tunnelen, i område ved utvidet tunnel/nisje, slik at omfang av bergsikringstiltak kan reduseres.

Med hensyn til en ev. økning av innlekkasje inn i tunnelen, kan det ikke utelukkes at dette skjer som en konsekvens av berguttak/sprenging over/ved tunnelen. Berguttak over tunnelen bør derfor generelt utføres skånsomt for å minimere sannsynligheten for å åpne eksisterende sprekker og danne nye riss/sprekker i bergmassen. For å kunne verifisere om innlekkasjen øker etter anleggsarbeidene eller hvor stor en ev. økning er, bør innlekkasjen måles /dokumenteres en stund før grunnarbeidene begynner (f.eks. ved terskelmålinger). Muligheter for terskelmålinger i tunnelen bør avklares med Bergen Vann. Det forventes at en ev. økning av innlekkasjen kan håndteres ved å installere sporadisk tunnelduk ved gjeldende lekkasjepunkt for å lede vannet ut i sidegrøftene.

Generelt vurderes den planlagte utbyggingen å være gjennomførbar, forutsatt at anbefalte tiltak iverksettes og begrensninger overholdes for å minimere risikoen. Det må påregnes bergsikringstiltak i forkant av byggearbeidene og oppfølging av geolog i byggefase. Det må også gjøres nødvendige vurderinger/beregninger av sikringstiltak under detaljprosjektering.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	4
2	Beskrivelse av Avløpstunnelen	4
2.1	Tunnel-overdekning og planlagte terrenginngrep	8
2.2	Befaring	11
2.3	Geologiske forhold.....	12
2.4	Bergsikring, vurdert stabilitet	14
2.5	Vannforhold i tunnelen og innvirkning fra bybanens anlegg	16
2.6	Pågående arbeider med utbedring.....	17
3	Generell vurdering av risikoen fra planlagt utbygging.....	17
3.1	Tunnelstabilitet	17
3.2	Økt innlekkasje i tunnel	21
4	Anbefalt gjennomføring	21
4.1	Sikkerhetsavstander	22
4.2	Rystelser.....	22
4.3	Supplerende bergsikring	23
4.4	Vannhåndtering	23
5	Anbefalt utredning	24
5.1	Tilstandsvurdering av tunnelen	24
5.2	Måling av vannlekkasjer	24
5.3	Geologisk oppfølging under prosjektering og i anleggsfasen	25
	Referanser.....	25

1 Innledning

OBOS planlegger utbygging av tomten i Fabrikkgaten 3 – 5, Årstad i Bergen. Sweco Norge AS er engasjert som rådgiver i planleggingsfasen og bistår med bl.a. med geologisk rådgiving.

Ved utbygging av tomten planlegges det grunnarbeider med bl.a. graving og sprenging/berguttak i dagen, nært og over to eksisterende tunneler som eies av Bergen kommune, Bergen Vann. Tunnelene omfatter en avløpstunnel som innehar rørtrasé for avløp og fjernvarme, og en overløpstunnel der overvann og avløp renner fritt på tunnelsålen. Tunnelene har felles tilkomst fra en nedsenket inntakskonstruksjon sørøst på tomten, ved bybanesporet vis-à-vis Kanalveien 46, se Figur 5.

Foreliggende notat omhandler en overordnet geologisk vurdering av eksisterende avløpstunnel, risikomomenter fra de planlagte tiltakene, samt mulige tiltak og anbefalinger for utretninger før anleggsstart. Tilsvarende momenter for overløpstunnelen sammenfattes i et eget notat (N02).

2 Beskrivelse av Avløpstunnelen

Avløpstunnelen (etablert 1996) er en råsprengt tunnel i fjell som forbinder Fabrikkgaten, Store Lungegårdsvann/Møllendal og Holen Renseanlegg. Anlegget driftes av Bergen Vann og er ikke tilgjengelig for allmennheten. Tunnelen har tilkomst fra en inntakskonstruksjon med inngang mellom fabrikkgaten og bybanesporet (Kronstad-Mindemyren) ved Solheimsvannet.

Tunnelen er belyst og inneholder diverse infrastruktur/rørføringer (Figur 1- Figur 4) [1]:

- a. Fjernvarme: Hovedfjernvarme inn til Bergen sentrum. Fjernvarmen ligger i tunnelen helt frem til Store Lungegårdsvann. Fra Kanalveien, ved Kanalveien 3 sitt nordlige hjørne, ligger fjernvarmen i borehull inne i en nisje i tunnelen (Figur 1).
- b. Avløpsrør frem til Holen Renseanlegg: Dette er hovedavløpsanlegg som kommer inn via kulverter. Avløpet er fra Gimle/Nymark, Mindemyren, Wergeland, Mannsverk, m.m. Det er følgelig betydelige avløpsmengder.
- c. Kabler (fiber og sannsynligvis strøm).

Rørføringer går langs venstre side av tunnelen (retning «Holen-Lungegårdsvann»). Stedvis er rørene over bakken, stedvis under bakken og delvis opphengt i veggen/vederlaget.

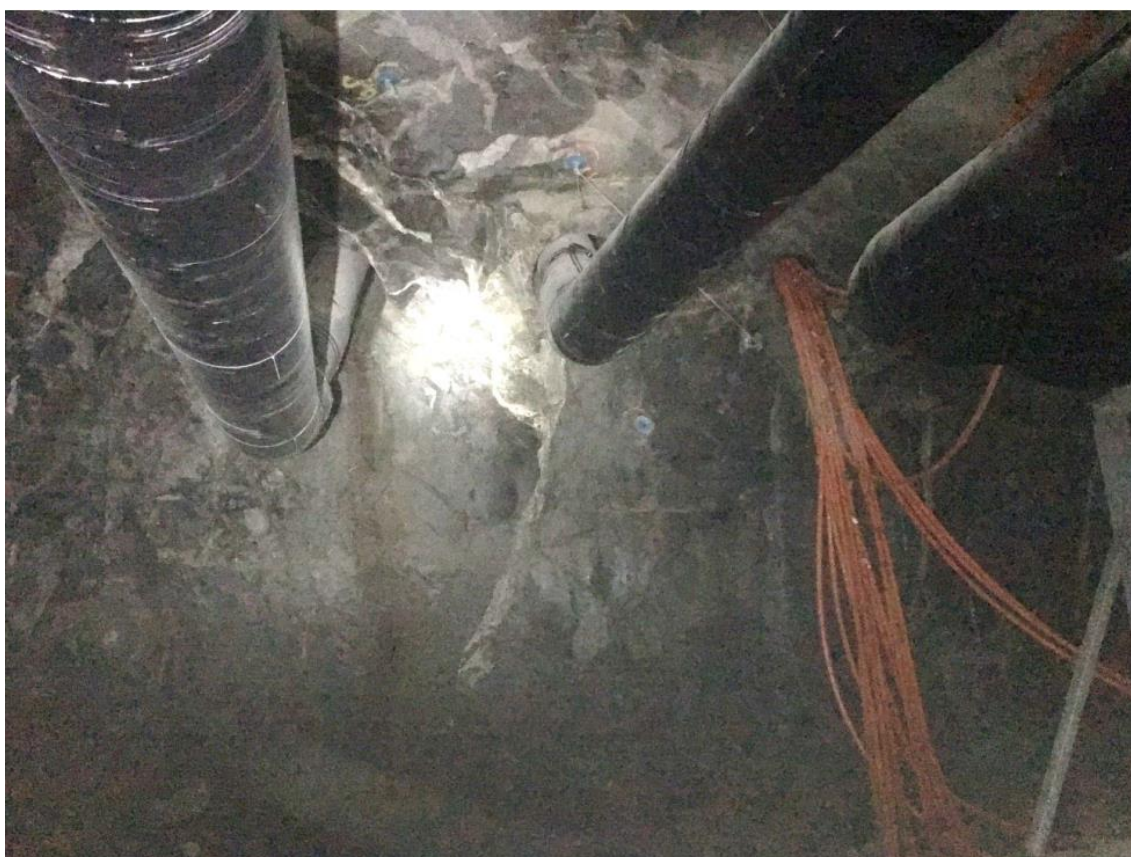
Tunnelprofilen som har buet heng, er ca. 5 m bredt og 5 m høyt ved midt heng. Påhugget, dvs. overgangen fra berg til betongkonstruksjonen/inntakskonstruksjonen ligger på ca. kote + 14 – 15 m (iht. NN2000). Fra påhugget skrår tunnelen bratt nedover til kote ca. +9,5 m og faller så slakt til ca. kote +8 m (midtheng) ved krysset til tverrgående tunnel «Holen-Lungegårdsvann» i nordvest. Fra inntakskonstruksjonen er det montert ståltrapper over råsprengt berg som fører ned til tunnelsålen på kote ca. + 5,5 m. Tunnelsålen ellers er planert med betongdekke.

Betongkonstruksjonen/inntakskonstruksjonen avtrappes i to seksjoner mellom inngangen i øst og tunnelpåhugget i vest med henholdsvis indre takhøyde på 2 m og 3 m. Innside tak i østlig seksjon ligger på ca. kote +19.1m og i vest på ca. +17.3m.

Fra påhugget er det ca. 120 m lengde (Tunnel S) til en nisje som ligger under sydlig ende av parkeringsplassen ved Fabrikkgaten 3 og Kanalveien. Nisjen har et maksimalt spenn på ca. 11,2 m fra vegg til vegg. Midt heng ligger på ca. kote +9,5 m. Rør for fjernvarme kommer inn gjennom borehull i nisjen og forløper derfra nordover i retning fabrikkgaten.

Fra nisjen fortsetter tunnelen ca. 100 m på langs med Kanalveien til den påtreffer tunnelkrysset mot tverrgående tunnel «Holen-Lungegårdsvann», som ligger under Fabrikkgaten 6. Ved krysningspunktet er maksimal tunnelspennvidde ca. 17 m og midtheng ligger på ca. kote + 8 m.

Fra krysningspunktet går tverrgående tunnel vestover mot Fjøsangerveien/Holen Renseanlegg og østover, på langs med fabrikkgaten og tomten som skal utbygges. Etter ca. 100 m bøyer østgående tunnel av mot nord (ved fabrikkgaten 8) retning Store Lungegårdsvann/Møllendal.



Figur 1 Fjernvarmerør som kommer inn ved nisjen i Kanalveien [1].



Figur 2 Fjernvarme (øverst) og vannledninger (langs såle) i nisjen.



Figur 3 Oppheng fjernvarme nord for nisjen og vannledninger/avløpsledninger langs sålen



Figur 4 Vannledninger/avløpsledninger langs sålen i tunnelen mellom trapp og nisje (Tunnel S)

2.1 Tunnel-overdekning og planlagte terrenginngrep

Tunnelprofilen for avløpstunnelen er laserscannet. Terrengoverflaten er modellert basert på laserdata fra hoydedata.no. Avstand fra tunnelens midtheng til terrengoverflaten er for det meste rundt 15 m. Mellom 10 – 70 m fra tunnelpåhugget er den totale overdekningen noe mindre, ca. 10 – 12 m (Figur 7). Dette er terrengoverflaten og ikke nødvendigvis bergoverflaten.

En teoretisk bergoverflatemodell er derfor konstruert ved hjelp av en terrengmodell fra hoydedata, 52 stk. fjellkontrollboringer, observasjoner av bergblotninger dagen (Figur 5 og Figur 6) og bergblotninger observert på anlegget til bybanen. Over tunnelen ligger bergmodellen for det meste mellom +20 til +23 m. Bergoverdekningen over midtheng av tunnelen fremstår derav

å være anslagsvis mellom 12 – 14 m. Lengst i sørøst mot inntakskonstruksjonen avtar bergoverdekningen til ca. 7 m (ved bunnen av trappen) der bergmodellen ligger mellom +17 – +20. Ved påhugget/overgang til betong er bergoverdekningen ukjent, men den antas å være < 4 m (Figur 7).

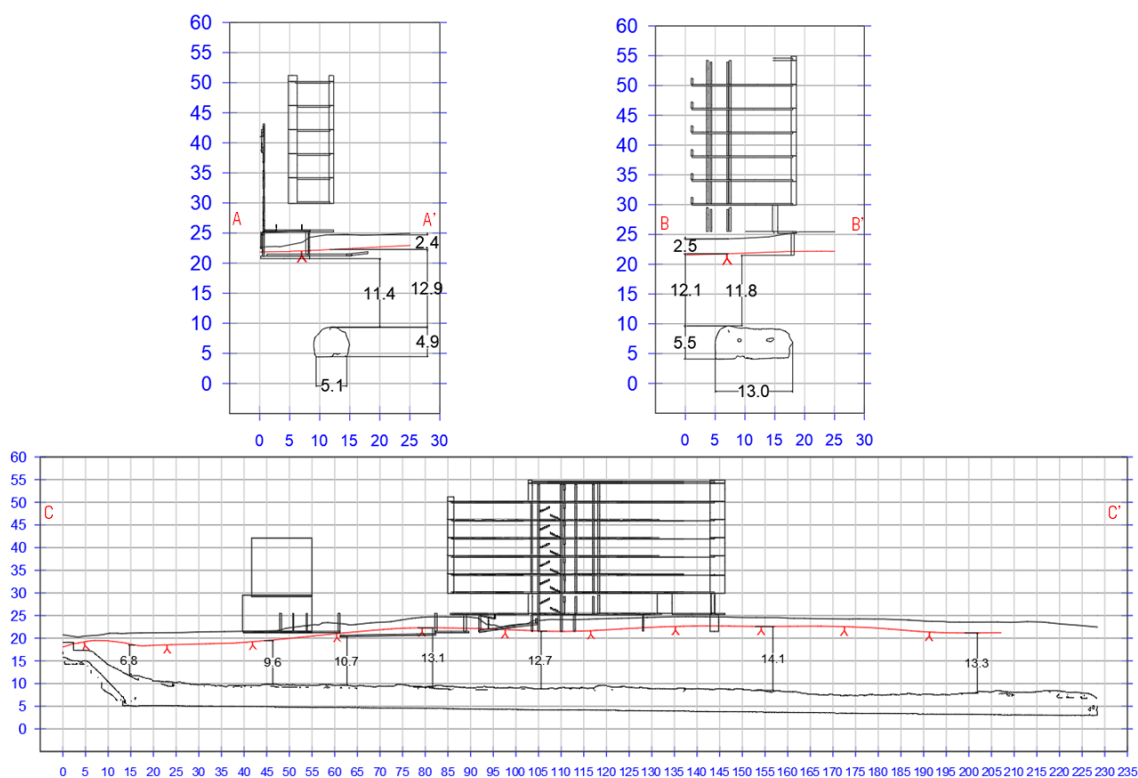
Foreløpige tegninger viser at tre bygninger kan komme til å ligge direkte over tunnelen. Bunnkoter på planlagt utbygging er på nåværende tidspunkt ikke fastsatt. Foreløpige tegninger angir laveste bunnkote på ca. +20. Fra dette forventes det at det blir for det meste graving og noe begrenset berguttak/sprenging/flåsprenging (dybde berguttak 1 – 3 m) ved og over tunnelen.



Figur 5 Utklipp fra flyfoto/modell med oversikt over plassering av avløpstunnel, overløpstunnel og inntakskonstruksjonen. Grunnundersøkelsespunkt (røde punkt) og punkt med observert berg i dagen (rosa punkt) er vist for å tydelig gjøre datagrunnlaget for modellering av teoretisk/anslått bergoverflate over tunnelen.



Figur 6 Kart som viser plassering av tunnelen relativt til planlagt utbygging (foreløpige tegninger pr. 30.03.23), eksisterende bygg (lys gule felt) og diverse infrastruktur i bakken. Fjellkontrollboringer er vist med angitt kote for tolket berg. Plassering av tre profilsnitt A-A', B-B', C-C' er vist. Profilsnitt er vist i Figur 7. Pel-nummer langs avløpstunnelen er kun relativt til profilet (vist i Figur 7) og er ikke offisielle pel-nummer i tunnelen.



Figur 7 Profilsnitt som viser tunneldimensjoner, terrengnivå og anslått bergoverdekning samt planlagte byggverk (foreløpige tegninger pr. 30.03.23). Pel-nummer er relativt til profil-lengden (ikke offisielle pel-nummer).

2.2 Befaring

Avløpstunnelen ble befart 20.03.23 av ingeniørgeolog Felix Kluge fra Sweco. Til stede på befaringen var også geologene Roger Andersen og Åse Hestnes fra Sweco, samt Finn-Erik Moberg og Helge Moberg fra Wimo Fjellsikring AS.

Befaringen var begrenset til de første ca. 140 m fra tunnelpåhugget. På befaringen ble det tatt sprekkemålinger og estimat av Q-verdier for bergmasseklassifisering. I tillegg ble tunnelen visuelt inspisert for eksisterende bergsikringsmidler. Alle observasjoner ble gjort fra sålenivå. Det ble ikke utført bomkontroll (heftkontroll) eller en detaljert kartlegging av riss og sprekker i sprøytebetong eller løse blokker i konturen.

På tidspunkt for befaringen var nedre tunnelduk ca. 5 – 15 m fra påhugget demontert i hengen over trappen, slik at eksisterende bergsikring og noen større vannlekkasjer var synlige.

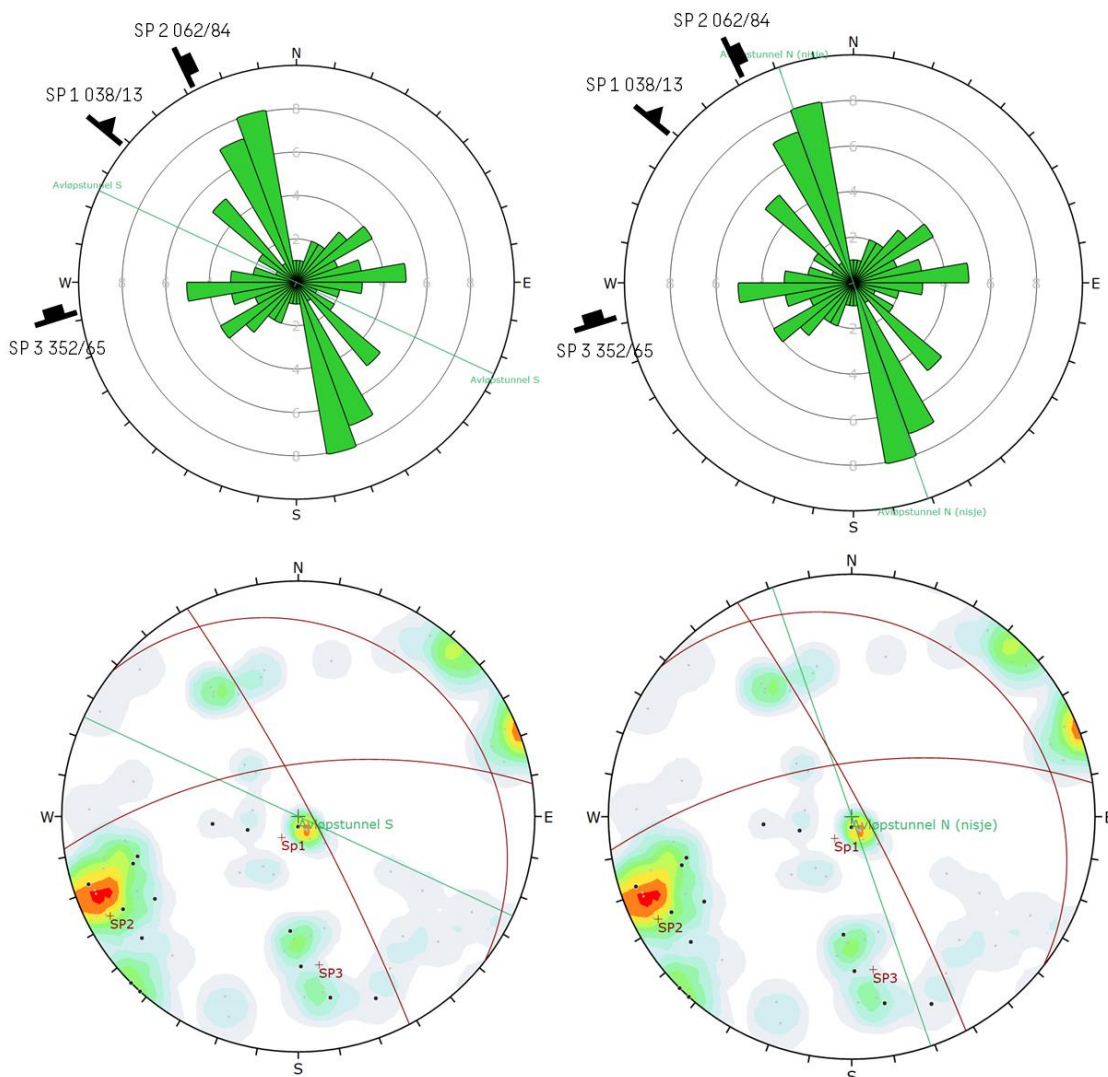
2.3 Geologiske forhold

Norges geologiske undersøkelse (NGU's) berggrunnskart (1:50 000) beskriver berggrunnen i området som «Øyegneis til flasergneis, for det meste granittisk, rød, biotittrik». Dette stemmer med bergartsobservasjoner i tunnelen. Det bemerkes at bergarten i tunnelen er heller mørk grå enn rød, som antyder at den er biotittrik.

Bergmassen sprekker opp langs tre hovedsprekkeretninger. Sprekkesettene observerte egenskaper er kort oppsummert i Tabell 1 og Figur 8.

Tabell 1 Beskrivelse av observerte sprekkesett i tunnelen. Definisjon beskrivende termer iht. [2](oversatt)

Sprekkesett	Orientering [°, fallretning/fall]	Sprekke- avstand	Sprekke- utholdenhet	Sprekke- ruhet	Sprekke- fyll/belegg	Bemerkning
Sp1 (foliasjon)	038/13	Moderat	Stor – veldig stor	Bølget, ru	Ingen observert	Ikke like godt utviklet alle steder
Sp2	062/84	Moderat - Stor	Moderat- stor	Plan – bølget, ru	Rustutfelling, Zeolitt og leire	Generelt godt utviklet
Sp3	352/65	Liten – Moderat	Liten	Bølget, glatt	Rustutfelling	Ikke like godt utviklet alle steder



1

Figur 8 Grafisk fremstilling (sprekkerose øverst, polplott nederst) av sprekeorienteringer målt i tunnelen. Høyre viser data relativt til tunnelaksen i sør (nærmest trappen) og venstre viser data relativt til tunnelaksen i nord (fra nisjen og nordover).

På befaring er det gjort en grov vurdering av bergmassens kvalitet i tunnelen. Bergmassens oppsprekingsgrad relativt til antall sprekesett (Jn), sprekenes ruhet (Jr), sprekefyll (Ja), samt vann lekkasjer (Jw) og spenningsforhold (SRF) er vurdert iht. Q-systemet (Tabell 2). Det er angitt intervaller for Q-parametere lav – høy for å dekke variasjonen innenfor tunnelseksjonene «påhugg», «Tunnel S» og «Nisje». Basert på beregnede Q-verdier er bergmassekvaliteten klassifisert deskriptivt fra «ekstremt dårlig» til «god» jf. Figur 9.

Ved påhugget er bergmasse kvaliteten klassifisert som ekstremt dårlig – svært dårlig (hhv. klasse F og E). Dette skyldes at bergmassen er observert som sterkt oppsprukket (RQD = 30 –

50), at det forkommer forvitring (mineralutfelling), at spenningsforholdene er antatt dårlig (spennvidden er større eller lik overdekningen), og at ved påhugg angir Q- metoden at Jn parameteren doubles.

I tunnelen fra påhugget til nisjen fremstår bergmassen som dårlig til middels (hhv. klasse D og C). Dårlige parti skyldes i hovedsak at bergmassen stedvis er sterkt oppsprukket og at det observeres sprekkefyll av leire og/eller myke mineraler (antatt zeolitt).

I nisjen fremstår bergmassen som dårlig til god (hhv. klasse D og B). Lave Q-verdier/dårlig bergmasse resulterer av at spennvidden er antatt lik eller større enn overdekningen og at det observeres sprekkefyll av leire og/eller zeolitt mineralisering. Derimot fremstår bergmassen for det meste mindre oppsprukket i nisjen. Stedvis kunne heller ikke alle sprekkesettene observeres, noe som resulterer i middels bergmassekvalitet. Spennvidden av nisjen er bare i et veldig kort strekk større en overdekningen.

Tabell 2 Viser estimerte Q-verdier (bergkvalitet) i forskjellige deler av tunnelen. Bergkvaliteten er angitt i intervaller lav – høy som angir observerte og vurderte variasjoner av bergmassens kvalitet i de forskjellige seksjonene av tunnelen.

Parameter	Påhugg				Tunnel S				Nisje			
	Lav		Høy		Lav		Høy		Lav		Høy	
	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi
RQD, oppsprekking	Dårlig	30	Middels	50	Middels	60	Utmerket	90	God	80	Utmerket	100
Jn, antall sprekkesett	Tre + sporadisk ved påhugg (*2)	24	Tre + sporadisk ved påhugg (*2)	24	Tre + sporadisk	12	Tre sprekkesett	9	Tre sprekkesett	9	To sprekkesett	4
Jr, ruhet	Plan, ru	1,5	Bølget, ru	3	Bølget, ru	3	Bølget, ru	3	Bølget, ru	3	Bølget, ru	3
Ja, sprekkefyll	Mineralbelegg	2	Mineralbelegg	2	Litt leire	3	Mineralbelegg	2	Litt leire	3	Mineralbelegg	2
Jw, sprekkevann		0,5		0,66		1		1		1		1
SRF, spenningsfaktor		5		5		2,5		2,5		5		2,5
Bergmassekvalitet, Q-verdi, klasse	Ekstremt dårlig, F	0,09	Svært dårlig, E	0,4	Dårlig, D	2	Middels, C	4	Dårlig, D	1,8	God, B	15

$$\text{Bergmassekvalitet } Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

2.4 Bergsikring, vurdert stabilitet

I dagens tilstand er tunnelen sikret med spredt/sporadiske bolter, sporadiske fjellbånd, sporadiske nett og sporadisk stålfiberarmert sprøytebetong (dvs. i korte ca. 20-30 m lange tunnelavsnitt). Sweco har ikke noe dokumentasjon tilgjengelig som beskriver den eksisterende sikringen av tunnelen. Boltelengder og type (innstøpt eller endeforankret) etc. på de eldre boltene er derfor ukjent. Sprøytebetongenes kvalitet er ikke vurdert i detalj, men fremviser

visuelt tilsynelatende varierende kvalitet; stedvis fremstår betongen som svært tynn, men stedvis også som tykk og av god kvalitet (ingen riss/sprekker, mineralisering eller avskalling).

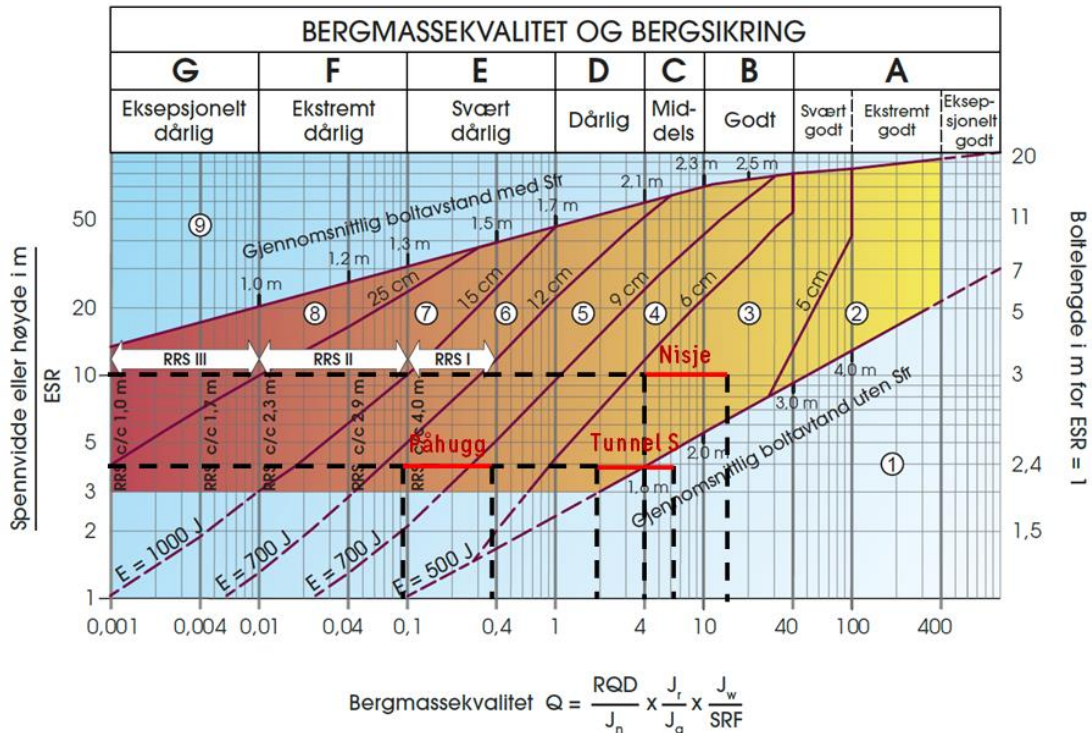
I henhold til registrerte Q-verdier (Tabell 2) er tunnelen generelt noe undersikret i forhold til sikringsomfang anbefalt i dagens utgave av Q-systemet (Figur 9), dvs.:

- Påhuggsområdet burde være sikret systematisk med bolter cc 1,3 – 1,5 m, ca. 10 cm tykk fiberarmert sprøytebetong og ev. enkelt armerte sprøytebetong buer. Derimot estimeres bolteavstanden i påhuggsområdet å være gjennomsnittlig større enn anbefalt iht. Q-systemet, sprøytebetongtykkelsen er uvisst, og det er ikke installert noen buer ved påhugget.
- Tunnelen mellom påhugget og nisjen (tunnel S) burde være sikret systematisk med fiberarmert sprøytebetong og en gjennomsnittlig bolteavstand ca. cc 2 m. I områder uten sprøytebetong burde gjennomsnittlig bolteavstand være ca. cc 1,5 m. Derimot er sprøytebetongen kun utført sporadisk i noen seksjoner, og bolter er installert kun sporadisk med estimert større avstand enn anbefalt iht. Q-systemet.
- Nisjen burde være sikret systematisk med sprøytebetong og bolter med gjennomsnittlig cc-avstand 2.1 m – 2.4 m. Nisjen er i stor grad sikret uten sprøytebetong. Den gjennomsnittlige bolteavstanden er imidlertid anslått å være noe større enn anbefalt iht. Q-systemet.

Selv om sikringsmetoden etter Q-systemet er standard praksis for tunneldriving i Norge i dag, kreves det ikke nødvendigvis at en gammel tunnel av denne typen må følge det gjeldende Q-systemet.

Fra foreløpig visuell inspeksjon fremstår bergmassen, overdekningen og sikringsomfanget av hovedtunnelen ikke å være spesielt mye dårligere enn for mange lignende tunneler i Bergensområdet. Det er heller ikke kjent at det har forekommet noen nedfall av stein/blokk i tunnelen (innen de første ca. 100 m fra trappen), men det kan se ut til at det stedvis henger noen mindre løse/ustabile blokker i konturen. Fra disse hensyn vurderes totalstabiliteten i tunnelen og nisjen som tilstrekkelig god (dvs. i forhold til muligheten for større utrasinger/tunnelkollaps), mens detaljstabilitet (mht. mindre utrasinger/blokknedfall) fremviser noen mangler.

Stabiliteten i/ved påhuggsområdet anses derimot som mer usikkert enn tunnelen for øvrig; da bergmassen ved påhugget fremstår som spesielt oppsprukket, overdekningen er mindre enn spennvidden og vanninntrengingen er vesentlig.



Figur 9 Vurdering av sikringsomfang iht. Q-metoden [3].

2.5 Vannforhold i tunnelen og innvirkning fra bybanens anlegg

Grunnvannstand ved inntakskonstruksjonen antas å ligge om lag på nivå med Solheimsvannets normal vannstand +17,2 m. Ved hundreårs flom antas den å stige til kote ca. +18 m (angitt i tidligere møter med Bergen Vann). Grunnvannstanden står dermed litt over påhugget ved inntakskonstruksjonen. Hele tunnelen antas å ligge under grunnvannsnivå hele veien.

Under anleggsarbeidene for Bybanene BT4 2019 - 2021 ble grunnvannstanden senket. Etter tilbakeføring av grunnvannet har Bergen Vann meldt om en økning av innlekkasjen ved påhugget sammenlignet med tilstanden før anleggsarbeidene. Grunnen for denne økningen er ikke fastslått. Rystelser fra sprengningsarbeider har vært diskutert som en mulig årsak. Hovedmengden av vannlekkasjen er observert å komme fra et trekkerør som kommer ut av sålen til betongkonstruksjonen, samt fra sprekker i berget innen ca. 10 m fra påhugget. Det er forsøkt å måle mengden innlekkasje i området rundt trappen ved å demme opp vannet vha. sandsekker i bunnen av trappen. Samlet innlekkasje ble målt til ca. 6 l/s, og lekkasjen fra rør til 4 l/s. Målingene anses imidlertid som unøyaktige.

I tunnelen ellers forekommer det stedvis punktlekkasjer med drypp/sig av grunnvann. Samlet innlekkasje eller fastsatte innlekkasje krav for tunnelen er ukjent for Sweco.

2.6 Pågående arbeider med utbedring

Det foregår for tiden arbeider med rensk og sikring i tunnelen i regi av Bergen Vann, med Sweco som prosjekterende på geologi og Wimo Fjellsikring AS som utførende. Arbeidet har som hensikt å forhindre nedfall som kan skade personell (personopphold i tunnelen er anslått å være sjeldent, anslagsvis få ganger pr. år) eller skade/ødelegge etablerte installasjoner (fjernvarmerør og avløpsrør). Foreløpig konsentrerer arbeidene seg hovedsakelig om tunnelavsnittene i retning Møllendal og Holen Renseanlegg. Det er foreløpig ikke planlagt utbedring av tunnelavsnittet mellom påhugget og tunnelkrysset i nordøst, med unntak av avsnittet mellom påhugget og bunnen av trappen.

Det pågår også arbeider med utbedring av vannsikringen ved trappen, nært påhugget ved inntakskonstruksjonen. I denne sammenhengen blir den gamle (mindre) vannsikringsduken demontert og erstattet med en større duk som fører vannet ned i siden på tunnelen. Etter at duken er demontert helt, blir tunnelkonturen bak duken inspisert av Swecos geologer, og basert på funn kan det hende at bergsikringen ved trappen blir oppgradert med hovedsakelig noen supplerende bolter før vannsikringen blir ferdigstilt. Sikringsarbeider i denne sammenheng hensyntar kun bestandighet av tunnelen ved normal drift. Det er foreløpig ikke planlagt å hensynta planlagte arbeider med utbygging i området for denne oppgraderingen. Dersom planlagte arbeider skal hensyntas spesielt, må dette avtales med Bergen Vann.

3 Generell vurdering av risikoen fra planlagt utbygging

Risikoen som påføres avløpstunnelen fra planlagte anleggsarbeider deles inn i det som angår tunnelens stabilitet/nedfall og en økning av innlekkasje i tunnelen, som også kan påvirke grunnvannsstand/grunnvannstrømmen i området.

3.1 Tunnelstabilitet

Anleggsarbeidene vurderes på generelt grunnlag å kunne endre tunnelens stabilitet, hovedsakelig pga. vibrasjoner/sprenglaster, reduksjon av bergoverdekning og ved påførte konstruksjonslaster fra byggverk over tunnelen. For hvert punkt beskrevet nedenfor skiller det mellom risikoen for lokal tunnelkollaps/-ras (totalstabilitet) og nedfall av overfladisk stein/blokk/sprøytebetong som kan skade rørføringer i tunnelen (detaljstabilitet).

Vibrasjoner/sprenglaster

Ny vibrasjonsstandard NS 8141-1:2022 fastsetter grenseverdier for hva tunneler erfaringsmessig med god sikkerhetsmargin og gjentatt eksponering tåler for å unngå skader. Det vil for overvåkning, dokumentasjon og fortløpende anpassning av sprengningsarbeidene kreves at det monteres rystelsesmålere i tunnelen på flere steder i løpet av anleggsarbeidene. Overholdes grenseverdier for vibrasjoner, vurderes en tunnelkollaps/ras pga. vibrasjoner som lite sannsynlig. Det er likevel viktig å presisere at rystelsesgrenser beregnet fra standarden ikke er å anse som «skade-grenser».

NS 8141-1:2022 omtaler sprengningsarbeider innen 10 m fra byggverk som «nær», med en spesielt stor risiko for permanente deformasjoner i bergmassen pga. støt og gasstrykk. Dersom det planlegges sprengning innen 10 m fra tunnelen må dette utføres spesielt forsiktig, og geolog må involveres i planlegging av sprengingen. Det kan i slike tilfeller ikke utelukkes at alternative og mer skånsomme metoder for berguttak vil være aktuelt, f.eks. wiresaging og hydraulisk sprengning/mekanisk killing («drill and split»), ev. bruk av mer skånsomme «sprengstoff» som Royex, Nonex e.l. Sikring med f.eks. supplerende bolter kan også bli aktuelt før sprenging over eller nært tunnelen.

Både for reduksjon av rystelser og støt/gasstrykk gjelder det å redusere salvestørrelser og enhetsladninger (ha mindre sprengstoff pr. tennerintervall) for sprengning, ha godt/fritt utslag samt en god bruddanvisning, f.eks. en uladet søm (ev. ligger-søm over tunnelen), slisseboring eller wiresaging.

Vibrasjonskrav vil som nevnt imidlertid ikke utelukke at det skjer skader på rør/installasjoner pga. nedfall av løs stein/blokk eller brudd i dårlige oppheng for rørtraseen. Før sprenging bør derfor rør-oppheng kontrolleres visuelt. I tillegg bør geolog inspisere tunnelkonturen over rørene og vurdere prosjektering av sikringstiltak. Tiltak for beskyttelse av rør kan eksempelvis være en midlertidig overbygg-konstruksjon, støtdempende matter, nett (flettverksnett eller steinsprangnett), sporadiske bolter og fjellbånd. Inspeksjon og sikring vil trolig bli aktuelt å vurdere i tunnelen innenfor ca. 100 m radius rundt vibrasjonskildene.

Reduksjon av bergoverdekningen

Bergoverdekningen over tunnelen er anslått hovedsakelig å være ca. 12 – 14 m, nærmest innløpskonstruksjonen avtar bergoverdekningen gradvis. I dagens sikringstilstand (tynn, sporadisk utført sprøytebetong og sporadiske bolter) er bergoverdekningen tilstrekkelig mht. sikringsprinsipper etter Q-systemet. Risikoen ved en reduksjon av bergoverdekningen er at berget får redusert innspenningen, noe som igjen kan føre til at ustabile bergblokker faller ut eller at tunnelen i ytterste konsekvens kollapser.

En tommelfingerregel er at bergoverdekningen minimum bør være større enn spennvidden til tunnelen. Med unntak av nisjen som ligger ca. 120 m fra tunnelpåhugget har tunnelen stort sett en bergoverdekning som er mer enn dobbelt så stor som spennvidden, men det må likevel antas at det generelt er lave spenninger i bergmassen. Med tanke på sprengningsarbeider og belastning bør bergoverdekningen ikke reduseres mer enn at det gjenstår 10 m berg over/rundt tunnelen etter berguttak. En reduksjon av berg overdekningen til mindre enn 10 m rundt/over tunnel vil i de fleste tilfeller også være gjennomførbart, men må vurderes spesielt av geolog for hvert enkelt tilfelle.

Konstruksjonslaster fra planlagte byggverk over tunnelen

Over avløpstunnelen er det planlagt nybygg i inntil 9 etasjer. Sprengningsnivå for bygget et på ca kote +20,5.

Bergoverdekning er antatt 10m eller mer. Det er gjort en vurdering av laster fra bygget.

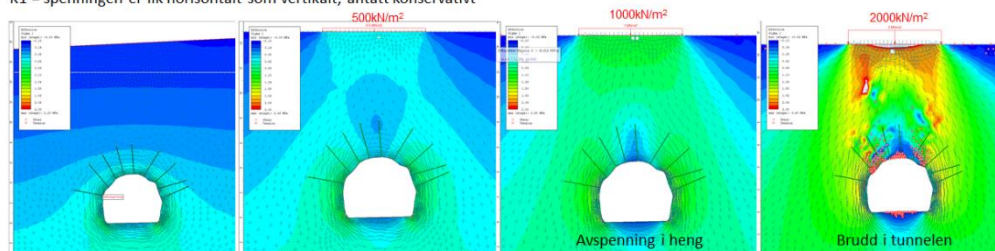
Basert på erfaringsverdier for bergmassen i området, samt spenninger målt ifm. bybaneutbyggingen ved Haukeland sykehus, forespeiles det foreløpig følgende maksimale tillatte såletrykk for fundamenter over tunnelen:

- Ved tunnel-spennvidde 5 m, min. 10 m bergoverdekning, uten systematisk boltesikring, anslås maksimalt tillatt såletrykk 0,5 MPa (500 kN/m²)
- Ved tunnel-nisjen med spennvidde > 10 m, min. 10 m bergoverdekning, uten systematisk boltesikring må tillatt grunntrykk fra konstruksjoner utredes spesielt vha. detaljert geologisk kartlegging og ev. numeriske analyser.
- Ved tunnel-nisjen med spennvidde > 10 m, min. 10 m bergoverdekning, med systematisk sikring med L3 – 4 m bolter, anslås maksimalt tillatt såletrykk 0,5 MPa (500 kN/m²)

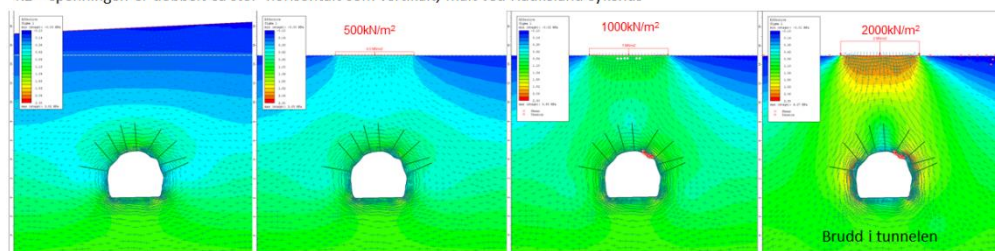
Fundamentering av bygg kan utføres med normale fundamenstørrelser, innenfor maksimalt såletrykk/grunntrykk på 500 kN/m². For typisk søylefundament vil fundamentstørrelse inntil 2,5mx2,5m være tilstrekkelig. Bæreevnen for berg over tunnelen bør også utredes ved bl.a. beregning/numerisk analyse i senere fase basert på detaljert grunnlag (f.eks. nøyaktig plassering og størrelser av fundamenter) og mer detaljerte geologiske undersøkelser. Vi anser det som lite sannsynlig at tillatt grunntrykk vil være lavere enn 500 kN/m², da nåværende vurdering er basert på konservative betraktninger/antagelser.

Resultater fra numerisk modellering av bergmassen er imidlertid følsom for inngangsparametere, som styrken til bergmassen i intakt og residual tilstand, oppsprekkingsmønster og spenningsfeltet i bergmassen etc. Alle disse parameterne er forholdsvis vanskelig å måle, og det vil være vanskelig/kostbart å oppnå en stor grad av sikkerhet for analyseresultatet for et mindre konservativ/mer optimalisert tilfelle.

K1 = spenningen er lik horisontalt som vertikalt, antatt konservativt

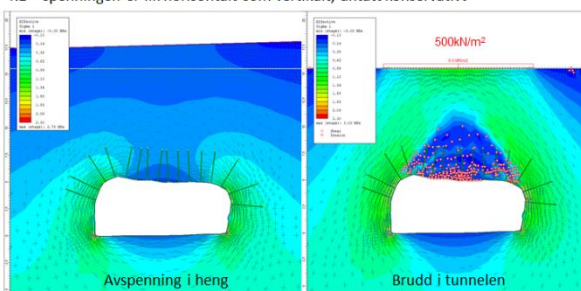


K2 = spenningen er dobbelt så stor horisontalt som vertikalt, målt ved Haukeland sykehus

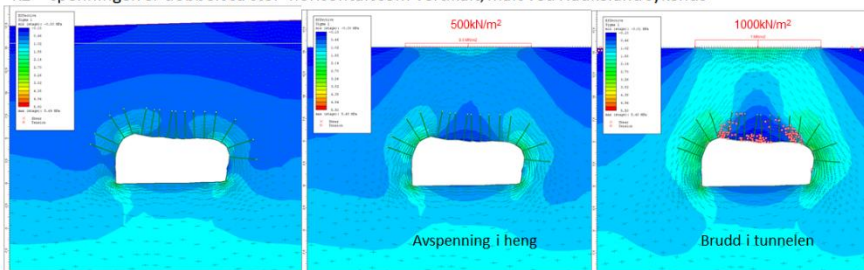


Figur 10 Foreløpig 2D-numerisk analyse for tunnelen med antatte fundamentlaster på bergoverflaten. To scenarier for spenningsfeltet er utprøvd, der k1 antas å være konservativt, og k2 er basert på en måling utført for BT4 ved Haukeland stasjon. Linjene radielt ut fra tunnelkonturen er bergbolter. Blå farge indikerer relativt lave spenninger i berget, mens farge-overgangen til rødt indikerer spenningsøkning og til slutt høye spenninger.

K1 = spenningen er lik horisontalt som vertikalt, antatt konservativt



K2 = spenningen er dobbelt så stor horisontalt som vertikalt, målt ved Haukeland sykehus



Figur 11 Foreløpig 2D-numerisk analyse for nisjen med antatte fundamentlaster på bergoverflaten. To scenarier for spenningsfeltet er utprøvd, der k1 antas å være konservativt, og k2 er basert på en måling utført for BT4 ved Haukeland stasjon. Linjene radielt ut fra tunnelkonturen er bergbolter. Blå farge indikerer relativt lave spenninger i berget, mens rødt indikerer høye spenninger.

3.2 Økt innlekkasje i tunnel

Grunnvannsstanden er bare kjent fra området rundt inntakskonstruksjonen, der den normalt ligger på ca. +17 m. Da midt heng ligger på ca. +9 m - +7 m, antas tunnelen å ligge noen meter under grunnvannsstanden på hele strekket. Mengden innlekkasje i tunnelen vil være avhengig av bergmassens vannledningsevne. I harde bergarter, som det antas er på området, er vannledningsevnen normalt styrt av bl.a. oppsprekkingsgrad, sprekkeåpning (som ofte har sammenheng med spenningsforhold) og finstoff-innhold (sprekkefyll) i sprekker.

Sprenggasser og rystelser fra sprengning kan føre til at bergmassen forflytter/forskyver seg, at sprekker som i dag er tette eller har liten åpning åpnes opp, og at ev. sprekkfyll som finstoff forflyttes/vaskes ut. Erfaringsmessig kan sprengning over eller ved en eksisterende tunnel derfor føre til at det lekker mer vann fra sprekker som tidligere har vært tilnærmet tette. Det er ikke mulig å konkludere hvor mye påkjønning fra sprengning som skal til for å åpne både eksisterende og nye sprekker i berget. Det er derfor ikke mulig å gardere seg helt mot dette. For å prøve å unngå økt lekkasje i tunnelen, gjelder det generelt og som tidligere nevnt å sprengre så forsiktig som mulig over og ved tunnelen, alternativt bruke andre metoder for berguttak, som nevnt i kapittel 3.1.

Konsekvensen ved en økt innlekkasje lokalt, f.eks. fra enkeltsprekker, forventes i utgangspunktet å være at det renner vann ned på infrastruktur og veibanen, som kan bli til besvær for tunneldriften (tilsvarende som ved påhugget). Sannsynligheten for dette forventes å være middels til liten.

Tunnelen er under antatt grunnvannsnivå. Konsekvensen ved en svært stor eller utbredt økning av innlekkasjen kan derfor være en senkning av grunnvannstanden eller en endring av grunnvannstrømmen i området, dvs. en økning av tunnelens influensområde. Dette kan da påvirke grunnvannsbrønner (ev. brønner som ikke er registret på Brønn databasen Granada) i området og dersom det fører til en senkning av grunnvannsstanden i løsmasser kan dette resultere i setninger. Dette kan igjen medføre konstruksjonsskader på ev. byggverk fundamentert på tykt lag løsmasser som påvirkes av slike vesentlige endringer i grunnvannsnivå. Sannsynligheten for et slikt verste fall-scenario vurderes imidlertid som meget liten.

4 Anbefalt gjennomføring

Med bakgrunn i risikoer beskrevet i kapittel 3 gis det anbefalinger for begrensninger og forebyggende/ avbøtende tiltak for tunnelen. Generelt vurderes beskrevne risikoer som håndterbare, og det planlagte arbeidet nært tunnelen vurderes som gjennomførbart. Dette forutsatt at angitte anbefalingene følges. Det forutsettes også at anleggsarbeidene kontinuerlig følges opp av geolog. Dersom noen av de beskrevne kravene ikke forventes overholdt, må geolog gjøre spesielle vurderinger for dette i forkant.

4.1 Sikkerhetsavstander

Sprengning: Det anbefales en sikkerhetsavstand på min. 10 m rundt tunnelen der det ikke bør utføres konvensjonelle sprengningsarbeider, dvs. kortest avstand fra tunnelkontur til nærmeste ladningshull bør ikke være kortere enn 10 m.

Berguttak: Over tunnel med tverrsnitt 5x5 m anbefales det ikke at det tas ut mer berg enn at endelig bergoverdekning blir min. 10 m. I området der bergoverdekningen er mindre enn 10 m i dag anbefales det ikke å ta ut mer berg, med mindre dette er avklart med geolog.

Støttekonstruksjoner eller peling: ved utførelse av støttekonstruksjoner eller fundamentering som involverer innboring i berg (rørvegger, rørsputer, peler etc.) anbefales det en sikkerhetsavstand på min. 5 m over tunnelen.

Boring av brønner: Ved boring av brønner/ lange borehull anbefales det en sikkerhetsavstand på 15 m rundt tunnelen.

Sikkerhetsavstandene er å anse som foreløpige, og er basert på nåværende kunnskap om tunnelen og bergmassens beskaffenhet. Felles for alle arbeider som potensielt kan påvirke tunnelen er at geolog holdes kontinuerlig informert både før og underveis i arbeidene.

4.2 Rystelser

Ved sprenging nær tunneler/bergrom er det fare for oppbomming, oppsprekking og utstøting av sprøytebetong og/eller bergblokker. NS8141-1:2022 anbefaler å fastsette grenseverdier for tunneler/bergrom på basis av Tabell 3.

Inspeksjon av tunnelen (20.03.23, Sweco v/Felix Kluge) fremviser at bergets kvalitet er «middels til dårlig» i tunnelen, dårlig til god i nisjen og ekstremt dårlig til svært dårlig i påhuggsområdet. Tunnelen er hovedsakelig sikret med sporadiske bolter og sporadisk sprøytebetong, men vurderes generelt å være undersikret mht. det gjeldende Q-systemet. Grenseverdien for tunnelen forventes å kunne fastsettes til «30 – 50 mm/s» (Tabell 3).

Bergen vann skal varsles om sprengningsarbeidet, og det skal undersøkes om Bergen vann har egne krav til varslingsrutiner, vibrasjoner og sikkerhet for tunnelen.

Tabell 3 Basisverdier for toppverdi av uveid svingehastighet avhengig av bergkvalitet. [4]

Beskrivelse av tilstanden til tunnel/bergrom	V _{tunnel a, b} [mm/s]
Dårlig berg, kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytebetong	30
Dårlig berg, armert sprøytebetong sikret med bolter	50
Dårlig berg, sikret med full utstøpning	100
Godt berg, kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytebetong	50

Godt berg, armert sprøytebetong sikret med bolter	100
<p>a Dersom tunnelen eller bergrommet ikke er i bruk, kan det vurderes å heve de angitte grenseverdiene med en faktor på 1,25</p> <p>b Tekniske installasjoner i tunneler kan være styrende for grenseverdien. Data for teknisk utstyr i tunnelen eller bergrommet kan innhentes fra teknisk regelverk eller fra leverandør.</p>	

Plassering av rystelsesmålere avtales med geolog før montering. Det forventes behov for montering av opptil flere rystelsesmålere i tunnelheng, -vederlag og/eller -vegg, ev. også på fundamenter for rørtraseen. Ved behov kan det ev. fastsettes flere rystelsesverdier for forskjellige deler av tunnelen basert på en tilstandsvurdering. Foretrukken plassering av rystelsesmålere er der det er kortest til sprengningsstedet. Det kan også bli behov for å måle rystelser i tre akser.

4.3 Supplerende bergsikring

Sikring over infrastruktur/rørtrasé: Det forventes behov for sikring over eksisterende infrastruktur innen 50 – 100 m fra sprengstedet mht. rystelser og faren for nedfall av løs stein/blokk/sprøytebetong.

For rør som ligger langs tunnelens såle kan det være tilstrekkelig med midlertidige overbygg av tre og/eller f.eks. PE-skum/støtdempende matter. For rør som henger fra vegg eller tak forventes det behov for sikring med nett (flettverksnett eller steinsprangnett). Det kan i tillegg bli behov for supplerende sporadiske bolter og fjellbånd over infrastrukturen.

Sikring av tunnelstabiliteten: Supplerende sikring av tunnelstabiliteten vil kunne bli aktuell før berguttak og fundamentering over tunnelen.

Med hensyn til sprenging og berguttak forventes hovedsakelig kun et behov for sporadiske bolter. Omfanget for dette må avklares etter at geolog har utført en mer detaljert tilstandsvurdering.

Dersom det blir behov for berguttak over nisjen, dersom berguttak resulterer i mindre enn 10 m berg overdekning over tunnelen, eller dersom tunnel/nisje belastes med betydelige fundamentlaster (kapittel 3.1), kan det oppstå behov for et større sikringsomfang i området det gjelder. Da det mht. infrastrukturen og tilkomst i tunnelen sannsynligvis ikke kan benyttes sprøytebetong til sikring av tunnelen, kan det i disse tilfellene bli behov for forholdsvis tett systematisk bolting fra innsiden av tunnelen og/eller montering av lange vertikale bolter fra dagen, ev. også en nettløsning.

4.4 Vannhåndtering

For å forebygge økt innlekkasje til tunnelen (ved åpning av sprekker i bergmassen) må det generelt sprenges svært forsiktig, spesielt ved berguttak over tunnelen eller rett ved tunnelen (innen ca. 10 m «i plan» fra tunnelen).

Dersom det oppstår økt innlekkasje, vil avbøtende tiltak i første omgang innebære lokale utbedringer med bruk av rør og slanger, dremsmatter som Enkadrain, plastduk e.l. Dersom

lekkasjen er mer omfattende og over et større område, kan det også bli behov for montering av tunnelduk (type «Gjertsen-duk» e.l.) på innsiden av tunnelen, som leder vannet ut i siden til dreng tunnelens drengsystem. Vannlensing/utpumping av vann kan for øvrig ikke utelukkes dersom kapasiteten på eksisterende drengsystem ikke er tilstrekkelig (ved stor innlekkasje).

Berginjeksjon (forebyggende før sprengning eller som «etterinjeksjon») er ikke anbefalt. Dette siden berginjeksjon under trykk er svært kostbart og da det såpass nært overflaten vil være vanskelig å oppnå tilstrekkelig mottrykk for injeksjonsmassen. Erfaringsmessig vil det være vanskelig å kontrollere resultatet av tettingen i dette tilfelle, og det kan medbringe et høyt tids-/materialforbruk uten at et ønsket resultat oppnås. Det er også en viss sannsynlighet for at injeksjonsmassene kan finne veien ut i dagen. Berginjeksjon kan imidlertid bli nødvendig dersom:

- En ev. økte lekkasje forventes å kunne endre grunnvannstanden/-strømmingen betraktelig og det er fare for setninger på bygninger i nærrområde
- Lekkasjen forventes å overgå kapasiteten til drengsystemet i tunnelen

Injeksjon vil bli mest aktuelt lokalt dersom det opptrer store punkt lekkasjer. Da kan man forsøke å forringe vanninntrengingen med bruk av polyuretan, eller ved montering av injiserbare bolter som injiseres med microsement (f.eks. Fin-bolt, PC-bolt, Thor-bolt).

5 Anbefalt utredning

5.1 Tilstandsvurdering av tunnelen

Før grunnarbeider som medfører vibrasjoner igangsettes må det utføres en detaljert tilstandsvurdering av tunnelen. Tilstandsvurderingen skal utføres i samsvar med NS8141-4:2021. Dette vil innebære at en geolog vurderer tilstanden av tunnelkonturen mht. ev. løse blokker/stein, vurdere tilstanden av montert bergsikring opp mot den planlagte belastningen fra sprengning og fundamenttrykk, samt en tilstandskontroll av sprøytebetongen i tunnelen. Sistnevnte vil innebære at det utføres en «bomkontroll» (sjekke for heftbrudd mellom betong og berg ved å slå på den med hammer /eller spett), at det kartlegges eksisterende sprekker/ riss i betongen og at tykkelsen måles stikkprøvemessig ved gjennom boring (f.eks. håndholdt drill).

I tillegg til den geologiske kontrollen bør det utføres en visuell kontroll av infrastrukturen av fagkyndig personell, spesielt mht. oppheng. Kontroll av infrastrukturen bør dokumenteres med f.eks. videoopptak.

Det anbefales at det utføres en detaljert inspeksjon innen 50 m fra sprengstedet og en begrenset/ visuell kontroll innen 100 m. Ettersom hvilke funn som gjøres kan det bli behov for at det gjøres en detaljerte kontroll i et større område enn 50 m.

5.2 Måling av vannlekkasjer

Det forkommer i dagens tilstand allerede noe lekkasje i tunnelen. For å kunne vurdere om vannlekkasjen i tunnelen økes betraktelig pga. anleggsarbeidene bør dagens lekkasjemengde måles i en periode før anleggsarbeidet starter.

Mengden vannlekkasje bør først kartlegges visuelt og dokumenteres med foto/video opptak. Store lekkasjepunkter bør kart-festes spesielt. Ved utvalgte lekkasjepunkter, der det er rennende vann/drypp, bør det forsøkes å måle vannmengden per tidsenhet.

Det bør forsøkes å gjennomføre terskelmålinger i tunnelen (dvs. måle mengden vann som drenerer i tunnelen pr tidsenhet for en kontrollert seksjon/avsnitt av tunnelen). Nært trappen ved inntakskonstruksjonen ble dette tidligere forsøkt ved oppdemming med sandsekker. Det kan også forsøkes å måles i grøft/drensrør dersom dette er praktisk mulig. Muligheter for å få gjennomført terskelmålinger må avklares med tunneldrift hos Bergen Vann.

5.3 Geologisk oppfølging under prosjektering og i anleggsfasen

Geolog bør involveres både under prosjektering og i oppfølgingen av anleggsfasen.

I prosjekteringen må planlagt grunntrykk over tunnelen avklares med geolog for å vurdere behov for bergforsterkning. Bunnkoter for berguttak må avklares med geolog iht. tidligere nevnte risikoer.

Før anleggsarbeidet må geolog involveres i en tilstandsvurdering av tunnelen både mht. sikring og vannlekkasje. Geolog må også involveres i plassering av rystelsesmålere før anleggsarbeidet begynner.

Under anleggsarbeidet anbefales det at geolog inspiserer bergoverflaten over tunnelen etter avgraving (dvs. før sprenging) for å tilse at bergforholden er som forutsatt. Etter berguttak over tunnelen er ferdigstilt, anbefales det at geolog gjør en visuell kontroll på innsiden av tunnelen for å vurdere om forholdene er uendret.

Referanser

- [1] Sweco Norge AS, «NOTAT 01 FOR VANN OG AVLØP,» Sweco, Bergen, 17.03.2021 .
- [2] ISRM, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006, Ankara: ISRM, 2007.
- [3] NGI, «Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.,» NGI, Oslo, 2015.
- [4] Standar Norge, «NS8141-1:2022 Virasjoner og støt Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirksomhet, bergverk og trafikk Del 1: Virkning av vibrasjoner og lufttrykkstøt på byggverk, inkludert tunneler og bergrom,» Standard Norge, Oslo, 2022.

Notat – Geologisk Vurdering Overløpstunnel

KUNDE / PROSJEKT OBOS Fabrikkgaten_3-5	PROSJEKTLEDER Felix Kluge	DATO 24.04.23
PROSJEKTNUMMER 10230969	OPPRETTET AV Felix Kluge	REV. DATO 14.11.23
UTARBEIDET AV NAVN Felix Kluge	SIGNATUR	KONTROLLERT AV NAVN Roger S. Andersen
		SIGNATUR

DISTRIBUSJON: FIRMA NAVN

TIL:

KOPI TIL:

Geologisk Vurdering Overløpstunnel

Sammendrag

Det planlegges utbygging av tomten Fabrikkgaten 3 – 5, der grunnarbeider vil utføres nært og over to eksisterende tunneler (avløpstunnel og overløpstunnel) i eie av Bergen Vann. Foreliggende notat fremlegger foreløpige geologiske vurderinger for overløpstunnelen. Det gis anbefalinger for tiltak og utretning før og i anleggsfasen. Vurderinger rundt tunnelen er basert på observasjoner av berget i nærområdet, samt ROV-video materiale innhentet fra Bergen Vann og scannet modell av tunnelen.

Overløpstunnelen ble drevet i 1924. Den er ca. 160m lang, ca. 1,5 - 2 m bred og høy og har en orientering nordvest-sørøst og nord-sør. Risikoer for tunnelen angår stabilitet mht. kollaps eller nedfall av blokker, som vil kunne forverre/stoppe gjennomstrømmingen. Sprengnings- og piggearbeider kan føre til skader på tunnelen (nedfall av stein, tunnelkollaps) dersom slike arbeider utføres for nært tunnelen eller dersom de ikke utføres spesielt forsiktig. Basert på observasjoner fra ROV-videomaterialet, vurderes detaljstabiliteten i tunnelen som mangelfull, og det er en betydelig sannsynlighet for nedfall av stein/blokk pga. rystelser. Fundamentlaster over tunnelen kan også føre til brudd i tunnelen dersom de blir for store. Ved ev. større nedfall av steinmasser i tunnelen må nedfallsmassene renskes bort. For at opphold i tunnelen blir forsvarlig ved ev. nedfall av stein bør tunnelen arbeidssikres før rystelsesskapende anleggsarbeider igangsettes.

Dersom tunnelen arbeidssikres vil rystelseskrav fastsettes basert på ny standard NS8141-1:2022. Anslått grenseverdi er da mellom 30 – 50 mm/s men endelig grenseverdi må fastslås i samråd med Bergen Vann mht. ev. egne bestemmelser. Dersom tunnelen ikke sikres fra innsiden, forventes risikoen for nedfall av stein pga. rystelser å være betydelig. I dette tilfelle anbefales en grenseverdi på 15 mm/s for å minimere risikoen mest mulig.

For å minimere rystelser bør det kun benyttes små enhetsladninger pr. tennerintervall, ev. skånsomt «sprengstoff» (Royex, Nonex e.l.) nært tunnelen. Hvis tunnelen er sikret fra innsiden forventes det at forsiktig sprenging og pigging kan utføres inntil 5 m fra tunnelen, og hydraulisk kiling/saging inntil 2 m fra tunnelen. Dersom tunnel kan sikres med sprøytebetong fra innsiden,

kan berguttak ev. tillates enda nærmere, og/eller anleggsvirksomheten i området behøver ikke å utføres like skånsomt.

Bæreevnen/tillatt såletrykk for fundamenter som ev. etableres over tunnelen må utredes spesielt, men det forventes at tunnelen kan bære typiske fundamentlaste fra tegnede bygg dersom den kan sikres med bolter fra innsiden og ev. utsiden. Dersom det er mulig, vil sikring med sprøytebetong fra innsiden av tunnelen øke forutsigbarheten mht. dette ytterligere.

Basert på forutsetninger beskrevet i dette notatet, forventes den planlagte utbyggingen å være gjennomførbare mht. avløpstunnelens funksjon og sikkerhet. Det må regnes med bergsikringstiltak i forkant av byggearbeidene og oppfølging av geolog i byggefase, og det må gjøres nødvendige vurderinger/beregninger av sikringstiltak under detaljprosjektering.

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	Beskrivelse av Overløpstunnelen	3
2.1	Tunnel overdekning og planlagte inngrep	8
2.2	Geologiske forhold	11
2.3	Bergsikring, vurdert stabilitet	13
2.4	Vannforhold	14
3	Generell vurdering av risikoen fra planlagt utbygging	14
4	Anbefalt gjennomføring	16
4.1	Rystelser	17
5.	Geologisk oppfølging under prosjektering og i anleggsfasen	18
	Referanser	18

1 Innledning

OBOS planlegger utbygging av tomten i Fabrikkgaten 3 – 5, Årstad i Bergen. Sweco Norge AS er engasjert som rådgiver i planleggingsfasen og bistår med bl.a. med geologisk rådgiving.

Ved utbygging av tomten planlegges det grunnarbeider med bl.a. graving og sprenging/berguttak i dagen, nært og over to eksisterende tunneler som eies av Bergen kommune, Bergen Vann. Tunnelene omfatter en avløpstunnel som innehar rørtrasé for avløp og fjernvarme, og en overløpstunnel der overvann og avløp renner fritt på tunnelsålen. Tunnelene har felles tilkomst fra en nedsenket inntakskonstruksjon sørøst på tomten, ved bybanesporet vis-à-vis Kanalveien 46, se Figur 4. Overløpstunnelen har også tilkomst fra en kum i Fabrikkgaten nord for tomten.

Foreliggende notat omhandler en overordnet geologisk vurdering av eksisterende overløpstunnel, risikomomenter fra de planlagte tiltakene, samt mulige tiltak og anbefalinger for utretninger før anleggsstart. Tilsvarende momenter for avløpstunnelen sammenfattes i et eget notat (N01).

2 Beskrivelse av Overløpstunnelen

Overløpstunnelen (etablert 1924) er hovedsakelig en råsprengt tunnel i fjell som går fra inntakskonstruksjonen ved Solheimsvannet mot Fabrikkgaten i nord. Anlegget eies av Bergen Vann og er ikke tilgjengelig for allmennheten. Tunnelen har tilkomst fra en overløpskulvert på innsiden av inntakskonstruksjonen (Figur 1) og fra en kum i Fabrikkgaten. Nedstrøms fra Fabrikkgaten går tunnelen over i støpt kulvert, og det er flere tilknytninger på tunnelen. Tunnelen antas bare å være «i drift» når dykkerledningene i avløpstunnelen ikke tar unna avløpet, og vannet dermed renner over overløpstørskelen (se Figur 6) og videre i tunnelen og ut i Solheimsviken.

Betongkonstruksjonen/inntakskonstruksjonen nært Solheimsvannet avtrappes i to seksjoner mellom inngangen i øst og tunnelpåhugget til avløpstunnelen i vest med henholdsvis indre takhøyde på 2 m og 3 m. Inngang til overløpstunnelen ligger i øvre seksjon, lengst nord i konstruksjonen. Innside tak ved overgang til overløpstunnelen ligger på ca. kote +19.1 m.

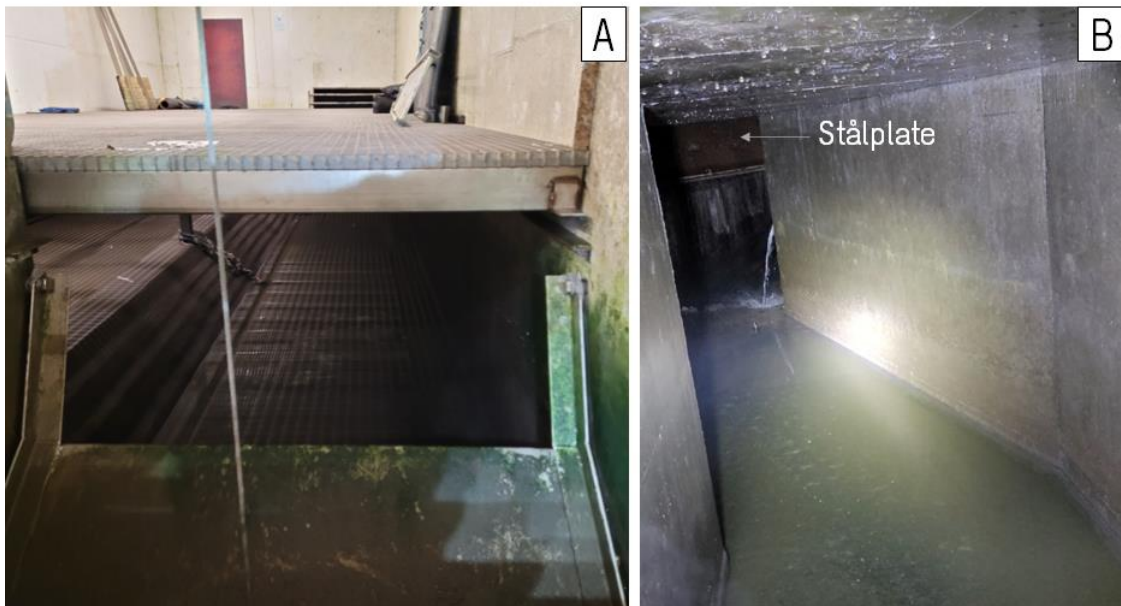
Overløpstunnelen er ikke blitt befart av folk på lang tid, ev. ikke siden den ble bygget. Befaring i tunnelen er foreløpig vanskelig pga. manglende ventilasjon og svært variabelt/værvhengig vannspeil, som medfører store HMS-risikoer og krav til spesialisert sikkerhetsutstyr (gassmålere og ev. friskluft utstyr). Bergen Vann har derfor den 03.03.23 gjennomført filming av Overløpstunnelen vha. en ROV kjørende på tunnelsålen. Det er i tillegg utført scanning av tunnelen.

Overløpstunnelens lengde fra inntakskonstruksjonen i sør, til kummen i fabrikkgangen i nord, er ca. 150 m. Tunnelverrsnittet kan observeres direkte fra kum i fabrikkgangen der det er anslått å være 2 m bredt og 2 m høyt. Fra tunnelscann måles tunnelbredden flere steder å være ca. 1,5 m mellom veggene og 1,5 – 2 m høyt. Tunnelsålen ligger på ca. +15,5 m ved inntakskonstruksjonen og på +14,8 i fabrikkgangen. Tunnelheng (høyeste punkt) ligger for det meste mellom +17,2 og 17,5. På ett sted ligger det høyeste punktet i hengen på +18,2, dette ved et spir i taket ca. 70 m fra inntakskonstruksjonen.

Videomaterialet viser at i motsetning til avløpstunnelen, hvor avløpet går i rør og man kan kjøre en bil på siden av rørene, renner overvann og kloakk fritt på tunnelbunnen/sålen i overløpstunnelen. Stedvis kommer det åpne rørføringer med avløp inn i tunnelen (Figur 3). Tunnelens heng og vederlag er buet, og består av rå-sprengt berg. Tunnelvegger er tildekket med støpt betong (antatt ensidig forskalet). På to steder i tunnelen forekommer det betongkonstruksjoner som dekker hele profilet. I tillegg går det en betong kulvert fra inntakskonstruksjonen til tunnelen i sør. Plassering og lengde av disse konstruksjonen kan anslås fra laserscannet modell. En betongkonstruksjon (med flatt tak) er plassert ved Fabrikkgangen, den er ca. 2 m lang. Den andre konstruksjonen (med buet tak) ligger mellom svingen og inntakskonstruksjonen, den har en lengde på 8 m. Omtrentlig 12 m fra inntakskonstruksjonen er det observert en stålplate og stålvegg (Figur 2, Figur 3). Mellom stålveggen og inntakskonstruksjonen ligger det tilsynelatende en betong kulvert (Figur 2B).



Figur 1 Bilde fra innsiden av inntakskonstruksjonen. Nederst på bildet ser man tilkomsten til overløpstunnelen i nord og øverst på bildet er overgangen til kulvert som kommer fra sør. Inngang mot avløpstunnelen ligger til høyre for bildet.



Figur 2 Tilkomst overløpstunnel fra inntakskonstruksjonen.



Figur 3 utklipp fra videomateriale fra ROV. Bilder er tatt i retning inntakskonstruksjonen. Bilder A-F er sortert i fra nærmest inntakskonstruksjonen til nærmest Fabrikkgaten.

2.1 Tunnel overdekning og planlagte inngrep

Terrengoverflaten er modellert basert på laserdata fra Høydedata.no. Avstand fra tunneltakt til dagens terrengoverflate er for det meste rundt 6 - 8 m. Mellom inntakskonstruksjonen til ca. 35 m på langs med profilsnittet er maksimal overdekning over tunnelen kun 4 – 5 m (Figur 6).

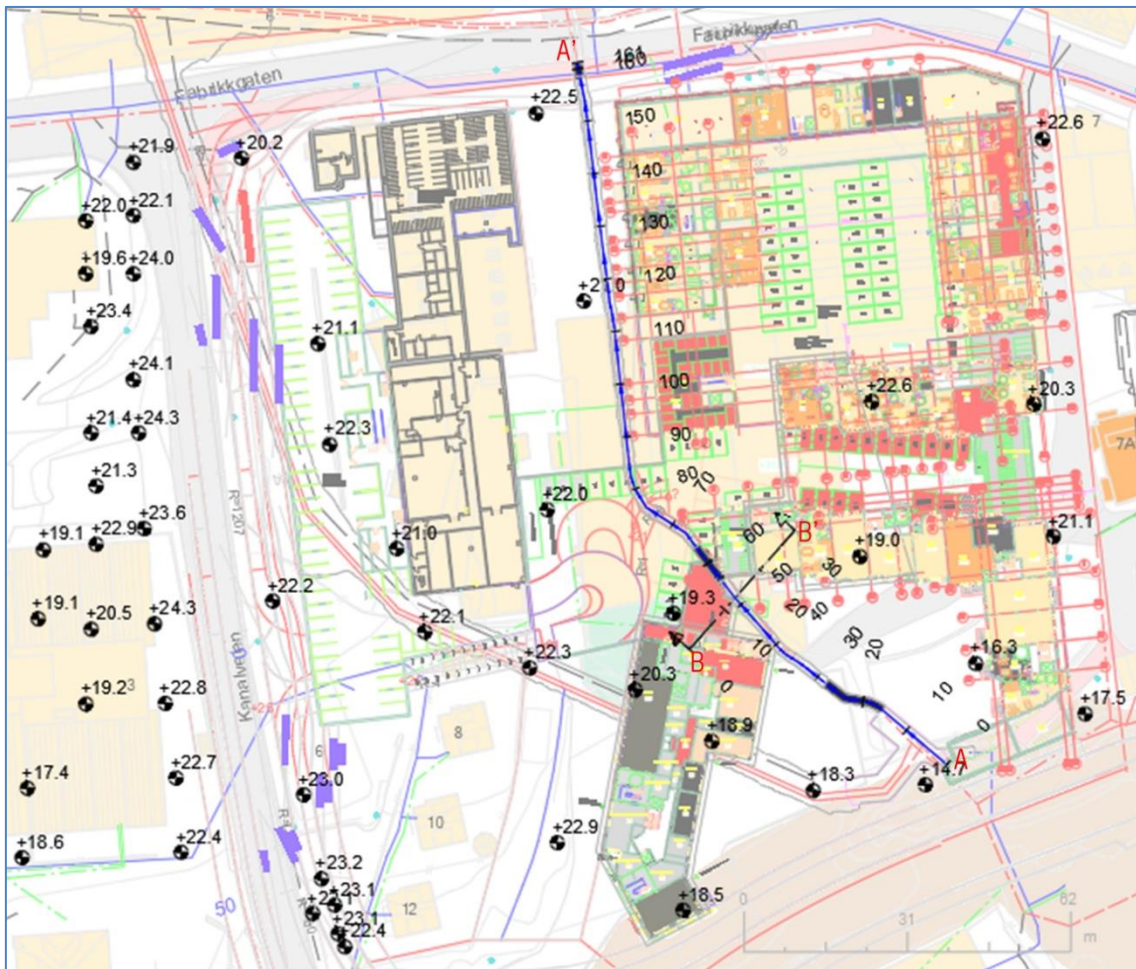
En bergoverflatemodell er konstruert ved hjelp av terrengmodellen fra høydedata, 52 fjellkontrollboringer, observasjoner av bergblotninger i dagen (Figur 4 og Figur 5) og bergblotninger observert på anlegget til bybanen i 2020. Over tunnelen i nord (fra relativ pel 80 m – 159 m) ligger bergmodellen for det meste mellom +21 m til + 23 m. Bergoverdekningen over midtheng av tunnelen fremstår derav å være mellom 3,5 – 5 m i dette området; med størst bergoverdekning nærmest Fabrikkgaten. I sør (mellom inntakskonstruksjonen og relativ pel 80 m, som ligger ved knekkpunktet/svingen i tunnelprofilen) er bergoverdekningen estimert < 3,5 m. Til relativ pel 50 m er bergoverdekningen estimert til < 2 m.

Estimert bergoverdekningen frem til relativ pel 65 m vurderes å være svært liten. I en begrenset del av denne seksjonen forekommer det en betongkonstruksjon som dekker hele profilet. Det er usikkert hvorvidt denne konstruksjonen er en utstøpning mot berg eller en ev. kulvertkonstruksjon med løsmasseoverdekning.

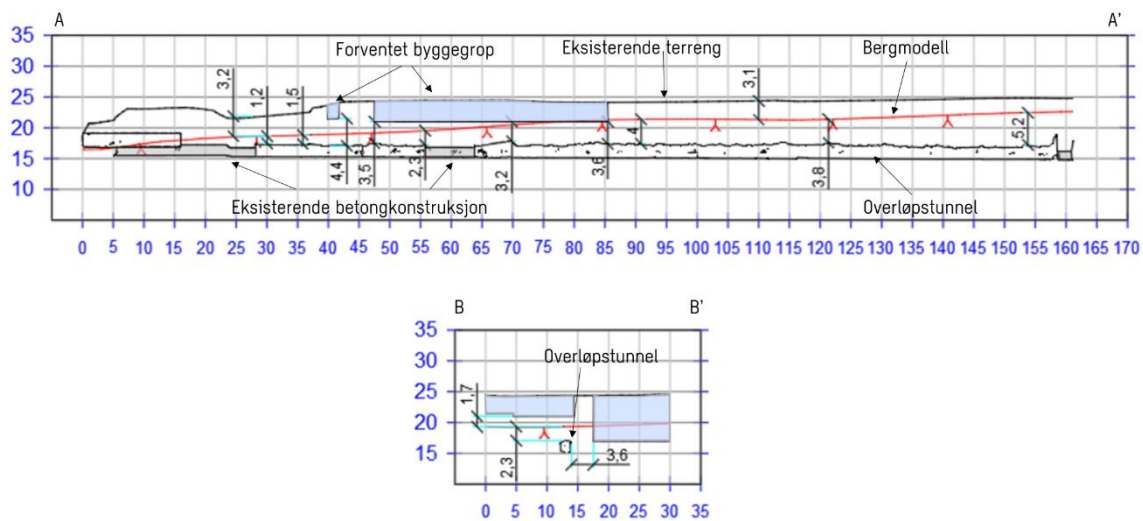
Arkitekttegninger viser at en bygning med tilhørende parkeringskjeller er tenkt etablert på langs med-/øst for overløpstunnelen og at deler av parkeringskjelleren plassert over tunnelen. Basert på bergmodellen kan det se ut til at det vil bli behov for begrenset berguttak (< 1 m dybde) over tunnelen mellom relativ pel 75 m og 85 m. For resten av området forventes det basert på bergmodellen kun behov for graving direkte over tunnelen. På østsiden av tunnelen er deler av bygget planlagt fundamentert på kote +17 m. Her vil det basert på bergmodellen bli behov for berguttak med skjæringshøyder 2,5 m – 3 m. Nærmeste hjørnet av denne byggegroppen forventes å ville ligge (lokalt) 3,5 m fra tunnelen (Figur 5 – Figur 6).



Figur 4 Utklipp fra modell med oversikt over plassering av avløpstunnel, overløpstunnel, inntakskonstruksjonen i dagens situasjon. Grunnundersøkelses punkt (røde punkt) og punkt med observert berg i dagen (rosa punkt) er vist for å tydelig gjøre datagrunnlaget for modellering av bergoverflaten over tunnelen.



Figur 5 Kart som viser plassering av tunneler relativt til planlagt utbygging, eksisterende bygg (lys gule felt) og diverse infrastruktur i bakken. Fjellkontrollbøringer er vist med angitt kote for tolket berg. Plassering av lengde-profil langs overløpstunnelen er vist (A-A'). I tillegg et tverrprofil (B-B'). Profilsnitt er vist i Figur 6. Pel-nummer er kun relativt til profilene (vist i Figur 6) og er ikke offisielle pel-nummer i tunnelen.



Figur 6 Profilsnitt som viser tunnelens estimerte overdekning og antydte planlagte byggegroper over midtheng . Pel-nummer er relativt til profilets lengde (ikke offisielle pel-nummer) vist i Figur 5.

2.2 Geologiske forhold

Tunnelen er ikke befart av geolog. Bergforhold er kun basert på et visuelt inntrykk fra ROV video materialet, scannet modell og observasjoner fra den nærliggende avløpstunnelen.

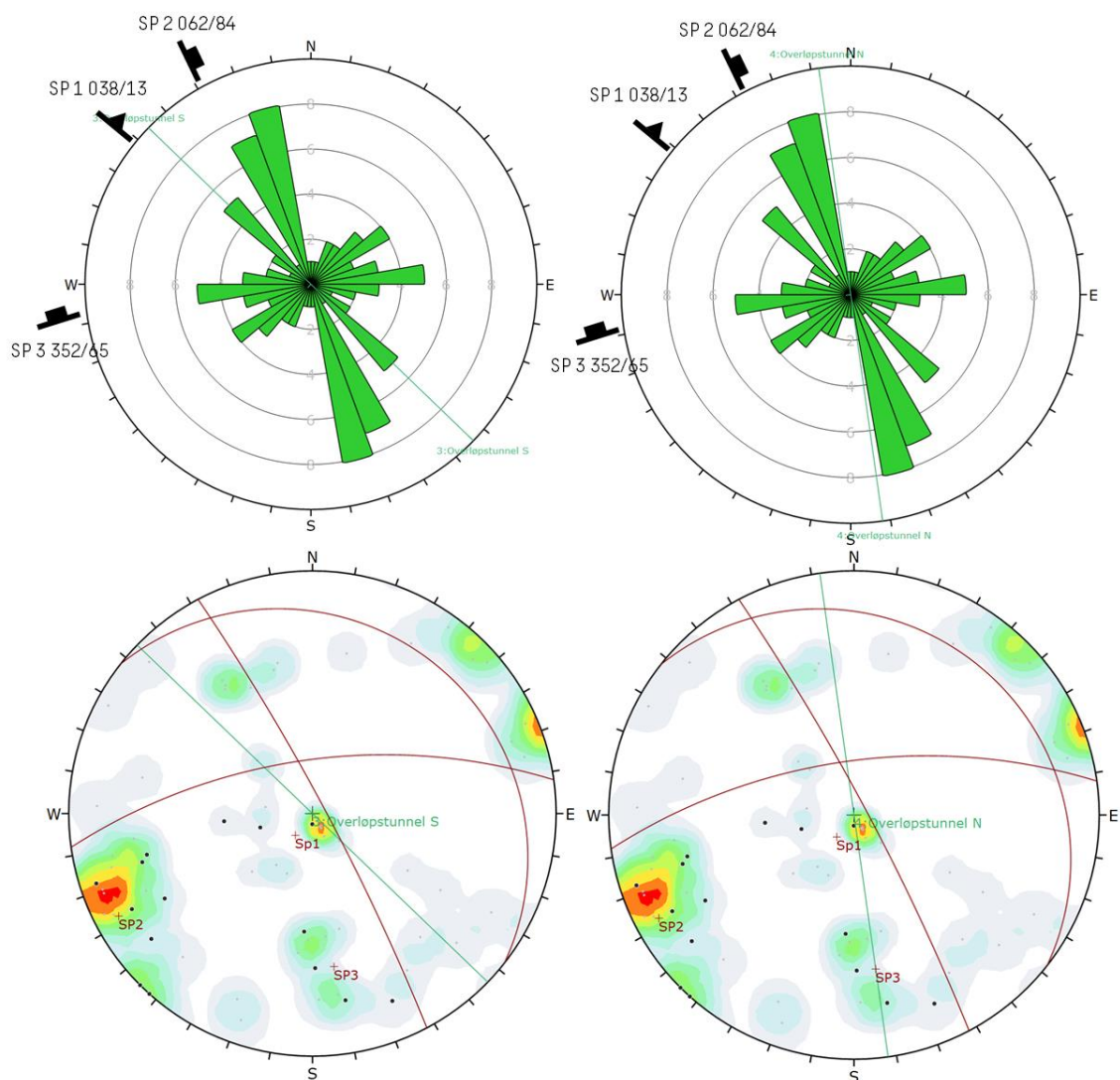
NGU's berggrunnskart (1:50 000) beskriver berggrunnen i området som «Øyegneis til flaserigneis, for det meste granittisk, rød, biotittrik». Dette stemmer med bergartsobservasjoner i området.

Bergmassen i området (målt i avløpstunnelen) sprekker opp langs tre hoved-sprekkeretninger. Sprekkesettenes observerte egenskaper er kort oppsummert i Tabell 1 og Figur 7.

Tabell 1 Beskrivelse av observerte sprekkesett i tunnelen. Definisjon beskrivende termer iht. [1](oversatt)

Sprekkesett	Orientering [°, fallretning/fall]	Sprekke- avstand	Sprekke- utholdenhet	Sprekke- ruhet	Sprekke- fyll/belegg	Bemerkning
Sp1 (foliasjon)	038/13	Moderat	Stor – veldig stor	Bølget, ru	Ingen observert	Ikke like godt utviklet alle steder
Sp2	062/84	Moderat - Stor	Moderat- stor	Plan – bølget, ru	Rustutfelling, Zeolitt og leire	Generelt godt utviklet
Sp3	352/65	Liten – Moderat	Liten	Bølget, glatt	Rustutfelling	Ikke like godt utviklet alle steder

På befaring i Overløpstunnelen er det gjort en grov vurdering av bergmassens kvalitet. Bergmassens oppsprekingsgrad relativt til antall sprekkesett (J_n), sprekkenes ruhet (J_r), sprekkefyll (J_a), samt vann lekkasjer (J_w) og spenningsforhold (SRF) er vurdert iht. Q-systemet (Tabell 2). Forutsatt at oppsprekingsgraden og sprekkeoverflater ligner på det som ble observert avløpstunnelen er tilsvarende bergmassekvalitet i overløpstunnelen klassifisert deskriptivt fra «dårlig» til «middels» jf. Figur 8.



Figur 7 Grafisk fremstilling (sprekkerose øverst, polplott nederst) av sprekkeorienteringer målt i avløpstunnelen. Høyre viser data relativt til tunnelaksen i sør (nærmest trappen) og venstre viser data relativt til tunnelaksen i nord (fra nisjen og nordover).

Tabell 2 Viser estimerte Q-verdier (bergkvalitet) i forskjellige deler av tunnelen. Bergkvaliteten er angitt i intervaller lav – høy som angir variasjonen av bergmassens kvalitet i de forskjellige seksjonene av tunnelen. Tunnel S tilsvarer avsnittet mellom pel 0 og pel 80 (før svingen) der bergoverdekningen stort sett er liten og Tunnel N mellom pel 80 og 159 der bergoverdekningen er bedre.

Parameter	Tunnel S				Tunnel N			
	Lav		Høy		Lav		Høy	
	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi	Beskrivelse	verdi
RQD, oppsprekking	Dårlig	60	Middels	90	Middels	60	Utmerket	90
Jn, antall sprekkesett	Tre + sporadisk ved påhugg (*2)	12	Tre + sporadisk ved påhugg (*2)	9	Tre + sporadisk	12	Tre sprekkesett	9
Jr, ruhet	Plan ru	3	Bølget, ru	3	Bølget, ru	3	Bølget ru	3
Ja, fyll	Mineralbelegg	3	Mineralbelegg	2	Litt leire	3	Mineralbelegg	2
Jw, sprekkevann		1		1		1		1
SRF, spenningsfaktor		5		5		2,5		2,5
Bergmasse-kvalitet, klasse, Q-verdi	Dårlig, D	1	Dårlig, D	3	Dårlig, D	2	Middels, C	6

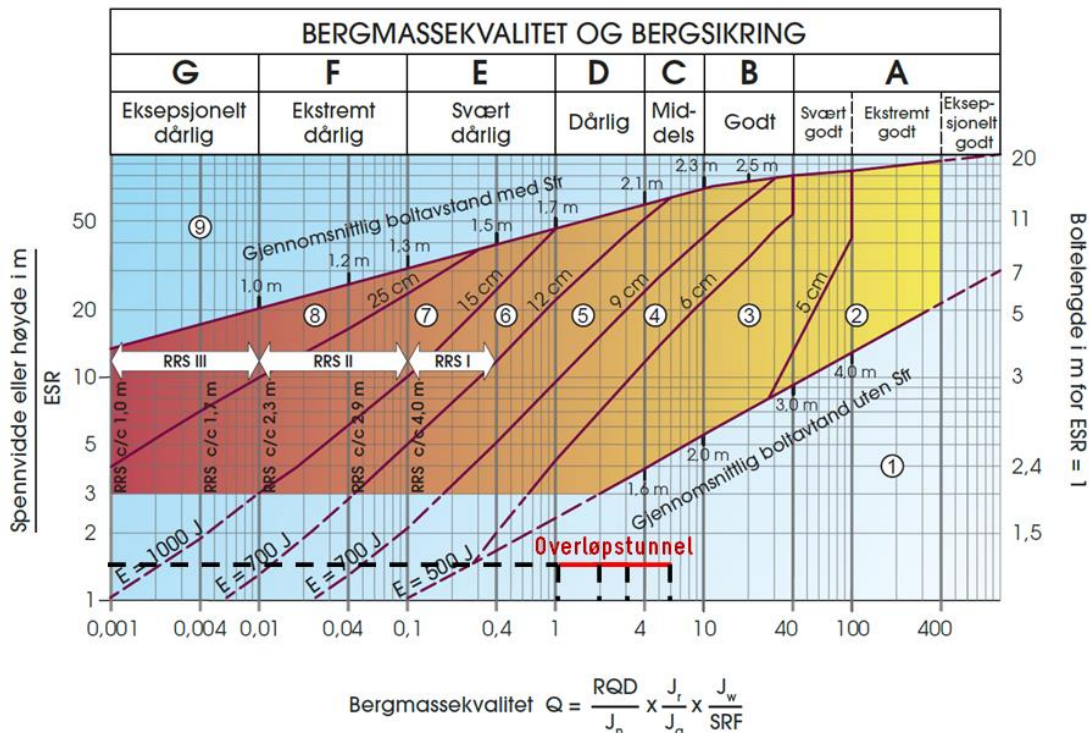
$$\text{Bergmassekvalitet } Q = \frac{RQD}{J_n} \times \frac{J_r}{J_a} \times \frac{J_w}{SRF}$$

2.3 Bergsikring, vurdert stabilitet

Det foreligger ingen informasjon om bergsikring i tunnelen. Fra videomaterialet er det ikke observert noen bolter for bergsikring. Veggene er dekket med betong, men det er ikke kjent om/hvordan denne betongen er festet til veggene, hvor tykk den er, og om/hvor mye den er armert eller ikke.

Vurdering av tunnelens stabilitet forbindes med en stor usikkerhet. Med hensyn til antatte Q-verdier, tunnelens dimensjoner og bruksformål, faller tunnelen utenfor det vanlige dekningsområdet for sikringsmetoden etter Q-systemet (Figur 8). Tunnelen er imidlertid i drift siden den ble etablert for ca. 100 år siden, uten at det er kjent at det har forekommet noen betydelige hendelser med denne tunnelen.

I dagens tilstand er tunnelens totalstabilitet derfor sannsynligvis tilstrekkelig god mht. det lille tverrsnittet. Video materialet fra ROV viser imidlertid noen stein i sålen som kan ha falt ned fra konturen. Det observeres stedvis en ujevn kontur i heng vederlag med tilsynelatende avgrensede/ustabile blokker og sprekkeplan med overflate-oksidasjon. Dette tilsier at det sannsynligvis henger flere ustabile blokker i konturen. Detaljstabiliteten i tunnelen vurderes derfor som mangelfull, dvs. at det kan uavhengig av anleggsvirksomhet i området forekomme nedfall av stein i tunnelen, men rystelser kan føre til nedfall av stein fra konturen.



Figur 8 Vurdering av sikringsomfang iht. Q-metoden, der tunnelen faller inn under klasse 1 (usikret eller spredt bolting) [2].

2.4 Vannforhold

Grunnvannstanden i området rundt tunnelen og innlekkasjemengden inn i tunnelen er ukjent. Tunnelen ligger imidlertid så grunt at den sannsynligvis delvis ligger over grunnvannstanden. Fra videomaterialet er det observert punktlekkasjer fra enkeltsprekker i tunnelen. Med antatt liten bergoverdekning er det sannsynlig at det forekommer åpne sprekker i bergmassen med høy vannledningsevne, slik at innlekkasjen i tunnelen sannsynligvis er væravhengig.

3 Generell vurdering av risikoen fra planlagt utbygging

Risikoen som påføres overløpstunnelen fra planlagte anleggsarbeider vil hovedsakelig angå tunnelens stabilitet. I motsetning til avløpstunnelen forventes det ikke at en økt vannlekkasje i tunnelen vil medføre en betydelig konsekvens for tunnelen eller området. Risikoen for økt innlekkasje omtales derfor ikke videre.

Anleggsarbeidene vurderes på generelt grunnlag å kunne endre tunnelens stabilitet pga. vibrasjoner/sprenglaster, reduksjon av bergoverdekning og ved påførte konstruksjonslaster fra byggverk over tunnelen. Det påpekes at vurderingene som gis her er basert på usikre antagelser, og at disse kan endres fortløpende etter hvert når det fremkommer ny informasjon.

Rystelser og sprenglaster

14 (19)

24.04.23

Ny vibrasjonsstandard NS 8141-1:2022 fastsetter grenseverdier for hva tunneler erfaringsmessig med god sikkerhetsmargin og gjentatt eksponering tåler for å unngå skader. Det vil for overvåkning, dokumentasjon og fortløpende anpassning av sprengningsarbeidene kreves at det monteres rystelsesmålere i tunnelen eller på berg over tunnelen på flere steder i løpet av anleggsarbeidene. Overholdes grenseverdier for vibrasjoner, vurderes en tunnelkollaps pga. vibrasjoner som lite sannsynlig. Vibrasjonskrav som fastsettes iht. NS 8141-1:2022 vil imidlertid ikke kunne garantere for at det ikke faller ned løs stein som kan forverre gjennomstrømmingen i tunnelen.

NS 8141-1:2022 omtaler sprengningsarbeider innen 10 m fra byggverk som «nær», med en spesielt stor risiko for permanente deformasjoner i bergmassen pga. støt og gasstrykk. Basert på forventet høyde av grunnfjellet vil det bli behov for berguttak innen 3 - 4 m fra tunnelen (Figur 6). Ved sprengning eller pigging innen 10 m fra tunnelen må dette utføres spesielt forsiktig og geolog må involveres i planlegging av berguttaket. Det vil i slike tilfeller være sannsynlig at alternative og mer skånsomme metoder for berguttak vil være aktuelt, f.eks. wiresaging og hydraulisk sprengning/mekanisk kiling («drill and split»). Eventuelt at sprengning utføres med «ikke-detonerende sprengstoff» produkter som Royex, Nonex e.l., som normalt reduserer rystelsene vesentlig i forhold til sprengning med konvensjonelt sprengstoff.

Sannsynligheten for at det oppstår skader på tunnelen, dersom det utføres sprengning eller pigging med konvensjonelle metoder innen 5 - 10 m fra tunnelen, uten sikringstiltak på innsiden av tunnelen, anses som middels til stor. Med tilnærmet rystelsesfrie metoder som boring og hydraulisk sprengning/kiling innen 5 – 10 m vurderes sannsynligheten for skade på tunnelen som liten til middels, selv i usikret tilstand. Konsekvensen ved en ev. nedfallshendelse er imidlertid middels til stor. Dette da nedfallsmassene trolig må fjernes dersom det er større mengder, noe som ev. vil kreve personopphold i tunnel og ved at gjennomstrømmingen i tunnelen kan hindres. Dette kan medføre komplikasjoner for anleggsdriften (ev. stillstand) inntil dette er ryddet opp og /eller utfallsstedet er forsterket. Risikoen for tunnelen og anleggsdriften pga. konvensjonelle sprengningsarbeider og rystelser vurderes derfor som middels til stor dersom tunnelen ikke sikres på forhånd.

Reduksjon av bergoverdekningen

Bergoverdekningen over tunnelen er anslått å være < 6 m, nærmest innløpskonstruksjonen er anslått bergoverdekningen svært liten, muligens tilnærmet lik spennvidden.

Risikoen ved å redusere bergoverdekningen er at berget får redusert innspenningen, noe som igjen kan føre til at ustabile bergblokker faller ut og at tunnelen i ytterste konsekvens kolliderer. Med tanke på den lille overdekningen, skal det trolig ikke mye til før et utfall fra konturen bryter igjennom til overflaten. Uten bergsikring vurderes sannsynligheten for kollaps å være middels til stor dersom bergoverdekningen reduseres til mindre enn 2 m. Dette er fordi tunnelen sannsynligvis er drevet i dagberg (forvitret, dårlig berg), og stabiliteten ved så liten overdekning vil være følsom for ujevnheter i konturen og bergoverflaten. Det anbefales derfor ikke at det tas ut berg over tunnelen dersom tunnelen ikke kan sikres på forhånd og/eller en lokal kollaps ikke kan tillates.

Konstruksjonslaster fra planlagte byggverk over tunnelen

Vurderinger for avløpstunnelen (se Notat N01) viser at konsentrerte konstruksjonslaster på berget over tunnelen kan redusere tunnelens stabilitet. For overløpstunnelen som har mye mindre bergoverdekning vurderes sannsynligheten for kollaps enda større dersom det plasseres store konstruksjonslaster over tunnelen.

Vurderinger av bæreevnen over en tunnel med så liten bergoverdekning er svært kompleks. Uten sikring med bolter og/eller betong som gir forutsigbare styrke parametere anbefales det ikke å plassere fundamentlaster direkte over tunnelen som øker trykket på bergoverflaten i forhold til dagens situasjon (dvs. dagens byggverk, løsmasseoverdekning og trafikklast).

Dersom større laster må plasseres over tunnelen må det prosjekteres lastbærende sikring /lastfordelende konstruksjoner i samråd med geolog og byggingeniør. I denne sammenheng kan det bli behov for detaljerte beregninger/numeriske analyser.

4 Anbefalt gjennomføring

Det vurderes generelt som sannsynlig at selv relativt små rystelser (fra sprengning og pigging) fra anleggsvirksomhet kan føre til nedfall av mindre stein i tunnelen. Det må derfor legges opp til at tunnelen overvåkes/inspiseres med jevne mellomrom gjennom hele anleggsperioden. Inspeksjoner kan i prinsippet gjøres med ROV dersom personopphold i tunnelen ikke er praktisk eller vurdert som tilstrekkelig sikkert mht. HMS.

Dersom det forekommer større nedfall av steinmasser i tunnelen, må rasmaterialet fjernes og omfanget vurderes mht. en ev. ustabil situasjon (totalstabilitet). Det vil i et slikt tilfelle kunne bli nødvendig med personopphold i deler av tunnelen. For at opphold i tunnelen ved et slikt tilfelle blir forsvarlig, anbefales tunnelen arbeidssikret i forkant av alle anleggsarbeider som medfører betydelige rystelser.

For arbeidssikring anbefales det å sikre heng vederlag i hele tunnelen. Best sikkerhet vil man kunne oppnå med fiberarmert sprøytebetong i kombinasjon med bolter. Sprøytebetong vil kunne forbedre totalstabiliteten og detaljstabiliteten i tunnelen betraktelig, slik at anleggsarbeider vil kunne foregå noe mindre varsomt og med en større grad av forutsigbarhet. Det er imidlertid usikkert hvorvidt sprøyting er praktisk gjennomførbart mht. tilkomst og prell (forurensing, må avklares med Bergen Vann). Alternativt anbefales det at hengen/vederlag kles inn med steinsprangnett/flettverksnett i kombinasjon med bolter. Det er gjort gode erfaringer i flere VA-tunneler i Bergen der man har hengt opp nett klamret tett inntil bergoverflaten med korte ekspansjonsbolter (hiltibolter, $\varnothing 12/L160\text{mm}$) og underlagsplate, før man installerer lengre bergbolter igjennom nettet. Nettsikring vil imidlertid ikke kunne styrke totalstabiliteten i tunnelen like godt som sprøytebetong da det vil tillate en viss deformasjon før det aktiveres, men det vil gi arbeidssikkerhet mot ev. nedfall av mindre stein ilt. anleggsfasen og vil kunne låse fast «nøkkeblokker» i konturen.

I tillegg til sprøytebetong eller nett, anbefales heng/vederlag sikret systematisk med én til to raster $\varnothing 20/L1,5$ m kamstål bolter. Bolter kan endeforankres med polyester (ev. to patroner pr bolt). Montering av bolter vil sannsynligvis måtte utføres med håndholdt utstyr pga. begrenset tilkomst og arbeidsrom for borerigg. Bergbolter med tilbehør og nett må være dobbelt korrosjonsbeskyttet.

Etter arbeidssikringen i heng er utført, anbefales det at man så tidlig som mulig i anleggsfasen graver av berget direkte over tunnelen (så langt det lar seg gjøre), for å bestemme den faktiske bergoverdekningen. Bergflaten må da også inspiseres av geolog mht. bergets kvalitet. Dersom bergoverdekningen lokalt er spesielt liten eller bergkvaliteten er spesielt dårlig, kan det bli behov for lokalt supplerende sikring fra dagen for å minimere risikoen for en lokal kollaps av tunnelen. Dersom det oppdages spesielt dårlige/følsomme tunnelavsnitt, bør berguttak i umiddelbar nærhet begrenses til tørrværsperioder, slik at konsekvensen ved en kollaps (dvs. hindring av gjennomstrømming og ev. flom) reduseres. Ved en ev. kollaps må rasmassene renskes ut av tunnelen, og tunnelkonturen erstattes med armert betongkulvert.

Med tilstrekkelig sikring og overdekning forventes det at det vil være mulig med forsiktig sprengning og pigging innen 5-10 m fra tunnelen. For å minimere rystelser og støt mot tunnelen kan det som nevnt være aktuelt å benytte mer skånsomme «sprengstoff» som Royex e.l. i nærheten av tunnelen. Forsiktig berguttak med hydraulisk splitting/kiling og/eller wiresaging kan sannsynligvis utføres innen 3 m fra tunnelen uten at dette påfører tunnelen betydelige skader. For uttak av berg nærmere enn 3 m fra tunnelen vil den stabiliserende effekten av bergbolter bli mer og mer uforutsigbar. For berguttak på inntil 2 m fra tunnelen (spesielt over tunnelen) må tunnelen sikres systematisk med bolter fra innsiden. Berguttak nærmere enn 2 m anbefales ikke, med mindre tunnelen kan sikres fra innsiden med betong/sprøytebetong eller at en ev. lokal kollaps med påfølgende gjenoppbygging tillates.

For plassering av støttestruksjoner og brønner bør en sikkerhetsavstand på 3 - 5 m overholdes.

Dersom det blir aktuelt å plassere fundamenter direkte over tunnelen, må tillatt bæreevne/såletrykk beregnes med bl.a. numerisk modellering. Det forventes at tunnelen som har en liten spennvidde, med tilstrekkelig boltesikring og min. 3 m bergoverdekning kan tåle typiske fundamentlaster fra planlagte bygninger, men laster bør med tanke på usikkerheten projeksjoneres lavt. Ved bergoverdekning mindre enn 3 m anbefales det at påført last ikke overskrider dagens egenvekt av berg, løsmasser og eksisterende bygninger (stipulert 200 – 300 kN/m²). Det anbefales at fundament laster fordels på siden av tunnelen med f.eks. lastfordelingsplater e.l. Dersom fundamentlaster blir for store kan man også vurdere å målrettet åpne opp tunnelen for å støpe lastbærende elementer, der bæreevnen på berg ellers vil medføre en stor usikkerhet.

4.1 Rystelser

Dersom tunnelen sikres med bolter før sprengning forventes rystelseskravene å kunne fastsettes til maksimalt 30 mm/s (iht. Tabell 3).

Dersom tunnelen ikke sikres fra innsiden som foreslått over, anbefales det å fastsette rystelseskrav på 15 mm/s for å minimere sannsynligheten for nedfall mest mulig.

Dersom tunnelen kan sikres med sprøytebetong fra innsiden kan man fastsette grenseverdier på maksimalt 50 mm/s.

Rystelsesgrenser oppgitt her er imidlertid å anse som foreløpige, og kan måtte endres dersom nye opplysninger fremkommer.

Bergen Vann skal varsles om sprengningsarbeidet, og det skal i forkant for arbeidene undersøkes om Bergen Vann har egne krav til varslingsrutiner, vibrasjonsgrenser og sikkerhet for tunnelen.

Plassering av rystelsesmålere avtales med geolog før montering. Det kan bli behov for å måle rystelser i tre akser. Rystelsesmålere anbefales monteres på innsiden av tunnelen nærmest sprengstedet, men dersom dette ikke er gjennomførbart må rystelsesmålere monteres på bergflaten over tunnelen.

Tabell 3 Basisverdier for toppverdi av uveid svingehastighet avhengig av bergkvalitet (NS8141-1:2022).

Beskrivelse av tilstanden til tunnel/bergrom	V _{tunnel a, b} [mm/s]
Dårlig berg, kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytebetong	30
Dårlig berg, armert sprøytebetong sikret med bolter	50
Dårlig berg, sikret med full utstøpning	100
Godt berg kun spredt bolting eller ingen forsterkning, eller uarmert sprøytebetong	50
Godt berg, armert sprøytebetong sikret med bolter	100
a Dersom tunnelen eller bergrommet ikke er i bruk, kan det vurderes å heve de angitte grenseverdiene med en faktor på 1,25 b Tekniske installasjoner i tunneler kan være styrende for grenseverdien. Data for teknisk utstyr i tunnelen eller bergrommet kan innhentes fra teknisk regelverk eller fra leverandør.	

5. Geologisk oppfølging under prosjektering og i anleggsfasen

Det anbefales at geolog er jevnlig involvert (og informert) både under prosjektering og i oppfølgingen av anleggsfasen/grunnarbeidene.

I prosjekteringen må planlagt grunntrykk over tunnelen avklares med geolog for å vurdere behov for bergforsterkning. Bunnkoter for berguttak må avklares med geolog iht. tidligere diskuterte risikoer.

Før grunnarbeidet må geolog også involveres i en tilstandsvurdering av tunnelen mht. behov for sikring. Geolog må også involveres for plassering av rystelsesmålere før berguttaket begynner.

Under anleggsarbeidet anbefales det at geolog inspiserer bergoverflaten over tunnelen etter avgraving (dvs. før pigging/sprenging) for å tilse at bergforholden er som forutsatt. Etter berguttak over tunnelen er ferdigstilt, anbefales det at geolog gjør en visuell kontroll på innsiden av tunnelen for å vurdere om forholdene er å anse som uendret.

Referanser

- [1] ISRM, The complete ISRM suggested methods for rock characterization, testing and monitoring: 1974-2006, Ankara: ISRM, 2007.
- [2] NGI, «Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.,» NGI, Oslo, 2015.
- [3] Sweco Norge AS, «NOTAT 01 FOR VANN OG AVLØP,» Sweco, Bergen, 17.03.2021 .



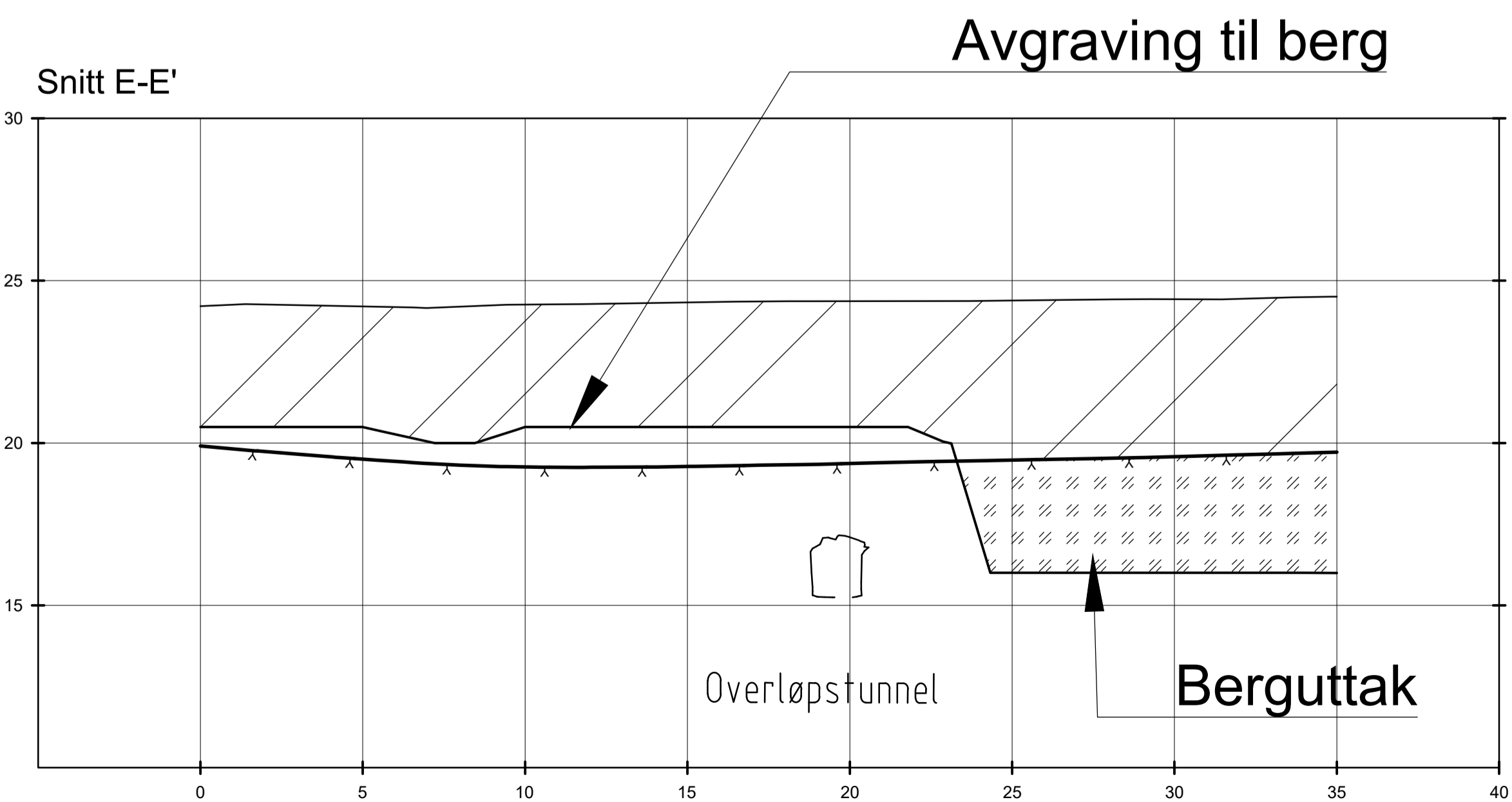
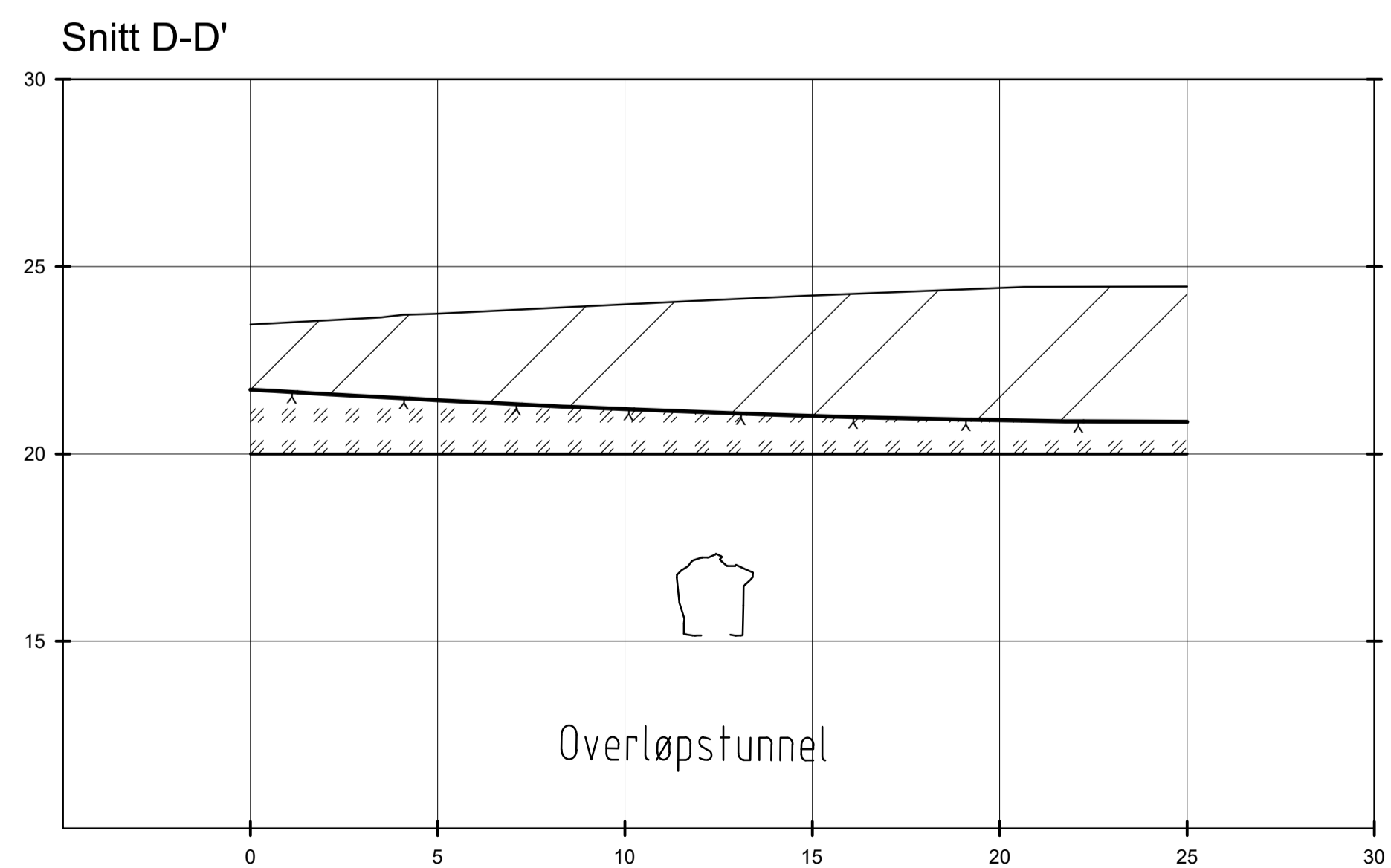
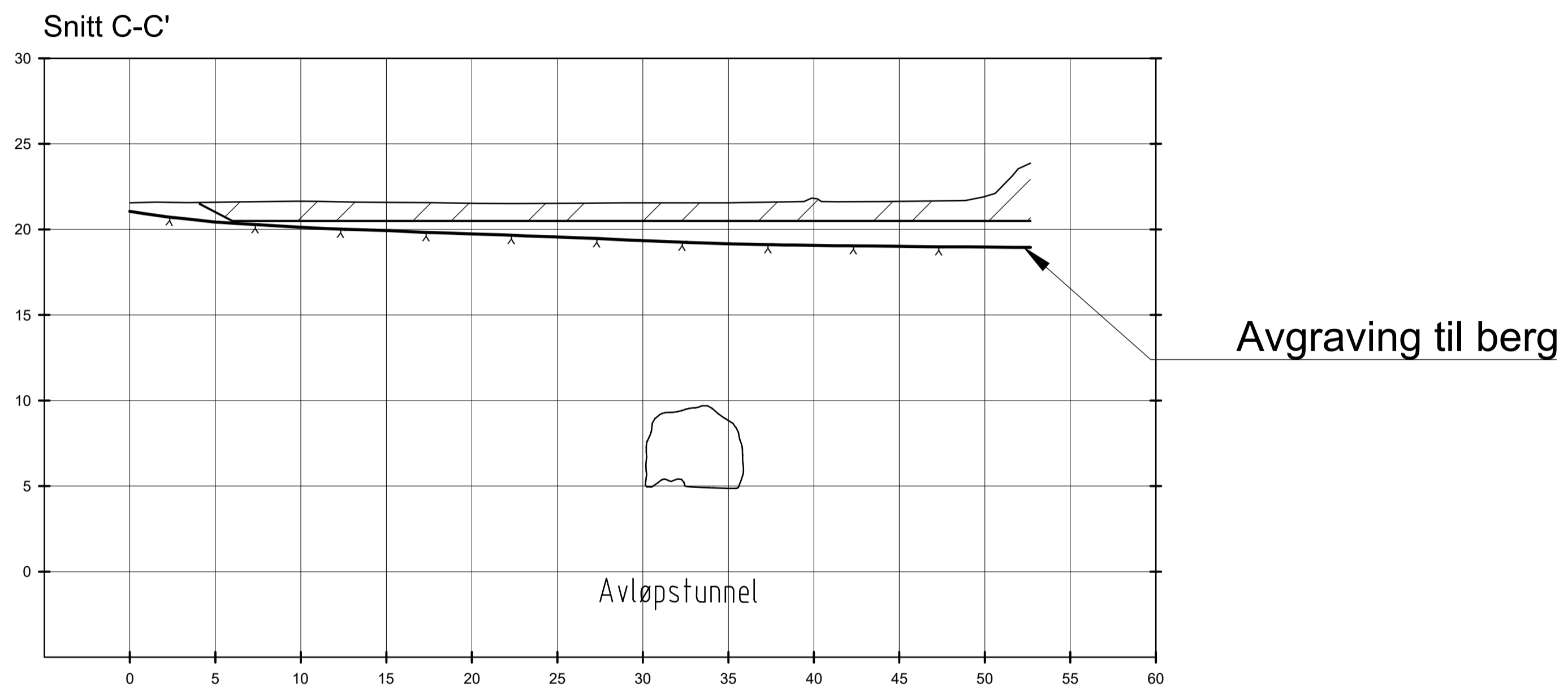
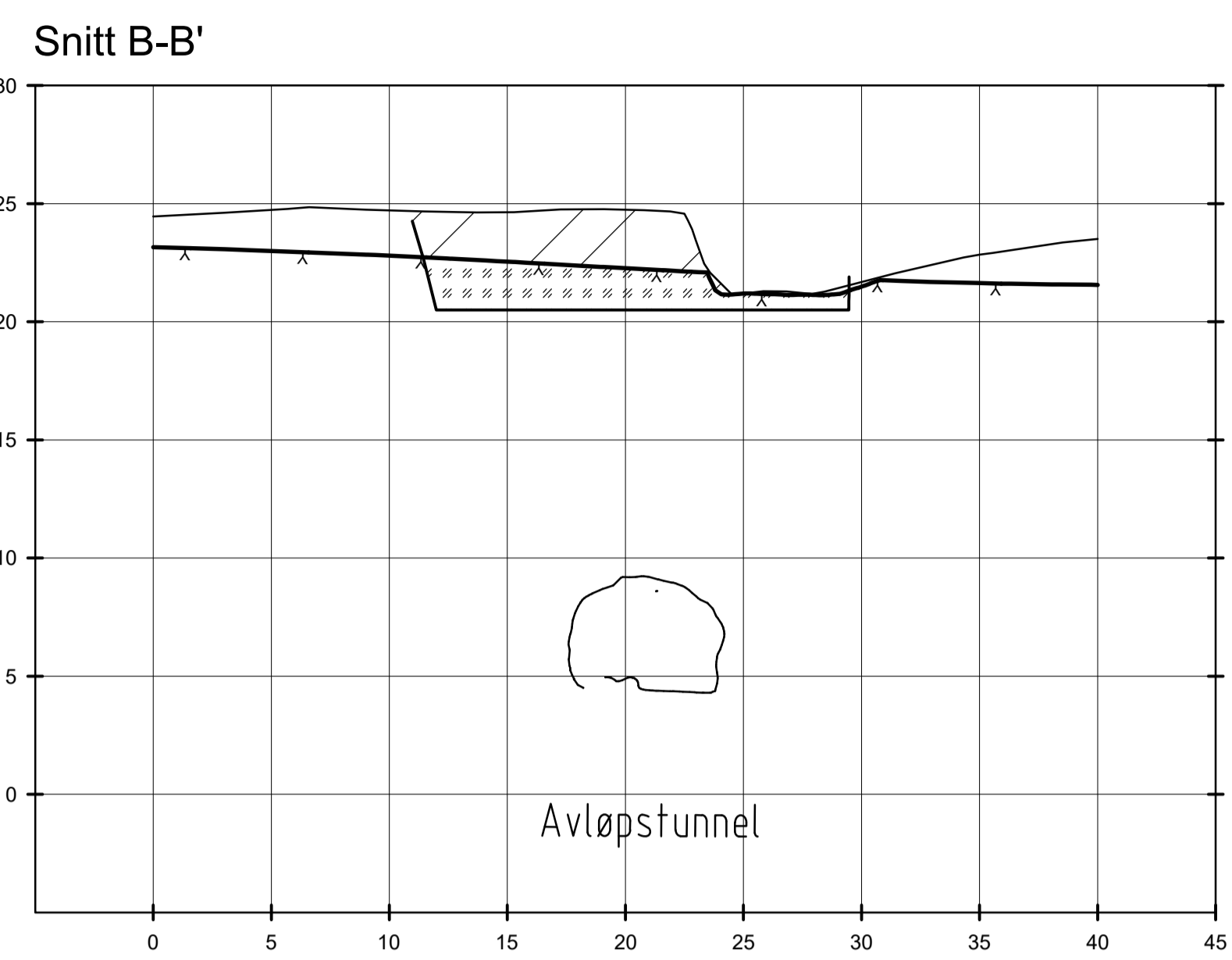
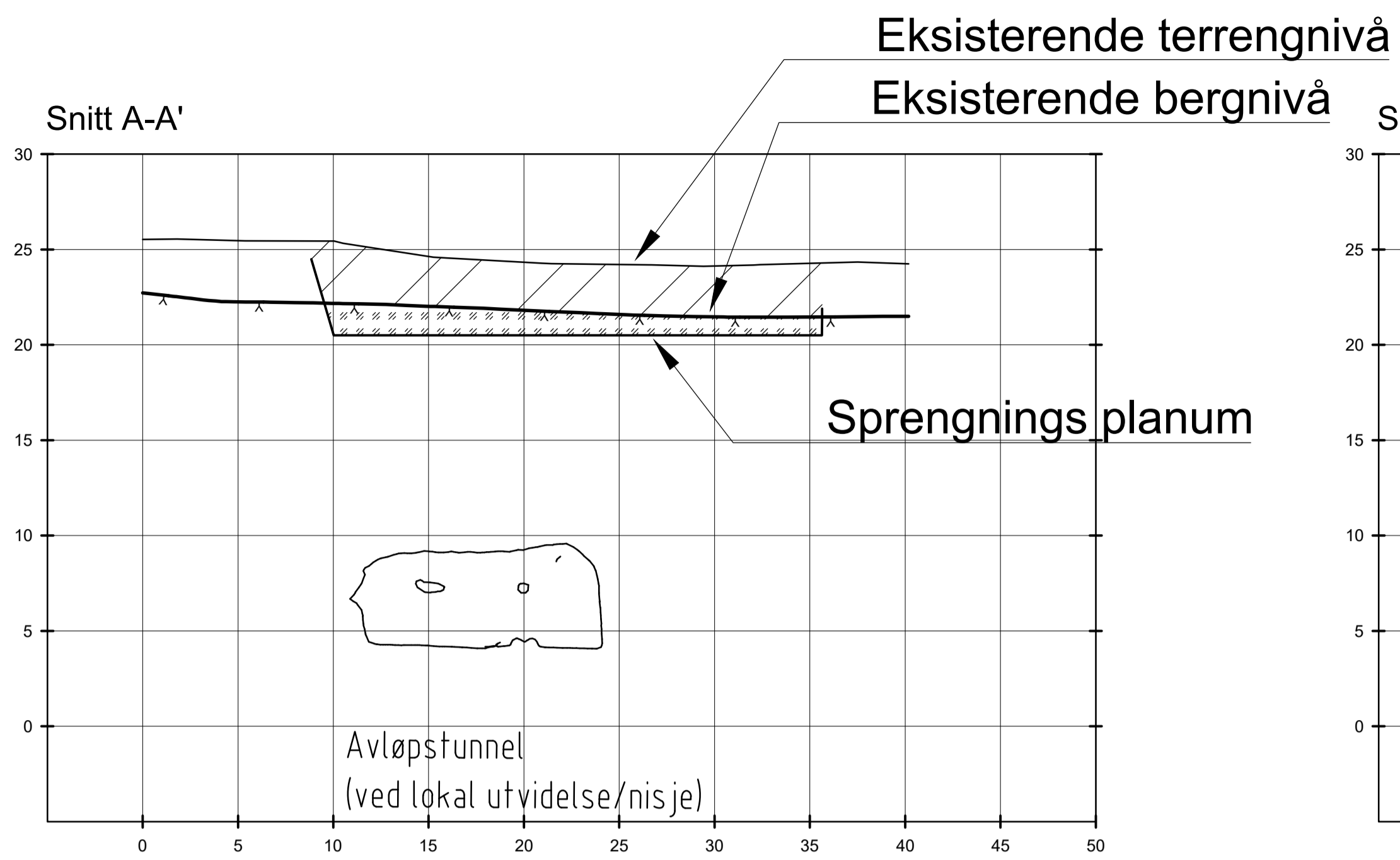
ANMERKNINGER:
 Denne tegning viser område for grunnarbeider/ sprengning i nærheten av eksisterende VA-tunneler.
 Angitte nivåer er planlagt sprengningsplanum/-nivå, dersom ikke annet er angitt.
 Bygninger er ikke vist.

HENVISNINGER:
 Byggegrop, snitt G-40-001

- Notat - Geologisk vurdering overløpstunnel
- Notat - Geologisk vurdering avløpstunnel

Rev	Revisjonen gjelder	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
	Prosjektnavn: Fabrikkgaten 3-5				19.12.23
	Oppdragsgiver: Luna AS				Prosjektleder: Erling Mathiesen
					Prosjektleder: Roger Kaspersen
					Prosjektnummer: 10231760
					Målestokk: 1:350
					Koordinatsystem: UTM32
					Vertikalsystem: NN2000
					Arkformat: A1
					Statuskode: G
					Tegningstatus: Planforslag
					Revisjon: 0
					Tegningsnr: G-20-001
	Utført av: NOFELI	Kontrollert av: NOROKA	Godkjent av: NOROKA		





ANMERKNINGER:

Denne tegning viser sentrale områder/snitt der det er planlagt sprengningsarbeider i nærheten av eksisterende VA-tunneler.

Alle tall i meter

HENVISNINGER:

Planfegning, byggegrupp, G-20-001

- Notat - Geologisk vurdering overløpstunnel
- Notat - Geologisk vurdering avløpstunnel

Rev	Revisjonen gjelder	Utført	Kontr.	Godkjent	Dato
	Prosjektnavn: Fabrikkveggen 3-5				19.12.23
	Oppdragsgiver: Luna AS				Erling Mathiesen
					Roger Kaspersen
					10231760
					1:350 og 1:150
					UTM32
					NN2000
					A1
					G
					Planforstag
					0
					G-40-001



Utført av	Kontrollert av	Godkjent av	Tegningsnr
NOFELI	NOROKA	NOROKA	G-40-001

18.01.2024

Opprettet av: Felix Kluge
 Prosjektnummer: 10231760
 Prosjekt: Fabrikkgaten 3-5
 Kunde: Luna AS
 Prosjektleder: Roger Kaspersen

Møtereferat

Sted	Sweco, Fantoftvegen 14P, 5072 Bergen		
Dato	17.01.24	Tid	Kl. 10.00 – 11.00
Deltakere	Felix Kluge	Sweco Norge AS	
	Øystein L. Opsal	Sweco Norge AS	
	Helge Moberg	Wimo Fjellsikring AS	
	Finn-Erik Moberg	Wimo Fjellsikring A S	
Kopi til	Roger W. Wiksnes	OBOS AS	

Agenda: Fabrikkgaten 3-5 : Gjennomførbarhet av bergsikring i Overløpstunnel

Oppsummering:

I forbindelse med OBOS sin planlagt utbygging av Fabrikkgaten 3-5 er det gjennomført et arbeidsmøte med Wimo Fjellsikring AS for å diskutere gjennomførbarheten og forutsetninger for utførelse av fjellsikringen i Overløpstunnelene.

Pga. umiddelbar nærhet fra planlagt berguttak på tomten til eksisterende tunnel, er det nødvendig med bergsikringstiltak, fortrinnsvis innefra tunnelen, for å minimere sannsynligheten for blokkutfall og i ytterste konsekvens tunnelras/-kollaps.

Wimo Fjellsikring AS vurderer sikringstiltak prinsipielt som gjennomførbart. Bolter vil måtte utføres manuelt med knemater, da det ikke er tilkomst for borerigg.

For planlagte arbeider i tunnelen forutsettes det at tunnelen kan ventileres, at det monteres arbeidssikring t.o.m. arbeidsområdet, og at arbeidene begrenses til tørrværsperioder for å ikke risikere oversvømmelse i tunnelen.

Det forutsettes også at det kan lages en utvidet tilkomst til personell og materiell/utstyr fra Solheimsvann-siden, og at dette godkjennes fra Bergen Vann.

Pkt. Beskrivelse	Ansvarlig:	Frist:
------------------	------------	--------

Gjennomgang av grunnlag og arbeidsomfang

Tilgjengelig grunnlag og planlagt sikringsomfang ble presentert, her kort oppsummert:	Sweco
---	-------

-
- Tunnel scann og dimensjoner, bredde ca. 1.5 – 2 m, høyde ca. 1,8 – 2 m
 - Planlagt byggegrop med forventet berguttak over tunnelen og på siden og gjenstående bergoverdekning anslått lokalt til 2,3 m
 - Planlagt bergsikring fra innsiden av tunnelen før berguttak, bolter (1,2 - 1,5m lengde) og flettverksnett
 - Ev. fiberarmert sprøytebetong er ønskelig, men ikke kritisk nødvendig
 - Anslått kritisk område for systematisk bergsikring ca. 30 m lengde av tunnelen, dvs. ca. 25 m nord for en betongkonstruksjon i tunnelen og ca. 5 m sør for denne.
 - Betongkonstruksjonen ligger ca. 40 m fra inntakskonstruksjonen ved Solheimsvannet og ca. 90 m fra nærmeste kum i Fabrikkgaten.
 - Nord for betongkonstruksjonen svinger tunnelen fra en nordvestlig orientering mot en mer nordlig orientering i retning Fabrikkgaten
 - Eksisterende tilkomst og rømningsveier (iht tiltakskort 1 vaktmann v/ Bergen Vann mottatt 10.03.23) ble presentert: en kum nord i Fabrikkgaten (ved Inger Bang Lundsvei 19) med dybde 5,5 m, en kum lengre sør i Fabrikkgaten (i kryss) på nordvestlig hjørne av Fabrikkgaten 5 med dybde 10 m, og fra rist/ terskel i inntakskonstruksjonen ved Solheimsvannet.
 - Risikovurdering for befarings av tunnelen (mottatt fra Bergen Vann, datert 15.02.23) er gjennomgått og inkluderer fare for: drukning, fallende gjenstander (stein), skli/snuble/falle, dårlig lysforhold, utilstrekkelig ventilasjon, innånding av farlige gasser, oksygen mangel, smittefare, ikke tilfredsstillende rømningsvei.
 - Video fra ROV-filming (mottatt fra Bergen Vann 13.03.23) er vist for det gjeldende område. Den viser bla. fritt vannspeil på betongsåle (antageligvis), betongvegger på hver side og råsprengt berg i heng.
 - Presentasjon fra møtet oversendes til WIMO

Generelt om gjennomføring

- Wimo vurderer montering av bolter $\varnothing 20\text{mm}/L$ 1.2 – 1.5 m og flettverksnett 50x50x2,7mm i tunnelheng generelt som gjennomførbar
 - Bolter må monteres med knemater. Stipulert ca. 60 stk.
 - Bolter endeforankres med lim/polyester, ev. 2 patroner pr. bolt for å tilsvare «full innstøpning» (2 patroner ved tetttoppsprukket berg).
 - For montering av nett må det benyttes et rullestillas for tilkomst i høyden med håndholdt boremaskin
 - Det blir behov for opphold av min. 3 personer i tunnelen om gangen, ev. også en fjerde person som vakt ved inngang, som kan kommunisere med fjellsikringslaget i tunnelen.
-

- Det stipuleres sammenlagt ca. 2 måneder effektivt arbeid for utførelsen
- Utførelse av sprøytebetong må avklares med sprøytelag, men foreløpig anses det å være gjennomførbart. Må muligens bore hull fra dagen ned til tunnel for slangegjennomføring
- Dersom man skal lage et borehull til å forbedre tilkomsten for utstyr må dette være stort nok for gjennomføring av en 4 tommer slange.
- Utføring av sprøytebetong anses som det gunstigste alternativet både for detalj- og totalstabiliteten til tunnelen, men er ikke en absolutt nødvendighet for tiltaket.

HMS

- Det utarbeides en SJA plan for arbeidene før igangsettelse, som adresserer punkter fra risikovurderingen til Bergen Vann i tillegg til ev. andre punkter som fremkommer i WIMOs egen risikovurdering av arbeidene WIMO
- Tunnelen ventileres før arbeidene. Det foreslås å bytte ut en eller to kumlokk i Fabrikkgaten med kumrist og anbringe vifter/luftekanal i indekstruksjonen ved Solheimsvannet. Personell i tunnelen må alltid benytte godkjente gassmålere som kontinuerlig måler oksygenivå samt farlige gasser som kan oppstå i overvann/avløpstunneler.
- Arbeidene kan kun utføres i tørrværsperioder, dvs. ikke i perioder med mye nedbør og høy vannstand i tunnelen/ved terskelen. Dette både mht. drukningsfare og arbeidsforhold.
- Tunnelen må trolig arbeidsikres med spettrensk og flettverksnett+nettbolter/hiltbolter fra tilkomsten (Antatt inntakskonstruksjonen) t.o.m. det gjeldende arbeidsområdet, slik at arbeidslaget alltid har ryggen mot et sikret område (rømningsvei).
- Det må lages en utvidet tilkomst/rømningsvei gjennom rist i inntakskonstruksjonen (må godkjennes av BV)
- Personell som skal arbeide i tunnelen må være erfarne fjellsikrere, være vaksinert for å jobbe i overvann/avløpstunneler, og må benytte alt nødvendig verneutstyr (hjelme med lyskilde, vernetøy/-sko/-briller/-hansker, samt støv-/åndedrettsmaske).

Forberedelser

- Det avklares hvor tunnelen munner ut i nord (Solheimsviken) og om det ev finnes ev. tilkomstmuligheter for f.eks. utstyr Sweco
- Wimo følger med på vannstanden ved terskelen mht. nedbørsperioder WIMO

- Det avklares med Bergen Vann om overløpstunnelen kan få høy vannstand utenom nedbørsperioder f.eks. planlagt struping av avløpsrør til Holen renseanlegg
- Det lages en utvidet tilkomst for personale til tunnelen gjennom rist i inntakskonstruksjonen ved Solheimsvannet. Utførelse i samråd med Bergen Vann.

Sweco

18.01.2024

Prosjektnummer 10231760
Prosjekt Fabrikkgaten 3-5

Referent

Felix Kluge

Notat - Belastning fra bygg på overløpstunnel

Prosjekt:	Fabrikkgaten 3-5	Prosjektnr.:	10231760
Kunde:	Luna AS	Prosjektleder:	Roger Kaspersen
Utarbeidet av:	Roger Kaspersen	Dato:	29.01.2024
Kontrollert av:	Felix Kluge		<Navn>
Dokumentnr.:	-	Rev.:	0

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
0	29.01.24	Første utsendelse	noroka	nofeli

Innledning

Dette notatet omhandler belastning fra planlagt utbygging i område der utbygging er direkte over eller inntil eksisterende overløpstunnel.

Ved planlagt utbygging er det tatt hensyn til overløpstunnelen. Del av overløpstunnelen som er berørt av utbyggingen begrenser seg til ca 30m lengde av tunnelen. Dybde på berguttak over overløpstunnelen er begrenset til maks 1,5m.

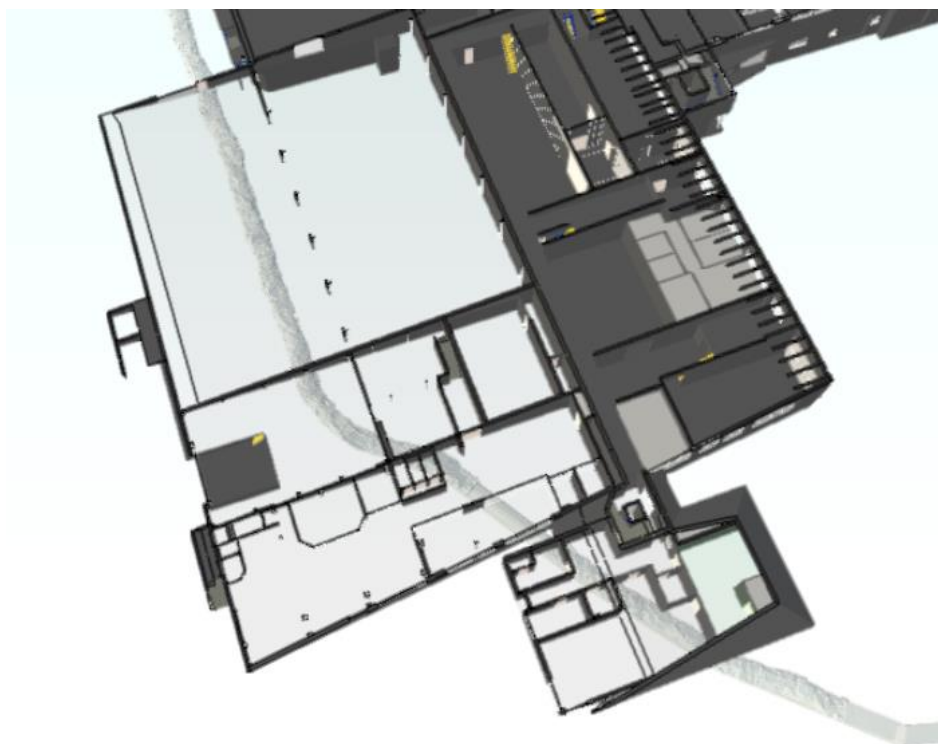
Det vises til tegning G-20-001 og G-40-001

Planlagte sikringstiltak for overløpstunnelen i forkant og under utbyggingen er gitt i andre notater, samt referat etter møte med sikringsentreprenør.

Dagens situasjon

I det aktuelle området er det per i dag bygninger i 2-3 etasjer over overløpstunnelen, se modellutklipp under. I tillegg er det løsmasser med mektighet ca 4m. Belastning fra bygninger og stedlige masser tilsvarer en vertikal belastning på ca 100 kN/m² direkte over overløpstunnelen. Bygninger er planlagt revet og løsmasser fjernes.

Dagens situasjon: Eksisterende bygg (Fabrikkgaten 5) og overløpstunnel



Planlagt utbygging / situasjon

Ved planlagt utbygging er det tatt hensyn til overløpstunnelen.

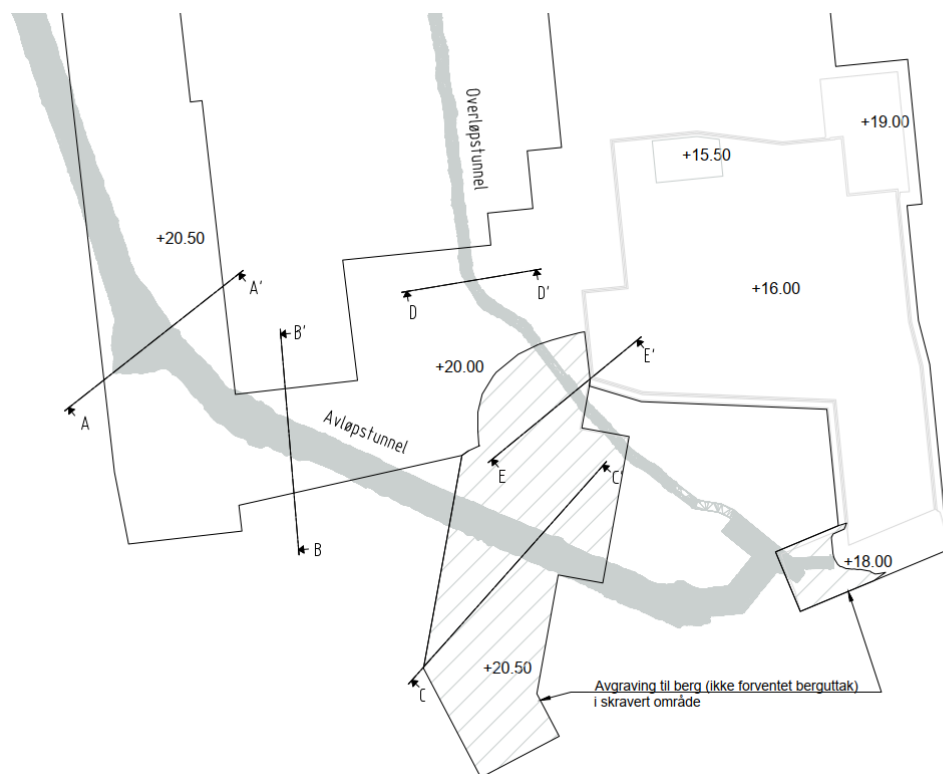
Del av overløpstunnelen som er berørt av utbyggingen (sprengningsarbeider) begrenses seg til ca 30m lengde av tunnelen.

Dybde på berguttak over overløpstunnelen er begrenset til maks 1,5m. (sprengningsplanum kote + 20)

Deler av tomten sprenges ned til planum ca kote +16.

I et lokalt område ligger dette inn mot sidekant overløpstunnel, med minste avstand 4m fra tunnel til fjellskjæring. (se snitt punkt 1)

Det vises til tegning G-20-001 og G-40-001



Vi har sett på belastninger i 2 områder, med planlagt utbygging over tunnelen.

Dette vil være mest belastede områder i forhold til overløpstunnelen.

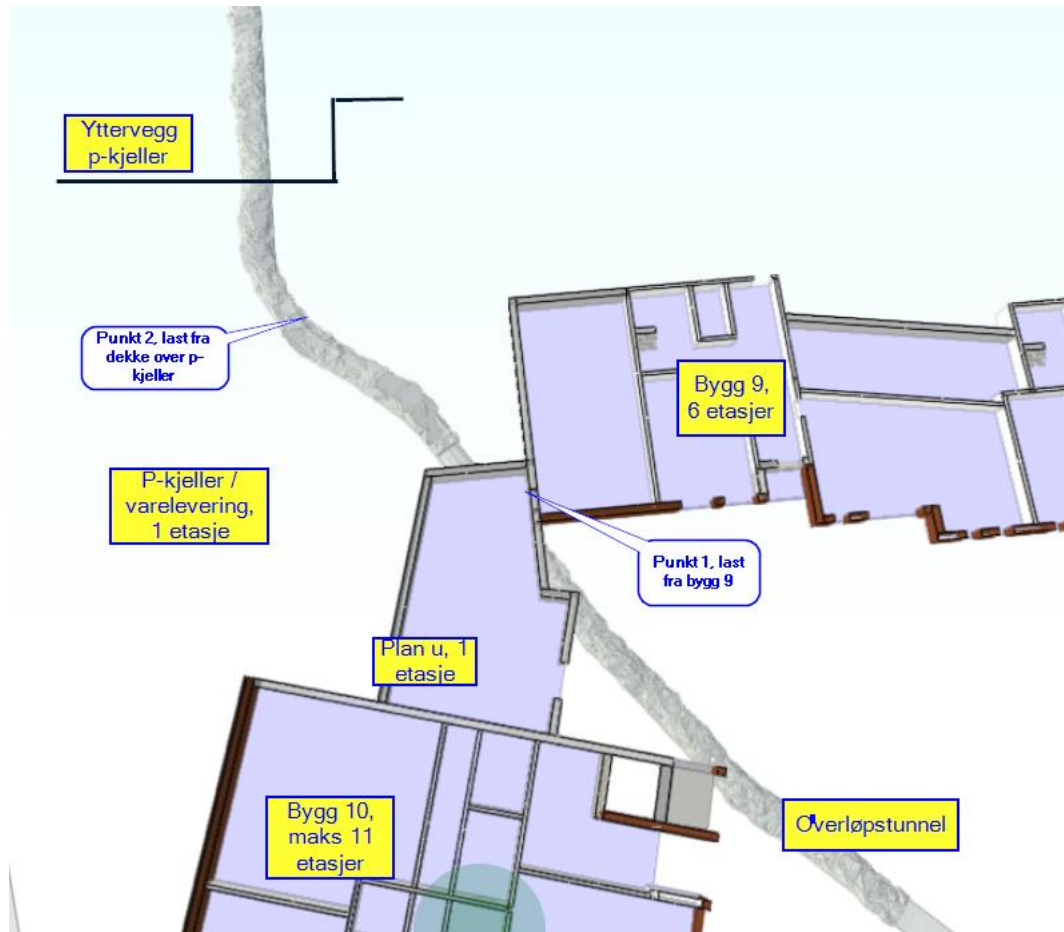
Punkt 1 - last fra bygg 9 + p-kjeller.

Punkt 2 – last fra p-kjeller, uten bygg over

Tillatt vertikalt grunntrykk på overløpstunnel : 250-300 kN/m².

Dette anses å være til sikker side i forhold til fjellkvalitet mm, og kan vurderes nærmere i senere fase av prosjektet.

Planskisse (fra modell): Overløpstunnel og planlagt nybygg



Punkt 1

- Bygg 9, totalt 6 etasjer.
- Bergoverdekning, etter utførte grunnarbeider : 2,2m – 3m.
- Hel betongvegg i plan U, dette gir god fordeling av laster.
- Total last yttervegg/fundament, per m : 500 kN/m
- Kontinuerlig fundament under betongvegg
- Fundamentbredde under vegg: 1,9m
-
- Berguttak ned til kote +16, minimum 4m til siden for tunnel vegg. (se snitt under). Belastning fra bygg på dette nivået anses som ok uten behov for ekstra tiltak.

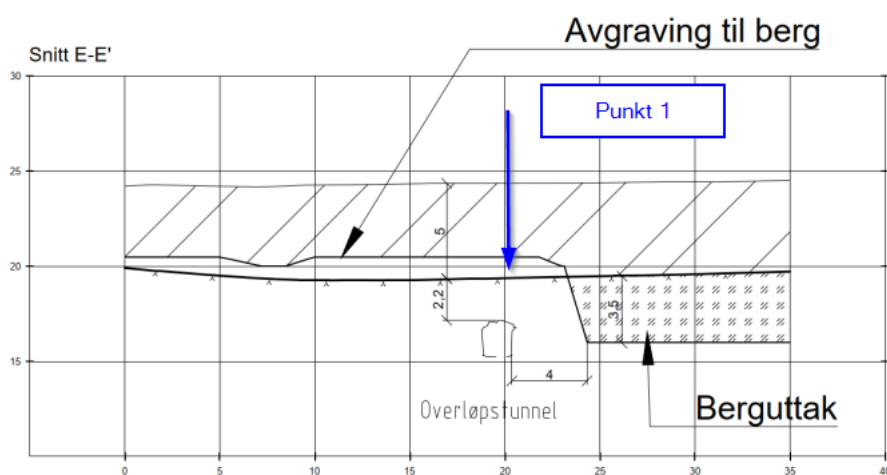
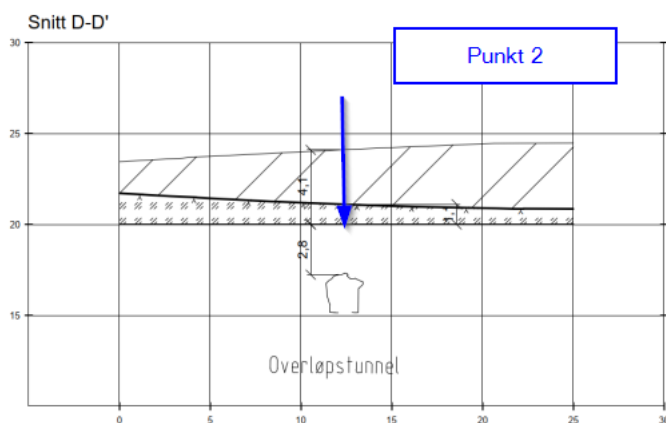
Punkt 2:

- Last fra søylepunkt/ dekke over, 1 etasje.
- Bergoverdekning, etter utførte grunnarbeider : 2,8m – 3,5m.
- 0,5m tung oppbygging + nyttelast 5 KN/m².
- Søyleavstand /rutenett : 7x12m.

- Søylepunkt ligger direkte over overløpstunnel
 - Total last søylepunkt : 2300 kN.
 - Søylefundament : 3,0x3,0m vil være innenfor maks tillatt grunntrykk over tunnelen.
-
- Det tilstrebes en løsning der søylepunkt ikke ligger direkte over tunnelen. Dette må ses nærmere i sammenheng med planløsning og kjøremønster i plan U, i neste fase av prosjektet. I dette tilfellet vil belastning på overløpstunnel bli vesentlig redusert, og en øket grunntrykk fra fundamenter kan tillattes.

I område ved bygg 10 er det ikke behov for berguttak, og overløpstunnelen ligger ikke direkte under bygget. Belastning på tunnelen i dette området er lik eller mindre enn dagens situasjon, og det er ikke behov for å vurdere dette nærmere.

Snitt som viser situasjon i angitte punkter (punkt 1 og 2) :



0

Konklusjon

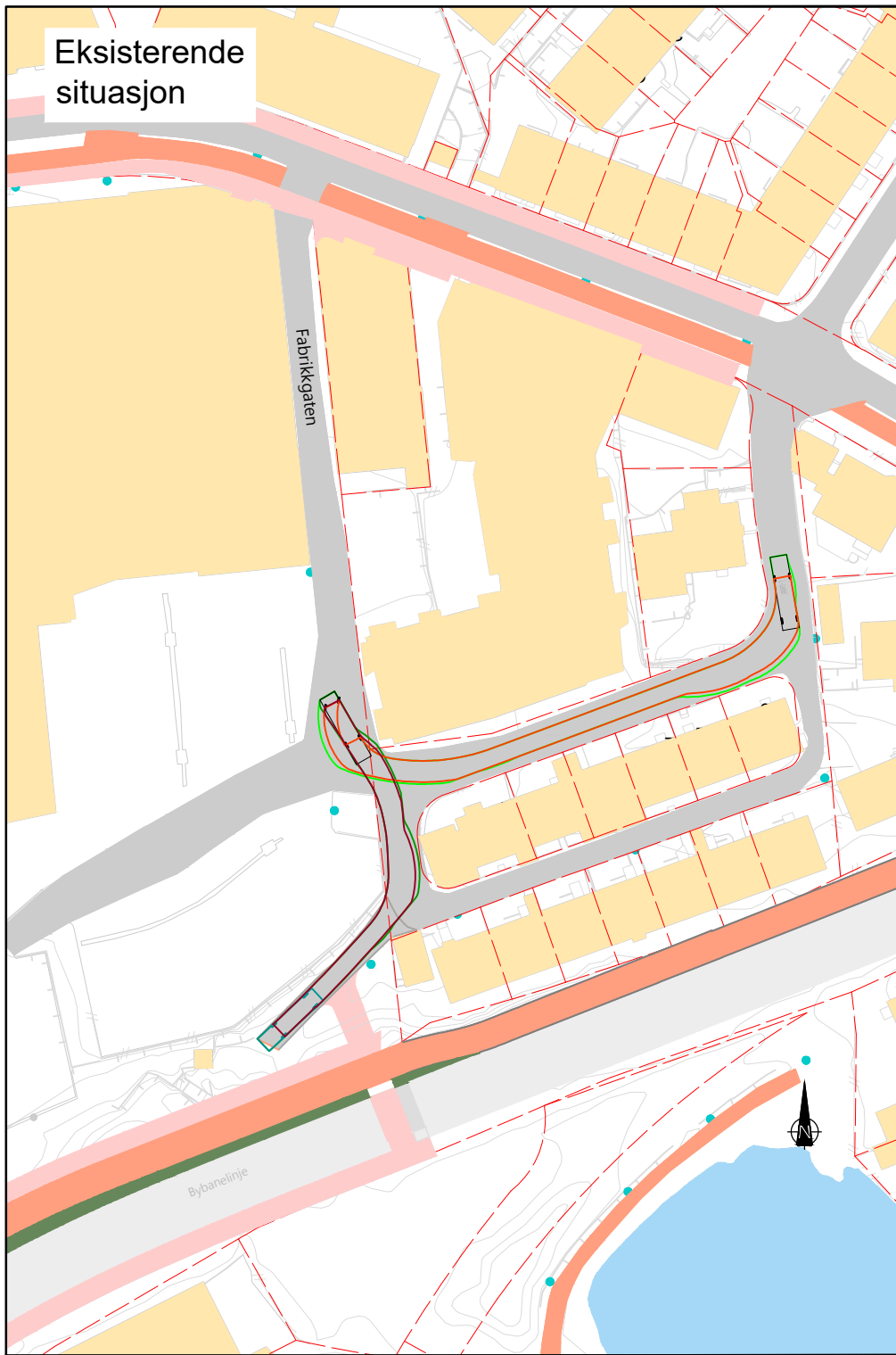
Belastning fra planlagt bygningsmasse på overløpstunnelen er beregnet på skissenivå for typiske / mest belastede områder

Tillatt grunntrykk over tunnelen og fundamentstørrelser er vurdert.

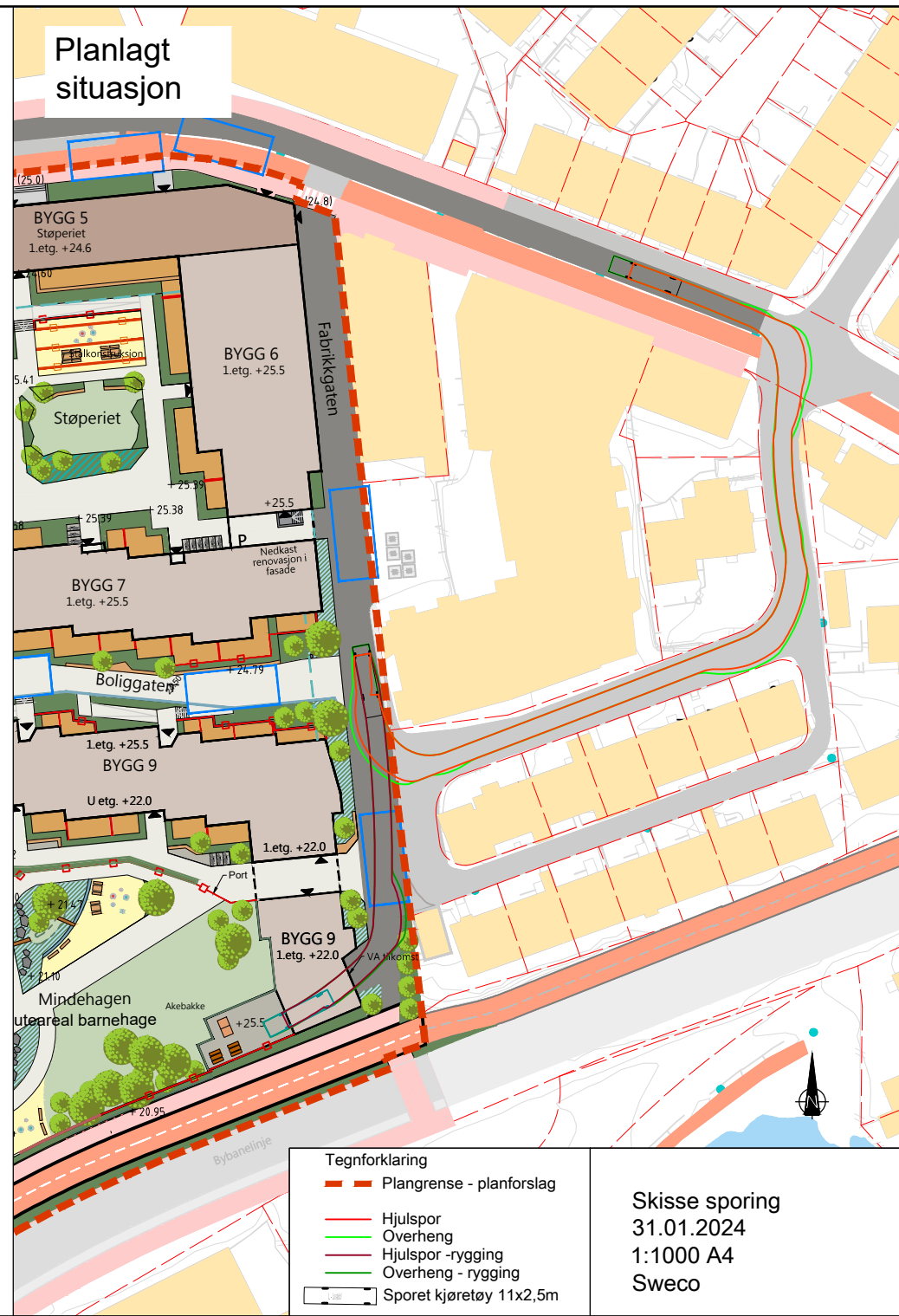
Overløpstunnelen vil ikke utsettes for uakseptable laster, og vil kunne opprettholde sin funksjon under og etter byggefase.

Anbefalte sikringstiltak for tunnelen er angitt i annet notat.


Eksisterende situasjon



Planlagt situasjon



Tegnforklaring

- Plangrense - planforslag
- Hjulspor
- Overheng
- Hjulspor -rygging
- Overheng - rygging
-  Sporet kjøretøy 11x2,5m

Skisse sporing
 31.01.2024
 1:1000 A4
 Sweco