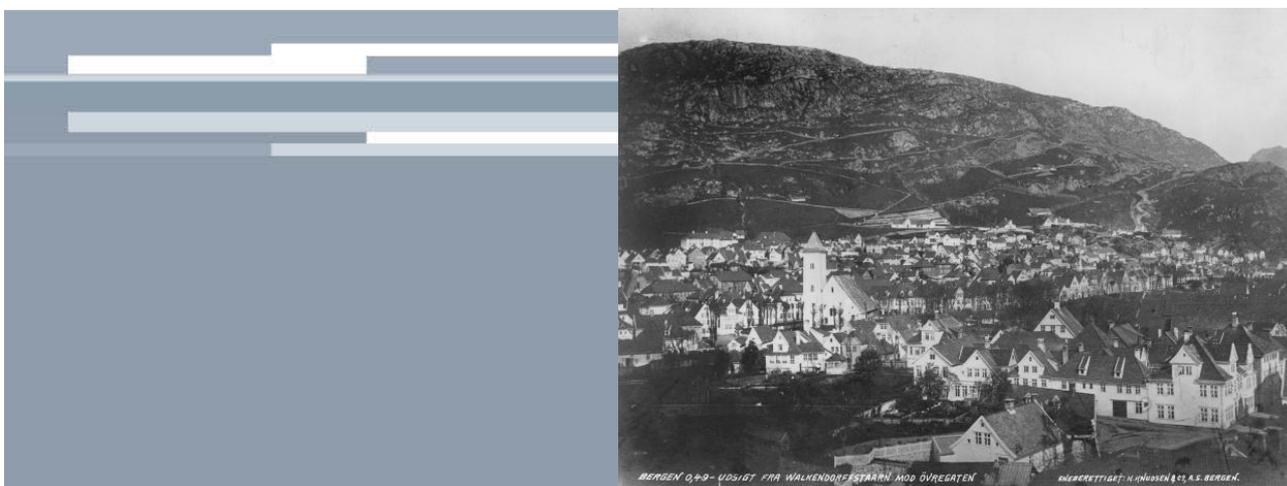


KU Bybanen Sentrum - Åsane - Tilleggsutredning nr 7.

Sandbrogaten, gravedybder, fundamentering og infrastruktur

2013-10-07



Til: Bergen kommune, etat for plan og geodata
 Fra: Norconsult
 Dato: 2013-10-07

KU Bybane Bergen sentrum – Åsane, tilleggsutredning. Sandbrogaten, gravedybder, fundamentering og infrastruktur

Innhold

1	Innledning.....	2
2	Beskrivelse av alternativet	2
2.1	Bane og fundamenteringsbehov	2
2.2	Terreng i Sandbrogaten	4
2.3	Bane i Sandbrogaten og driftsopplegg ved avvik (vending)	4
3	Arkeologi / kulturlag	5
4	Grunnvann – hydrogeologi.....	11
5	Infrastruktur i grunnen.....	13
5.1	Forslag til løsning	14
5.2	Oppsummering infrastruktur.....	17
6	Fundamentering	17
7	Sammendrag og diskusjon	19
8	Konklusjon.....	22

0	2013-10-07	Fagkontroll	OMN	GH	HPD
Rev.	Dato:	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontroll	Godkjent

1 INNLEDNING

Dette notatet vurderer nærmere fundamentering og gravedybder, grunnvann, infrastruktur og kulturminner i grunnen i Sandbrogaten.

I fagnotat av 2013.06.12 fra etat for plan- og geodata, Bergen kommune, anbefales en rekke tilleggsutredninger etter høring av konsekvensutredning for Bybanen, strekningen Bergen sentrum – Åsane.

I fagnotatet beskrives utredning av Sandbrogaten på følgende måte: «*Sandbrogaten er godt kartlagt og presentert i KU. Her er verdifulle og sårbare kulturlag som ligger grunt. Det skal gjennomføres en mer detaljert vurdering av gravedybder og fundamenteringsmetoder sett i forbindelse med grunnvann og infrastruktur i grunnen. Utføres i samarbeid med Bybanen Utbygging, og også sees i sammenheng med siste punkt om VA-anlegg.*» (Notat side 4, punkt e, 1. del).

I dette tilleggsnotatet gis også en kort beskrivelse av driftsopplegg (vending) i Sandbrogaten ved avvik, da dette også ble etterspurt av Riksantikvaren i forbindelse med grunnforhold i Sandbrogaten. (Driftsopplegg/vending på Torget faller ikke inn under alternativ 1Aa og 2Aa som utredes videre, og blir ikke behandlet)

Notatet vil i tillegg svare på Hordaland fylkeskommunes krav om «*Kartlegging og utgreiing av konsekvensane tiltaket i Sandbrogaten kan ha for kulturlaga og kulturminna i Sandbrogaten.*»

Oppgaven skal svares ut i det følgende, og de sentrale spørsmål er da hvor store inngrep Bybanen faktisk medfører i Sandbrogaten (banelegeme og ledningsanlegg), og hvor store inngrep tilrettelegging av VA vil medføre. Det vil legges vekt på å angi relevante høyder og dybder.

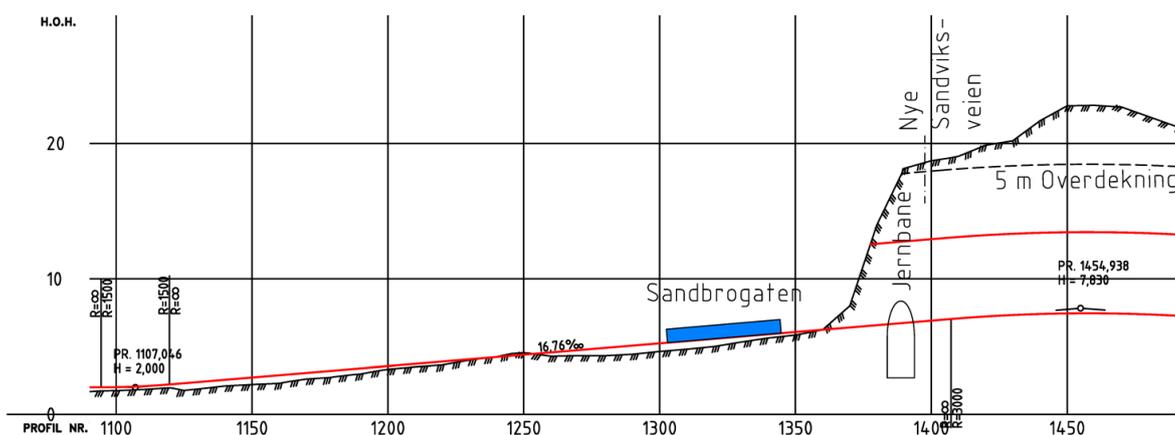
Det må understrekes at notatet ikke er ment som erstatning, men som et tillegg til KU, og må leses i sammenheng med denne.

2 BESKRIVELSE AV ALTERNATIVET

Det gis her en kortfattet generell innføring og beskrivelse av alternativet, som grunnlag for diskusjon og detaljert beskrivelse i følgende kapitler. Driftsopplegg ved avvik blir også gjennomgått her.

2.1 Bane og fundamenteringsbehov

I Kaigaten går banen på innstøpte skinner i plasstøpt betong, på et forsterkningslag av kult og pukk som utjevner setninger, og hindrer eller reduserer tilleggsbelastninger (Figur 1). Denne konstruksjonen går 1 meter ned under bakkenivå, mens rør og fundamenter for master går dypere. Det samme prinsippet kan brukes på holdeplass, selv om de er bredere (her illustrert ved Nonneseter, Figur 2).

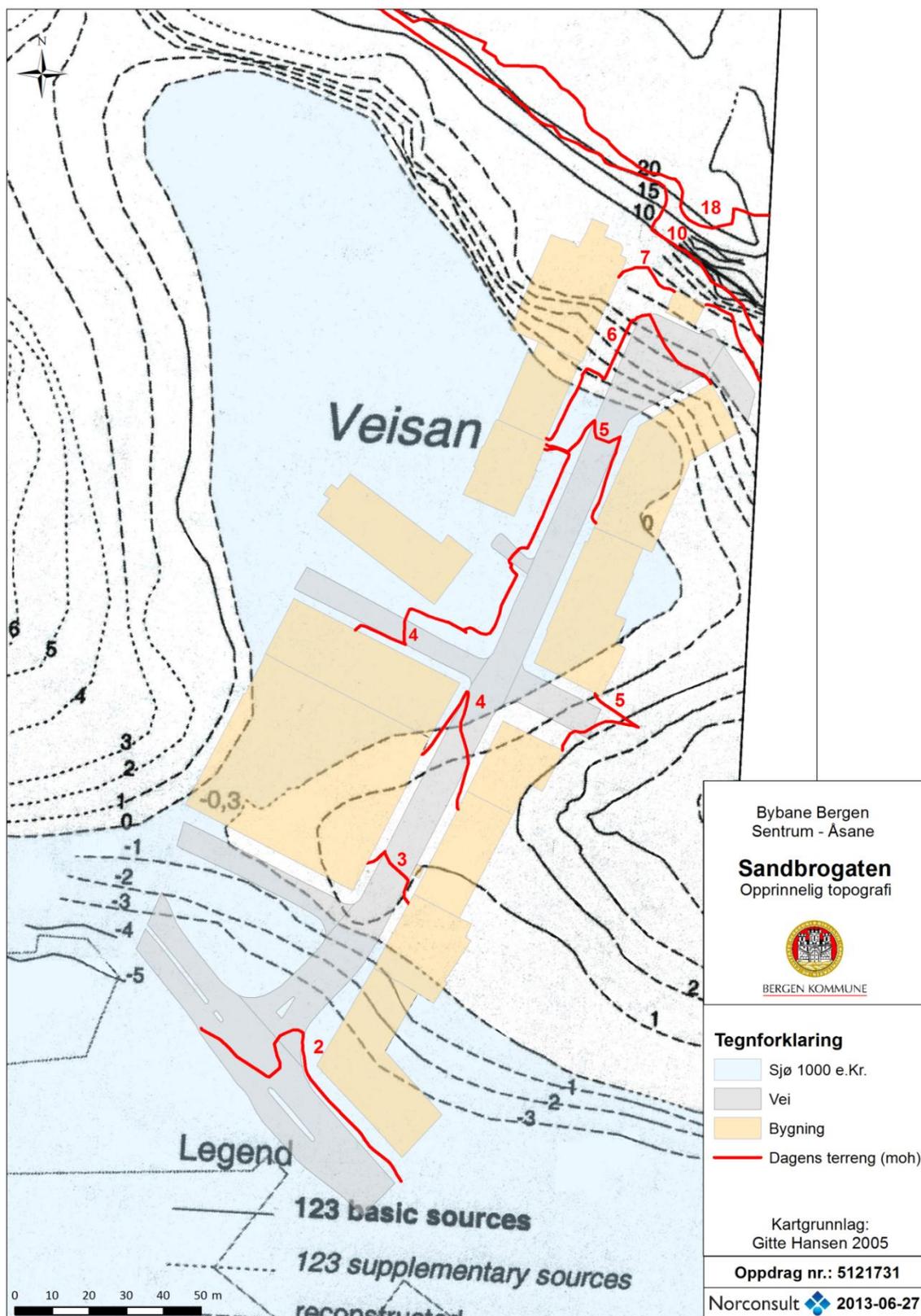


Figur 4: Profiltegning av bane med holdeplass i Sandbrogaten som vist i KU.

3 ARKEOLOGI / KULTURLAG

Sandbrogaten er av stor kulturhistorisk verdi, særlig pga. arkeologiske spor fra byens tidligste fase, og muligheter for paleobotaniske spor tilbake til steinalder.

Dagens Sandbrogate strekker seg over en opprinnelig svært variert topografi. Fra sør dekker strekket Vågen, over en landtunge, deretter innsjø/brakkvannsbasseng/myrområde før en landstripe ved fjellveggen. Denne landtungen var trolig bebygget i byens aller tidligste faser. Innsjøen Veisan betraktes som et kulturhistorisk reservoar, hvor sjøbunnen, under flere faser av utfylling, kan vise pollenhistorie tilbake til steinalder.



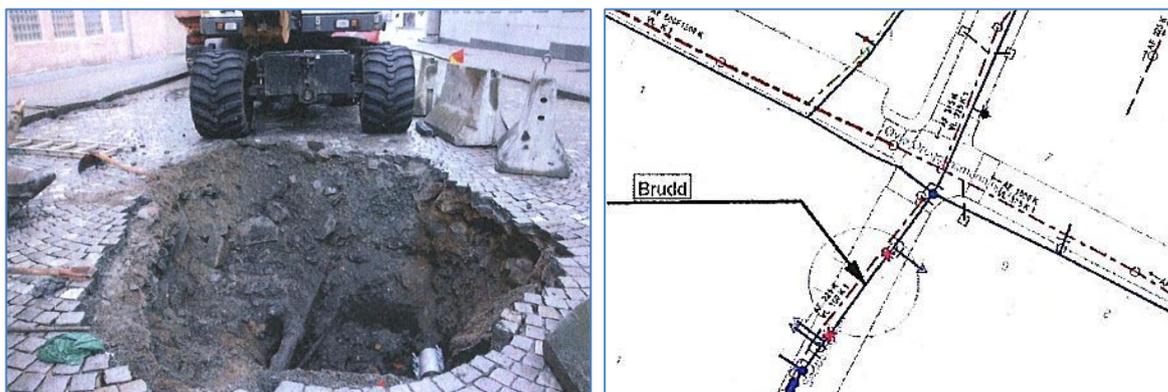
Figur 5: Opprinnelig strandlinje og topografi i Sandbrogaten, etter Hansen 2005. Dagens Sandbrogate med høydekoter i rødt er lagt over opprinnelig topografi og viser dagens høyde over opprinnelig terreng.

Sandbrogaten beskrives som et lite undersøkt område, men opplysninger fra ulike kilder gir oss likevel et visst historisk inntrykk av grunnforholdene i gateløpet, som her beskrives fra sør mot nord, angitt ved adresse. De arkeologiske forholdene i Sandbrogaten er grundig beskrevet i KU og tilleggsdokumenter, det henvises til disse for kilder.

I nedre del av gaten, utenfor Sandbrogaten 1, er det potensial for spor av middelalderse kulturlag, konstruksjoner og fundamentering, bygd over opprinnelig sjøbunn, som kjent fra Bryggen-utgravningene. Ved utgraving av Sildesalslagets tomt i 1956 ble det påvist tømmerstokker mellom 1 og 1,5 meter under bakkenivå i Sandbrogaten 1. Ved graving utenfor Sandbrogaten 1 er det potensial for kulturlag og konstruksjoner en meter under bakkenivå. De øverste av disse vil trolig være etterreformatoriske, og de dypere liggende fra senmiddelalder / høymiddelalder.

Sandbrogaten 3 krysser den opprinnelige strandlinjen. Ved graving i Sandbrogaten 3 ble det påvist bolverkskar av typologisk likhet og plassering til kar fra tidlig 1100-tall. Disse strakte seg en meter opp fra sandbakken. Gaten utenfor Sandbrogaten 3 strekker seg fra omtrent 2,5 til 3 m.o.h. I gaten er det løst angitt at bolverkskar er påvist i sanden på 0 til 0,4 m.o.h. Gaten har her potensial for funn tilbake til tidlig middelalder, men vi savner angivelse av fra hvilken dybde slike lag treffes under dagens bakkenivå. Ut fra opprinnelig topografi kan vi bare anslå at dette vil være mellom 1 og 2 meter under dagens gatenivå

Sandbrogaten 5 ligger over et område hvor det ble påvist strukturer tilbake til før 1100. I gaten utenfor er spor av trolig middelalderbrann påvist 1,35 – 1,45 m under bakkenivå. In situ kulturlag er påvist dypere enn 1,62 m under bakkenivå og «har høyst sannsynlig middelalderdatering», bl.a. ettersom det er påvist flere middelaldergjenstander mellom disse to lagene. 0 – 0,9 meter under bakkenivå er gaten dekket med moderne påfylt veidekke, brostein, pukk etc., fra 0,9 – 1,35 m er det redeponerte humusholdige masser, med organiske komponenter og stein.



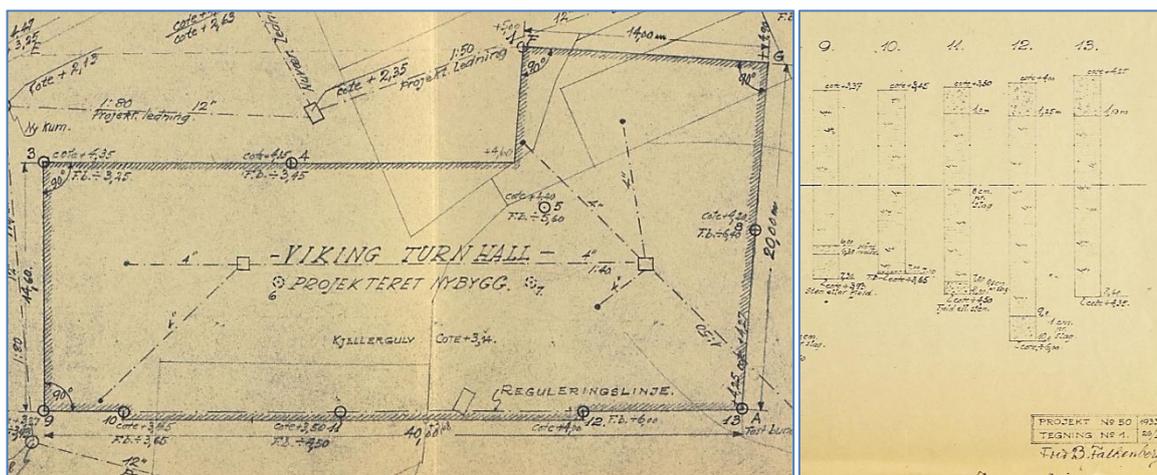
Figur 6: Ledningsbrudd med påviste kulturlag utenfor Sandbrogaten 5. Sandbrogaten 5/7 har felles adresse, og bruddet var like nord for nr. 5.

Krysset mellom Sandbrogaten og Øvre Dreggsallmenning er antatt å ligge over det opprinnelige Veisan, eller like i strandsonen. Gjennom en prøvegrøft i midten av krysset i 1948, ble det påvist trebrogning på 2,5 m.o.h og «noenlunde ren sandbakke i ca + 170.». Krysset ligger noe over 4 m.o.h i dag. Om denne sandbakken representerer påført lag, eller opprinnelig bakke som indikerer at antatt utbredelse av Veisan er uriktig, er usikkert. Prøvegrøften indikerer imidlertid at det er mer enn 1,5 meter ned til kulturlag i krysset.

I Sandbrogaten langs Øvre Dreggsallmenning 7, Vikinghallen, savnes utgravninger, men et lag med trolig middelalderdatering er påvist en grøft vest for veien, ved Proviantmagasinet. Laget ligger

parallelt med høydenivå i Sandbrogaten, omtrent 2,5 meter lavere. Over dette laget lå et 15-30 cm tykt matjordlag trolig fra etterreformatorisk tid. Over er nyere matjordslag. Undersøkelsen kan indikere en dybde på 2 meter til middelalderske kulturlag i Sandbrogaten utenfor Vikinghallen.

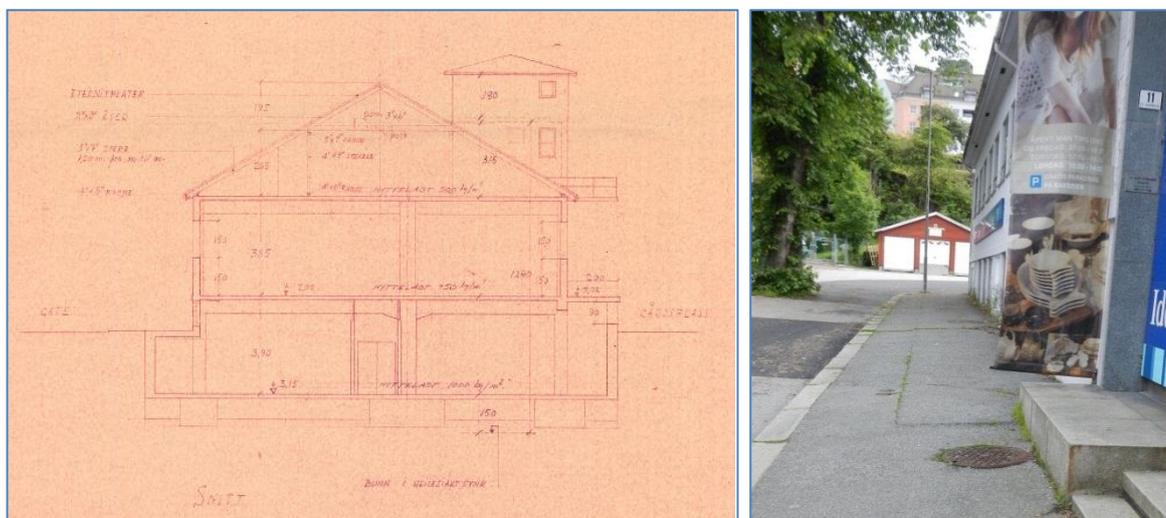
Boreprøver fra bygging av Vikinghallen i 1933 viser at «myr» ble påtruffet 1,5 meter under bakkenivå ved hallens sørvestre hjørne (prøve 13, Figur 7). Lenger mot nord lå myrmasser helt oppe i dagen. Terrenget helte da motsatt av dagens terreng, og korrigeret for dagens høyder er det altså mellom 1,05 til 1,7 meter ned til «myr» av 1933. Dette bekrefter en moderne overdekning (sand og steinfylling) mellom 1 og 1,7 meter langs Vikinghallen. Det underliggende er organiske masser med en ukjent dybde ned til tidligmoderne og til middelalderske lag.



Figur 7: Utsnitt fra prosjekteringstegning av Vikinghallen, 1933. Til høyre er boreprøve 9 til 13, også avmerket på tegning til venstre, langs Sandbrogate. Søylene viser at terrenget hellet motsatt vei av i dag, og mot nord var det myr opp i dagen.

I gaten utenfor Sandbrogaten 11 ble middelalderlag påvist ved 2 meters dybde under observasjon av ledningsbrudd i 2013. Gaten ble tidligere krysset av en reperiabane, men etter boreprøvene fra Vikinghallen å dømme, har terrenget her vært hevet siden den tid, ved sørvestre hjørne av Sandbrogaten 11 med 1,3 meter. Langs det meste av vestsiden har bygningen en kjeller som stikker ut under fortau.

Nord for Sandbrogaten 11 møtes fjellsiden. Trolig har den opprinnelige ferdselsåren til Holmen gått her.



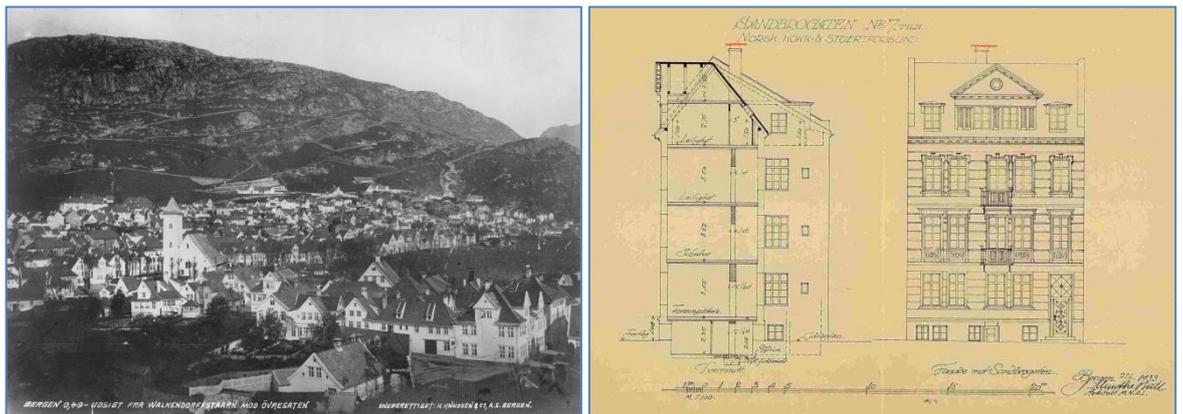
Figur 8: Sandbrogaten 11, prosjekterings-tegning og dagens kjeller synlig i fortauet.

Store deler av opprinnelig deponert masse langs gaten er fjernet. Bradbenken 1 har kjeller som går 2 meter under bakkenivå. Sandbrogaten 1 ble bygget i 1950-årene. Kjeller går mer enn 2 meter under bakken, med gulv på kote -0,30. Sandbrogaten 3 ble bygget i 1950-årene. Kjeller går minst to meter under gatenivå. I Sandbrogaten 5-7 går kjeller minst 4 meter under gatenivå, med gulv på kote -1,10. Den østre bygningsrekken, i nedre kvartal av Sandbrogaten har altså kjellere som går dypt, omtrent i havnivå eller dypere. Øvre Dreggsallmenning 7, Vikinghallen, ble bygget i 1933. Få opplysninger foreligger, men det ble påvist kulturlag med en tykkelse på 2-3 meter og massene ble sjaktet i sin helhet. Dette er trolig bare snakk om massene for kjellervolumet, prosjekterings-tegninger viser Vikinghallen med pelefundamentering. Kjeller går i dag mer enn 2 meter under gatenivå. Sandbrogaten 11 ble utsjaktet omkring 1950. Få opplysninger foreligger, men det ble påvist kulturlag med en tykkelse på 2 meter. Kjeller går i dag mer enn 2 meter ned under bakkenivå. Langs alle disse byggene vil det være en byggegrop fra bunn av bygning og ut i gaten i ukjent bredde. I Sandbrogaten 11 er dessuten dagens kjeller bygget ut under fortauet.

Nedre halvdel av Sandbrogaten var bebygget før gaten ble langt noe mot øst før 50-tallet. De sørligste bygningene hadde ikke kjeller, men det foreligger opplysninger om graving i grunn for røranlegg. Bygningene nord for daværende Brynjulfs gate sto delvis ut i nåværende Sandbrogate, daværende Sandbrogaten 5 og 7. Begge bygningene var bygget ned i bakken, med hhv ca 0,5 og 1 meter.



Figur 9: Sandbrogaten på kart av 1913, med nåværende bygninger og gateløp markert i blått og brunt.



Figur 10: Trehusbebyggelse i nederst i Sandbrogaten til venstre. Bygningene nærmere Øvre Dreggsallmenning dekket ikke dagens gateløp på samme måte, men var bygget ned i bakken, til høyre eksemplifisert med daværende Sandbrogaten nr. 7.

I dagens Sandbrogate går avløpsledninger og vannrør, foruten gassledninger som ikke lenger er i bruk. Disse rørene ligger dypt, og hviler flere steder direkte i kulturlag, noen steder middelalderse.

For å oppsummere grunnforhold i Sandbrogaten i forhold til kulturlag:

Det er svært verdifulle kulturlag i Sandbrogaten. Utenfor Sandbrogaten 5 er det potensial for spor av byens tidligste bosetning på opprinnelig terreng. Antatt opprinnelig terreng er her noe over kote +1 og lavere enn kote +2, det vil si mellom 2 og 3 meter under dagens gatenivå. Imidlertid ligger kulturlag høyere enn dette. De grunnest påviste lagene er utenfor Sandbrogaten 5, hvor kulturlag er påtruffet 1,35 meter under bakkenivå. En kan forvente at det har vært en del forstyrrelser i kulturlagene, ut fra byggegrøper til eksisterende bygninger, et omfattende ledningsnett, også fra tidligere bebyggelse i gaten. I øvre kvartal av gaten er det flere indikasjoner på at middelalderse kulturlag vil treffes rundt 2 meter under bakkenivå. Yngre organiske lag kan imidlertid treffes

grunnere enn dette. Veisan er trukket frem som et paleobotanisk reservoar, men dagens Sandbrogaten er i dag 4 meter og høyere over havnivå i den delen av gaten som går over den opprinnelige Veisan, slik at inngrep i forbindelse med Bybanen ikke vil gå dypt nok til å berøre vann/myrdeponert pollen.

I bestemmelse 6.2.2 gravedybder, i reguleringsplanen for Vågen, kaiene og Bryggen, er det dispensert gjennom plan fra kulturminneloven og tillatt graving for tiltak som entydig inngår i planen. Sandbrogaten faller inn under sone 1, hvor det er tillatt graving til 0,5 m under dagens overflate. Nederste del av Sandbrogate, utenfor Sandbrogaten 1, faller inn under sone 2, hvor det er tillatt å grave til 1 m under dagens overflate.

4 GRUNNVANN – HYDROGEOLOGI

Det ble skrevet i KU at grunnvannstand ikke er kartlagt i Sandbrogaten, og at nivå og strømninger av grunnvannet er usikkert. Dette utdypes og diskuteres derfor i det følgende.

Sandbrogaten og Veisan

Vi har ikke målinger av grunnvannstand i Sandbrogaten, og grunnvannsnivået er derfor beskrevet som usikkert i KU, blant annet på grunn av eventuell virkning (drenering) av en dyptliggende VA-grøft som går på tvers av Sandbrogaten, i Øvre Dreggsallmenning og sør for Koengen. En overvåkningsbrønn i Dreggsallmenningen 4 viser et grunnvannsnivå nesten 2m under terreng. Tatt også i betraktning dybden til kjellere langs den østlige siden av Sandbrogaten (Kap. 3), ligger grunnvannsnivået i gaten minst 1,5m under terreng. Terrengformen på den øvre delen av Sandbrogaten viser at veien er hevet i forhold til naturlig nivå, noe som også bekreftes av eldre byggetegninger. Gateplan ligger derfor sannsynligvis enda noe høyere over grunnvannsnivået her.

Øvre del av Sandbrogaten går over opprinnelige Veisan, et område hvor det er antatt at bevaringsforhold for organisk materiale (i.e. under grunnvannsnivå) er generelt godt (Monitoring manual, 14). Satelittmålinger av terrenget viser ingen eller minimale setninger for store deler av Veisanområdet (Koengen) og øvre del av Sandbrogaten.¹

Effekten av VA-kulverten i Øvre Dreggsallmenning, drenering ved kjeller i Sandbrogaten 7 og 11, samt grunnvannsdrenering i jernbanetunellen ved nordenden av Sandbrogaten, har sannsynligvis hatt en drenerende effekt på grunnvannet også ved Veisan. Rapporterte nivåer på naturlige sandig strandsedimenter og dybden til kjellere i Sandbrogaten 5 og 7, antyder at grunnvannet kan ha blitt drenert delvis under de viktige kulturlagene/organiskrike avsetningene i og ved siden av Sandbrogaten.

Under naturlige forhold er strandavsetningene i Sandbrogaten og under Veisan forholdsvis permeable, sammenlignet med kulturlag eller sjøbunnsedimenter. Strandavsetningene kan dermed drenere grunnvann noe lettere enn andre masser i området. Moderne endringer har sannsynligvis

¹ Cetinic, F. og Lauknes, T. R. 2013. SBAS-INSAR processing of Bergen City using ERS-1 and ERS-2 Satellite data (1992-2000).

Gjennomsnittlig vertikaldeformasjon målt med satelitt for et fåtall godt reflekterende målepunkter innenfor ruter på 20 X 24m, i og ved Bergen sentrum i perioden 1992-2000. Metoden gir god oversikt over deformasjonsutviklingen i et større område og langs objekter med lang utstrekning, men egner seg dårlig til å avklare lokale skeivsetninger og liknende. Metoden er ment som et supplement til stedlige setningsmålinger med presisjonsnivellelement for å kunne si noe om den historiske setningsutviklingen for et område.

Multiconsult referer til disse målingene i sitt notat til Riksantikvaren.

forårsaket en sterkere strømming/drenering gjennom strandavsetningene ved å senke grunnvannet lokalt, f. eks. under kjellere og VA-kulvert. En lokal senkning gir økning i grunnvannsgradienten i like rundt seg. Når grunnvannsgradienten øker, øker også strømningshastigheten. Økt strømningshastighet gir økt drenering gjennom de stedlige massene, selv om permeabiliteten er den samme. Det kan imidlertid også hende at drenering i strandavsetningene ikke har medført til et redusert grunnvannsnivå i Veisan, dersom Veisan er et hengende grunnvannsmagasin med et tett bunlag over strandavsetningene.

Tunellinnslag

Det er mer sannsynlig at lekkasjer i den eksisterende togtunellen på oversiden av Sandbrogaten kan ha påvirket grunnvannsmatingen til Veisan. Før jernbanetunellen ble anlagt i fjellsiden ovenfor Sandbrogaten, var det sannsynligvis en grunnvannsmating fra fjellåsen og inn i løsmassene ved Sandbrogaten og Veisan. Det er trolig fremdeles en viss mating av grunnvann fra berggrunnen inn til løsmassene, men denne er redusert pga. tunellekkasjer i den uttette tunellen, samt ovenfor nevnte infrastruktur. Et nytt tunellpårugg for Bybanen vil gå rett over og på tvers av dagens jernbanetunell. Tunellpåruggen vil måtte tettes nøye, både i åpningen og videre inn i berggrunnen. Det vil også være nødvendig å sikre jernbanetunellens styrke i denne sonen. Dersom det ikke er mulig å tette grunnen godt nok for grunnvannslekkasjer, er det mulig å anlegge et infiltrasjonsanlegg for å mate grunnvannet, selv om dette ikke er en ettertraktet teknisk løsning.

Forholdet til Sverresborg

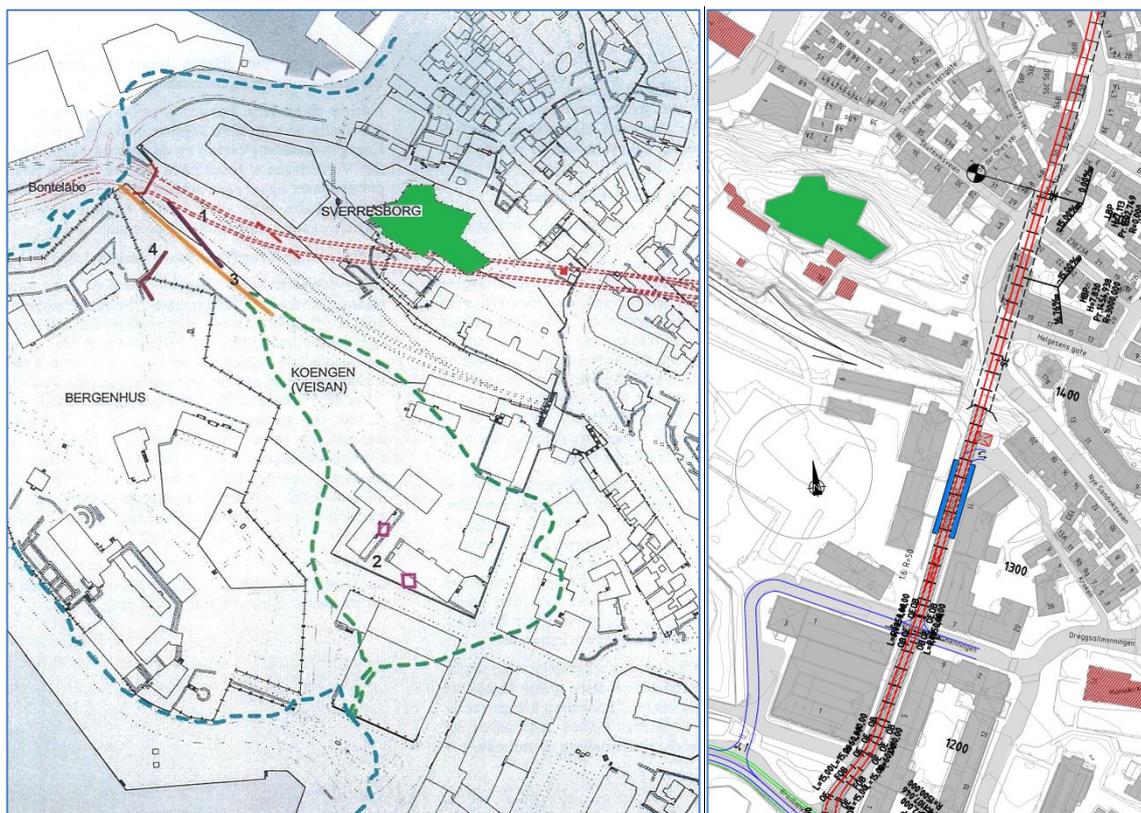
I KU ble tunellinnslag vurdert til å ha innvirkning på opplevelsen av kulturminnet Sverresborg. Under høringsfasen ble det påpekt at sprengningsvibrasjoner fra tunelldriving kan skade kulturminnet.

Under utredning av Skansentunellen ble det også vurdert tunell under Sverresborg. Noteby uttalte da at de regnet med at det var mulig å fastsette grenser for tillate vibrasjoner ved tunelldriving under Sverresborg. Videre mente de at eventuelle løsmasser oppå fjellet på Sverresborg er drenert, og at det derfor er liten fare for setninger. Oppfatningen av løsmasser og dermed også kulturlag ble vurdert som høyst sannsynlig riktig av arkeolog under tilleggsutredningen av tema kulturminner og miljø.²

Den vurderte traséen for Skansentunellen gikk like under Sverresborg, nærmere enn eventuell Bybanetrase. Vi har derfor ikke vurdert det som sannsynlig at tunell fra Sandbrogaten vil utgjøre en trussel mot Sverresborg, hverken ved vibrasjoner eller drenering.

² - Konsekvensutredning av Skansentunellen: Tilleggsutredning av tema kulturminner og kulturmiljø. Bergen kommune byutvikling, Statens vegvesen Hordaland, Norconsult. April 2001.

- Multiconsult Noteby AS: Skansentunellen. Supplerende opplysninger til konsekvensutredning. Brev av 2. desember 1999 til Statens vegvesen Hordaland.



Figur 11: Tunelløp for Skansentunellen til venstre, markert som rød, dobbel stiplet linje. Til høyre er tunelløp for banetrase. Sverresborg er markert med grønt på begge kart.

Mastefundament

Ved etablering av mastefundament nedenfor Bradbenken 1 etableres en eller flere punkt-konstruksjoner i grunnen. Dette er nær Slottsgaten hvor grunnvannsnivået er lavt på grunn av pumpestasjon. Det bør likevel fokuseres på å unngå eventuell poretrykkreduksjon ved å bryte gjennom et tettere lag mot bunnen av en sjakt. Det anbefales å legge tette konstruksjoner inn til de stedlige massene for å hindre eventuell sideveis og vertikal strømming av grunnvannet.

Avrundning

Siden Bybanen i Sandbrogaten kan anlegges grunt, og dagens infrastruktur allerede har senket grunnvannet i forhold til et naturlig nivå i Sandbrogaten, vil en nytt banetrasé, anlagt og tettet etter dagens teknologi, ikke ha betydning for grunnvannsnivået.

5 INFRASTRUKTUR I GRUNNEN

Infrastruktur i bakken i Sandbrogaten er omfattende, til dels gammel og i dårlig stand. Flere ledninger ligger midt i vegen med koblinger til husene, og må flyttes ved etablering av Bybanen. Da må det i denne sammenheng søkes løsninger som ikke, eller i minst mulig grad, berører kulturlag. Inngrepene må heller ikke forskyve eksisterende grunnvannsforhold i gaten.

I det følgende beskrives forslag til løsning med prinsipptegninger. For detaljert beskrivelse for overvann, spillvann og drikkevann, vises det til tilleggsutredning nr 8 «Infrastruktur under bakken».

5.1 Forslag til løsning

Ved etablering av Bybanen foreslås det å flytte overvann, spillvann og drikkevann på østre side av gaten, i byggegrop til stående bygninger. Bredder av byggegrop er ikke kjent, men antas å være av en viss størrelse, ettersom alle bygninger har kjellere som går minst to meter lavere enn dagens gatenivå.

Ledninger fra øvre del av Sandbrogaten – overvann/spillvann og drikkevann – kan legges til fortau langs Sandbrogaten 11 og Vikinghallen og kobles på tverrgående AF-ledning (Avløp Felles) og vannledning i Øvre Dreggsallmenning. Eksisterende ledninger i midten av gaten blindes og blir liggende.

Likeledes legges ledninger i nedre del av Sandbrogaten langs bygningene på østsiden av gaten, mens rørene i midten av gaten blindes. Spillvann ledes til eksisterende AF-ledning i Slottsgaten. Spillvann og overvann langs Bradbenken 1 legges likedan i fortau, og ledes videre fra nedre hjørne av bygningen.

Ved omlegging av VA-ledninger vil tilknytninger til dagens nett og tilpasninger til eksisterende påkoblinger være førende for grøftedybder. I Sandbrogaten kan det legges en ny fellesledning for spillvann og overvann, eventuelt legge til rette for fremtidig separering. Høyder på ny avløpsledning er basert på eksisterende høyder på kummer og ledninger. Dette er nødvendig for at de nye ledningene skal fungere med det eksisterende nettet. Med selvfallsledninger blir grøftedybden på strekket fra Carlsen i Dræggen til Øvre Dreggsallmenning mellom ~ 2,25 - 3,35 meter, relativt til terrenget. Laveste nivå for grøftebunn ligger på kote +1,2 ved påkobling til avløpsledning i Øvre Dreggsallmenning. Fra Sandbrogaten 5-7 og til Slottsgaten ligger grøftedybden i fortau mellom ~ 1,7 - 2,2 meter. Laveste nivå for grøftebunn ligger på kote +0,03 ved påkobling til avløpsledning i Slottsgaten. Selvfallsledning vil gi samme driftssituasjon som i dag, er lite vedlikeholdskrevende, men medfører dype grøfter.

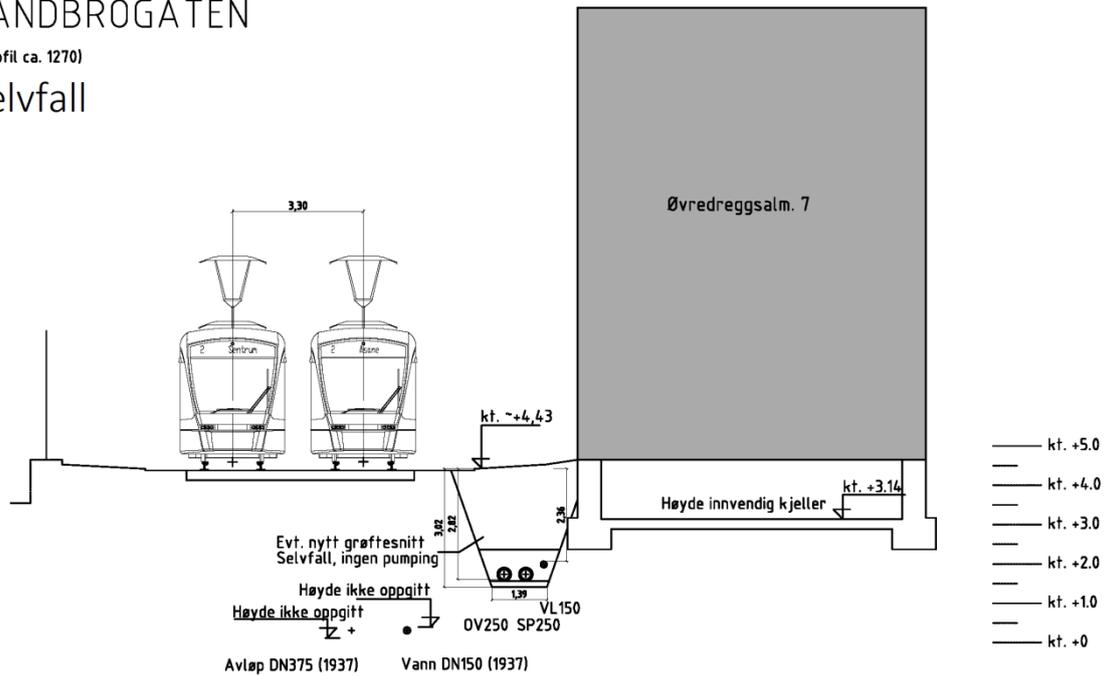
Alternativt kan avløpsledningene legges høyere enn dagens utløp fra hus, med avløpspumpe i/ved bygningene. Med en pumpeløsning kan grøftedybden reduseres slik at vi får ~ 1 meter overdekning på spillvannsledningen og oppnår grøftedybder på ~1,2 meter drikkevannsledning og overvannsledning for håndtering av overvann fra Bybanen vil ikke påvirkes av grunnere grøft, men i forbindelse med detaljprosjektering må behovet for isolasjon- og avlastningsplater vurderes.

Avløpsledninger fra Bradbenken kan kobles til avløpsledning langs Sandbrogaten 3, og føres under, eventuelt gjennom, fundamentering for Bybanen i en rør-i-rør løsning.

SANDBROGATEN

(profil ca. 1270)

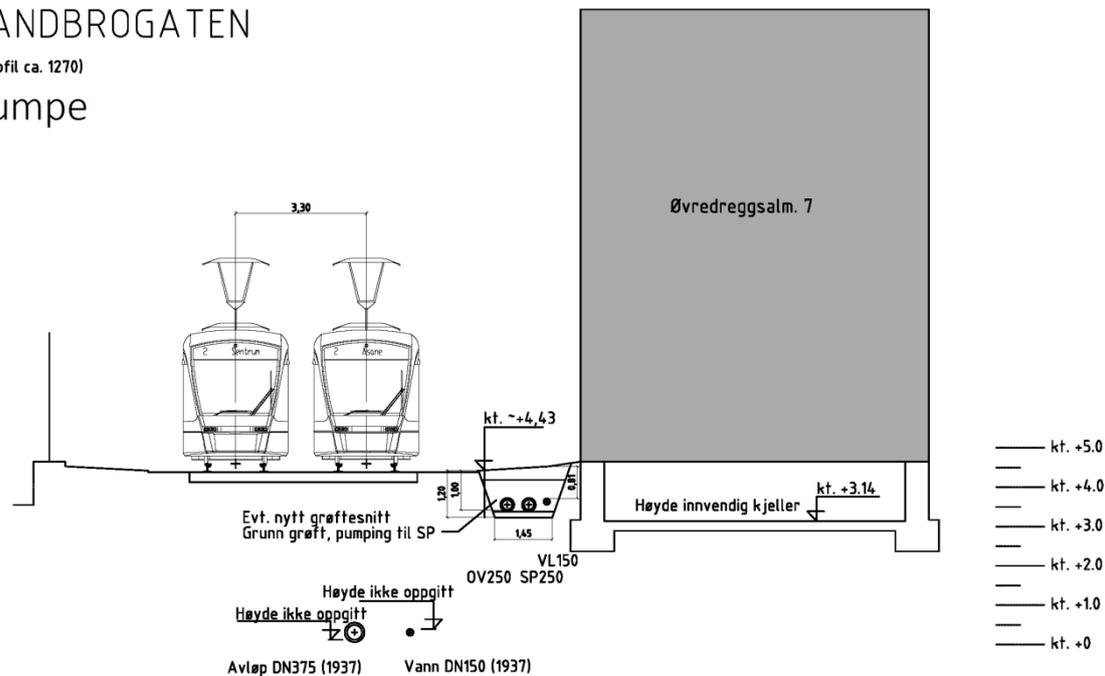
Selvfall



SANDBROGATEN

(profil ca. 1270)

Pumpe

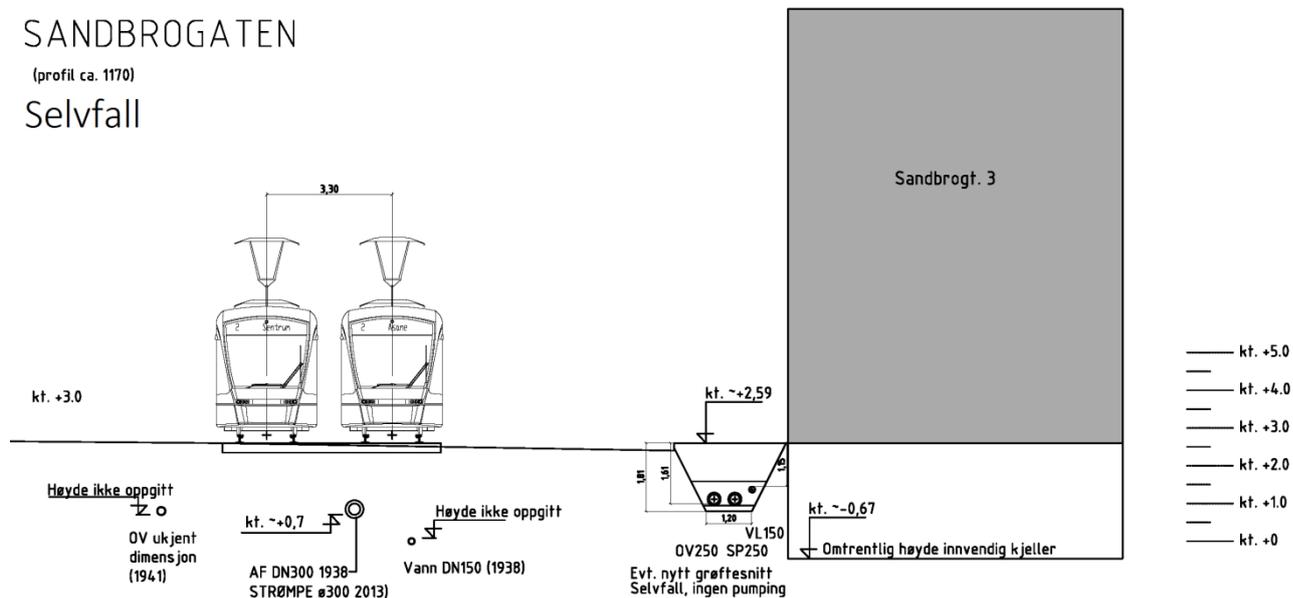


Figur 12: Snitt ved Øvre Dreggsallmenning 7, Vikinghallen. Øverst med avløpsrør i selvfall, nederst med pumpe.

SANDBROGATEN

(profil ca. 1170)

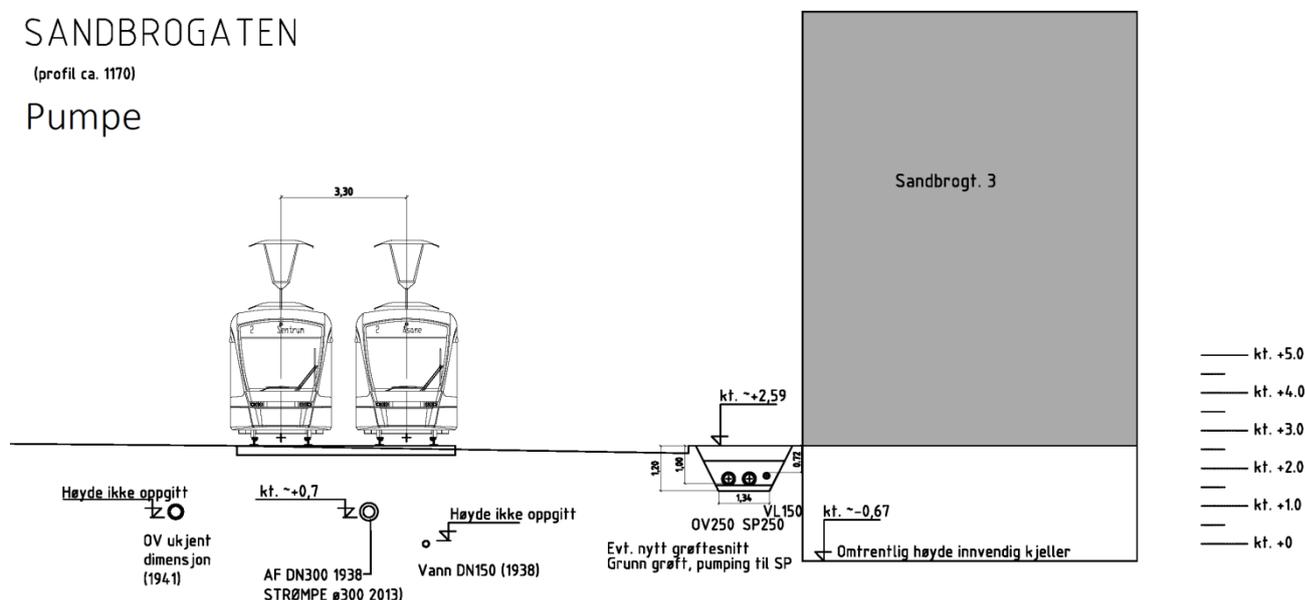
Selvfall



SANDBROGATEN

(profil ca. 1170)

Pumpe



Figur 13: Snitt ved Sandbrogaten 3. Øverst med avløpsrør i selvfall, nederst medpumpe.



Figur 14: Sandbrogaten med eksisterende struktur og forslag til ny struktur.

5.2 Oppsummering infrastruktur

Det ligger eksisterende VA-ledninger i alternativ 1Aa for Bybanen stort sett gjennom hele Sandbrogaten. Ledningsnettets må legges om, og de foreslåtte løsningene er gjennomførbare og medfører graving hovedsakelig tett på eksisterende bygninger hvor jordmassene i større eller mindre grad er forstyrret av byggegrøper som ble etablert i forbindelse med oppføring av husene. Ved å legge avløpsrør med selvføll vil det bli dype grøfter langs eksisterende bygninger og ved nytt koblingspunkt i Øvre Dreggsallmenning og i Slottsgaten. Et alternativ til å legge nye selvføll-ledninger er å etablere pumpeledning. En pumpeledning kan legges grunnere i grøfter som er omlag 1,2 meter dype, og det blir kun behov for dypere graving ved tilknytningspunkt, ved nedsetting av pumpebasseng og ved tilknytning til eksisterende anlegg i Øvre Dreggsallmenning og Slottsgaten.

I Sandbrogaten 11 er kjelleren utvidet til å gå under fortau. Dette blir et konfliktpunkt dersom VA-ledninger legges i fortauet. Det er tegnet inn holdeplass over denne kjelleren.

De foreslåtte løsningene medfører minst mulig inngrep i grunnen for å unngå å berøre kulturlag. De nye rørene legges dessuten grunnere og nær bygninger, og danner ikke dypere renner i forhold til eksisterende rør av hensyn til hydrogeologi

6 FUNDAMENTERING

Grunnforhold

Informasjon om grunnforholdene er basert på det som er gitt i kapittel 3 om arkeologi og kulturlag og generell informasjon om grunnforholdene på Bryggen og langs Vågen. Vi kjenner ikke til andre grunnundersøkelser utført i Sandbrogaten.

Ved prøvegravinger og utgravinger for bygninger og ledningsanlegg er det påvist kulturlag og rester fra tidligere fundamentering som starter 1 – 2 m under dagens terreng. Mektigheten på laget med fyllmasser varierer oppover langs gaten, da den krysser en tidligere landtungen ved Sandbrogaten 3 – 5, før den går over et tidligere brakkvannsbasseng (Veisan) og deretter over tidligere land før gaten ender mot en bergvegg. Mektighet av laget med oppfylte masser antas å variere med tykkelser på 2 – 7 m. Opp igjennom årene har det vært relativt omfattende gravearbeider i Sandbrogaten, med etablering av dype vann- og gassledninger og mye nybygging. Sandbrogaten 1, 3 og 11 ble bygget rundt 1950. Da ble nedre del av Sandbrogaten lagt om østover. Disse byggene har kjellere som går 2 m under dagens terreng, mens Sandbrogaten 5 har kjellernivå 4 m under terreng.

Nærmest Vågen antas opprinnelige masser under fyllmassene å bestå av mineralske masser av middels fast lagret finsand og sand, og trolig noe grovere masser rett over berg. Ved kryssing av Veisan antar vi at de opprinnelige massene er finere og trolig har et høyere humusinnhold.

Grunnvannsnivået antas å følge vann-nivået i Vågen lengst nede i Sandbrogaten, og at det stiger noe nordover mot enden av gaten. Det er sannsynlig at grunnvannstanden ligger minimum 1,5 m under dagens terrengnivå, og trolig lavere, tatt i betraktning både nivået på kjellere og VA-kulvert i Øvre Dreggsallmenning.

Fundamentering av eksisterende bygg

Vi har lite informasjon om hvordan byggene er fundamentert. Byggene har generelt 4 – 7 etasjer, med unntak av byggene øverst i gaten som har to etasjer. Det er sannsynlig at noen av de høyeste byggene er fundamentert til berg.

Setninger

Gaten er preget av lokale setninger, spesielt rundt bekkalokk og sluk. Satellittmålinger av setninger i området antyder at det er små generelle terrengsetninger i Sandbrogaten, variierende fra 0,5 – 0 mm pr. år i gjennomsnitt (se note 1, s. 11). Disse skyldes trolig krypsetninger fra tidligere pålastinger eller grunnvannssenkinger. I tillegg kan det være lokale setninger på bygninger, avhengig av hvordan disse er fundamentert. Lokale setninger i gaten (vist på bildet under), kan delvis skyldes at massene rundt kummer/ledninger har satt seg etter anleggsarbeidene og at det er lokale forekomster av organisk humusholdige masser som brytes ned og råtner.

Fundamentering av Bybanen i Sandbrogaten

Hovedprinsippet for fundamenteringen er at man ikke, eller i minst mulig grad øker belastningen på eksisterende løsmasser, at gravearbeidene ikke berører kulturlaget og at grunnvannstanden ikke endres.

Fra lengdesnittet går det frem at traséen skal ligge tilnærmet på terreng, men noen mindre justeringer for å oppnå en jevn stigning på skinnene.



Figur 15: Bekkalokk i gaten ut for Sandbrogaten 5, bekkalokk og gatedekke utenfor Bradbenken 1.

Det er i KU ikke foreslått en konkret fundamenteringsløsning for Bybanen i Sandbrogaten, men anbefalt et prinsipp som gjengitt over. Som hovedalternativ foreslår vi at man graver ut ned til ca. en meters dybde og bygger opp nytt forsterkningslag som underlag for en betongplate som skinnene festes i. Forsterkningslaget kan armeres med geonett, og bestå av lette masser for å sørge for utjevning av setninger og hindre eller redusere tilleggsbelastninger. Med en fundamenteringsdybde på rundt 1 m under dagens terreng, vil dette ikke påvirke grunnvannsnivået og ikke kreve graving ned i kulturlagene. Bybanen vil med en slik løsning "følge" med omgivelsene rundt, mens skinnene holdes stabilt på en armert betongplate. Dette er vurdert å være en fordel for å hindre differansesetninger mellom Bybanen og omkringliggende terreng og installasjoner. Vi vurderer derfor peler som mindre hensiktsmessig, peling kan derimot låse konstruksjonen på en dårlig måte i forhold til omgivelser, og føre til f.eks sprekkdannelse i gaten.

I Sandbrogaten i dag er det tung trafikk, med blant annet mange busser. Erfaringer med vibrasjoner i grunnen fra Bybanen, viser at disse er beskjedne sammenlignet med f.eks. vibrasjoner fra busser og annen tungtrafikk. Dette bekreftes av nylig utførte målinger av vibrasjoner på terreng i Kaigaten nært inntil Bybanen. Disse viste mindre vibrasjoner enn tilsvarende målinger på Bryggen der det går busser. Bybane i Sandbrogaten vil derfor ikke være med på å øke vibrasjonene i gaten, men heller redusere disse.

7 SAMMENDRAG OG DISKUSJON

Infrastruktur i Sandbrogaten kan legges til grøfter langs bygninger, og med selvsagt vil grøftene trolig i stor grad gå i byggegrop til bygninger, med mindre sannsynlighet for å komme i konflikt med kulturminner. Sannsynligheten for å komme i konflikt med kulturminner minskes i enda større grad ved å benytte pumper for spillvann. Da kan gravingen begrenses til dybder på 1,2 meter, med unntak av koblingspunkter til avløp i Øvre Dreggsallmenning og Slottsgaten. Ettersom koblingspunktene er på eksisterende rør vil en her grave seg ned i eksisterende grøfter.

Med anbefalt metode vil fundamentering til Bybanen gå en meter ned i grunnen. Med et lavere akseltrykk og med vektfordeling langs skinnene, medfører banen mindre vekt og rystelse enn busstrafikk.

Med de skisserte løsninger vil ikke Bybanen medføre endringer i grunnvannstand i Sandbrogaten.

I bestemmelse 6.2.2 gravedybder, i reguleringsplanen for Vågen, kaiene og Bryggen, er det dispensert gjennom plan fra kulturminneloven og tillatt graving for tiltak som entydig inngår i planen.

Sandbrogaten faller inn under sone 1, hvor det er tillatt graving til 0,5 m under dagens overflate. Tross få arkeologiske registreringer i Sandbrogaten kan det anslås at de grunneste overdekningene over kulturlag er på den opprinnelige sandtungen mot Holmen. Dette er trolig området i gaten hvor det er størst risiko for å komme i konflikt med automatisk fredete kulturlag og strukturer. Det er her påvist spor av en trolig middelalderbrann fra 1,35 cm under bakkenivå. *In situ* kulturlag opptrer her fra 1,62 m under bakkenivå. Kulturlag kan opptre grunnere over den opprinnelige sandtungen. Det er likevel usannsynlig at de vil påtreffes grunnere enn 90 cm, som var den påviste tykkelsen av moderne påfylt veidekke, brostein og pukkk etc, over det nevnte brannlaget. Lenger oppe i gaten vil det være større dybder til kulturlag, ut fra eksisterende kunnskap.

I KU er kontaktledningsanlegg planlagt festet i vegger langs Sandbrogaten. Det vil imidlertid være behov for mast ved innløpet til Sandbrogate, nedenfor Bradbenken 1. Plassering er uvisst, men dette vil være i et område av utfyllt sjø, sammenlignbart med master på Torget. Mastefundamentering vil kreve et hull på 2 til 3 meters dybde og bredde. Fundamentene vil trolig berøre etterreformatoriske fundamenter, mulig også middelalderske, og kan vise seg å utgjøre det største inngrepet i kulturlag i Sandbrogaten

Utover mastefundamentering nedenfor Bradbenken 1, vil det dermed være teoretisk mulig å legge en bane i Sandbrogaten uten å berøre kulturlag fra middelalderen, ut fra *eksisterende* kunnskap.

Imidlertid kan dette ikke garanteres, og vi kan derfor skissere noen scenarier med hva som kan inntreffe:

Scenario 1 Det kan treffes kulturlag grunnere enn en meter.

Det er en reell mulighet for at intakte kulturlag kan treffes grunnere enn 1 meter. Om en treffer middelalderske kulturlag vil dette trolig være i nedre del av Sandbrogaten, over den opprinnelige landtungen. Yngre kulturlag kan også treffes.

Dette kan undersøkes med boreprøver eller andre arkeologiske forundersøkelser av begrenset omfang. Krav til eventuell forundersøkelse og vurdering av metode ligger til Riksantikvaren.

Hvis det treffes kulturlag eller strukturer må det foretas en faglig vurdering av hvor dypt man må grave for best mulig å sikre kunnskapspotensial i det som fjernes, og for å sikre gjenværende arkeologiske deponeringer. Ved en slik situasjon må en også vurdere om det er mulig å legge banen noe høyere enn dagens terreng. Dette er mulig innenfor beskrevet fundamenteringsmetode.

Om det dispenseres fra kulturminneloven og foretas en utgraving i hele Sandbrogaten, vil det i første omgang være nødvendig å fjerne massene til en meter under dagens nivå, ettersom dette er banens behov for fundamentering. Disse massene vil i overveiende grad være moderne påfylte masser. Hvis man da finner kulturlag eller strukturer er det ikke nødvendigvis slik at en enkelt kan fjerne disse til et visst nivå. Den faglig vurderingen av hvor dypt man må grave for best mulig å sikre kunnskapspotensiale i det som fjernes, og for å sikre gjenværende arkeologiske deponeringer, ligger til Riksantikvaren.

Det er imidlertid ikke noe krav eller behov for Bybanen sin del at en eventuell utgraving må graves til bunns. Ved eventuell arkeologisk utgraving og vurdering av hvilket nivå det må graves til for å sikre gjenværende lag, bør det tas hensyn at Bybanen vil medføre mindre belastning og rystelser enn dagens busstrafikk i Sandbrogaten.

Scenario 2 Setninger

Utover observerte ujevnheter i overflaten, og grove satellittmålinger fra perioden 1992-2000, har vi ikke kunnet finne detaljert dokumentasjon på setninger i Sandbrogaten. Satellittmålingene gir oversikt over deformasjonsutvikling over større områder, egner seg dårlig til å avklare lokale setninger, og metoden er ment som et supplement til stedlige setningsmålinger over tid. De oppgitte verdiene for Sandbrogaten føyer seg inn i et generelt bilde av Bergen, og viser ikke større setninger enn et hvilket som helst område i sentrum med utfylte masser (Øvre Sandbrogaten har lavere verdier enn enkelte områder på fast fjell). De påviste bevegelsene i nedre del av Sandbrogaten er på nivå med steder langs dagens banetrase, som Lungegårdskaien og partier av Fjøsangerveien. De påviste bevegelsene i Sandbrogaten er mindre enn i Lars Hilles gate.

Likevel antyder satellittbildene setninger i området over den opprinnelige sandtungen i nedre del av Sandbrogate, hvor man også kan observere ujevnheter i overflaten. Med tanke på grunnvannstand ut fra eksisterende infrastruktur, kjellere og en moderne påfylling på 90 cm, kan det være pågående setninger i dette området. Setningene kan skyldes nyere organiske masser like under påfyllingslag, men også i kulturlag over grunnvannsnivå. Setningene kan også være knyttet til de mange kummene og rørledningsbruddene.

Den skisserte fundamenteringsløsningen for Bybanen vil absorbere større setninger enn dem påvist i Sandbrogaten. Et alternativ kan være å bruke justerbare betongelementer etter modell fra Nederland.

Sporveislinje 26 i Amsterdam til Ijburg er bygget med prefabrikkerte betongplater med innebygde skinner, plassert på komprimert underlag (stort sett sand). Ijburg-området er såkalt "reclaimed land", og bygget opp fra sjøbunnen med sand. Der er det stor risiko for setning over tid. De prefabrikkerte elementene kan justeres etter hvert med løfting av de enkelte platene til ønsket nivå og sprøyting av gummimateriell under platene slik at de holder den nye plasseringen. Systemet er levert av Edilon.

Et annet alternativ er peling. Av hensyn til Bybanen er peling verken ønskelig eller påkrevd ut fra dagens kunnskap. Peling er så vidt vi kan se heller ikke ønskelig fra et arkeologisk synspunkt, selv om Riksantikvarens peleprosjekt³ har vist at peling av visse typer peler hadde mindre negativ effekt enn tidligere antatt.

Dette vil medføre et gitt antall borede peler av stål eller betong i Sandbrogaten, etter metode beskrevet i «peleprosjektet», hvor «undersøkelsene har vist at de borede pelene gir lite eller ingen skader». Boring av peler har vist seg vanskelig i kulturlag/strukturer med omfattende laftestrukturer som laftekasser og kaifundamenter. Det har da vært nødvendig med ramming av peler, en metode som er svært skadelig for kulturlag/strukturer. I det aktuelle området i nedre Sandbrogaten vil imidlertid kulturlag være av mindre tykkelse, selv om laftekår kan påtreffes lenger ute. Dette må avklares med prøveboringer.

Imidlertid er ikke peling en foretrukket metode hvis det er setninger. Banen tåler å «flyte». Å forankre en bane med peler i et terreng som er i bevegelse vil på sikt «brekke» den fra terrenget, og en løsning er mindre interessant for Bybanen. Et relatert worst-case scenario er grunnvannsenkning, men vi oppfatter det som kunstig å utbrodere dette i forhold til Bybanen, ettersom eksisterende strukturer i Sandbrogaten allerede har etablert et grunnvannsnivå lavere enn eventuelle inngrep fra Bybanen.

³ Riksantikvaren 2008: *Peleprosjektet – Volum 1 i FOU-prosjekt, Riksantikvaren 2005-2007.*

8 KONKLUSJON

I KU er Sandbrogaten gitt stor verdi. Omfang ble satt til stor negativ for omlegging av infrastruktur, og middels til stor negativ for bane og holdeplass. Det relativt høye negative omfanget for bane og holdeplass ble gitt ut fra evurderingen at disse kan berøre kulturlag. Denne usikkerheten ble oppsummert i KU på følgende måte: «Dette åpner for at konsekvens kan vise seg å ikke bli større enn middels negativ (--) i Sandbrogate, men den kan også vise seg å bli meget stor negativ (----). Sandbrogaten vurderes derfor her til stor negativ konsekvens (---) når det gjelder kulturlag.»

Grunnforholdene i Sandbrogaten er gjennomgått på nytt i forhold til fundamentering og gravedybder, grunnvann, infrastruktur og kulturminner i grunnen. Etter ny gjennomgang av aktuell fundamenteringsmetoder anbefales det fortsatt at banetraseen fundamenteres på betongplate med behov for gravedybde på ca en meter. Ut fra dagens kunnskap er pelefundamentering hverken ønskelig eller påkrevd. Nøyere utredning viser at infrastruktur kan legges om med liten eller ingen påvirkning av kulturlag. Grunnvannssituasjonen i Sandbrogaten er styrt av en rekke pågående prosesser. Bybanen vil ikke endre disse nevneverdige. Begge disse faktorene tilsier at negativ konsekvens blir mindre enn hva som fremgår av KU.

Det er vurdert to scenarier ut fra en «worst case» tenkning. Et scenario er at det påtreffes kulturlag som må disse graves ut. Ut fra eksisterende kunnskap er dette en mulighet i nedre del av Sandbrogaten. Omfang av utgraving og vurdering av nødvendig dybde ligger til Riksantikvaren. Omfanget vil trolig være begrenset til et mindre område.

Et annet og svært lite sannsynlig scenario er at det påvises setninger av et slikt omfang at banen ikke kan fundamenteres som foreslått, og peling kan framstå som et alternativ. Som fundamentering er dette imidlertid verken nødvendig eller ønskelig med de mulige setninger som i verste fall kan forventes i dette området. Dersom det skulle peles, vil dette imidlertid trolig være gjennomførbart med lite skade på kulturlag, jf «peleprosjektet» gjennomført av Riksantikvaren. Det ville i så fall kreves prøveboringer før dette kan avklares

I KU ble Bybanen i Sandbrogaten vurdert til stor negativ konsekvens for kulturlag. Dette var ut fra en «verste falls» tenkning. Tilleggsutredningen viser at negativ konsekvens for kulturlag i Sandbrogaten etter all sannsynlighet vil bli lavere. Løsninger som er beskrevet i dette notatet viser at det er mulig at banen kan anlegges uten å komme i konflikt med kulturminner, kombinert med de nevnte «worst case» scenarioene, kan dette oppsummeres som følger:

Tilleggsutredningen viser at konsekvensen kan bli mindre enn hva som er beskrevet i KU, og vurderes derfor til middels negativ (--) i Sandbrogaten når det gjelder kulturlag.

Bergen, 2013-10-07

Ole Magne Nøttveit, arkeolog
Kevin Tuttle, hydrogeolog
Endre Trovik, VA-ingeniør
Gunhild Hennes, geoteknikk
Tom Potter, bybaneteknikk

Hans Petter Duun
Oppdragsleder