

RAPPORT

Geoteknisk premissnotat Det Hanseatiske Museum



Det Hanseatiske Museum kilde: www.visitbergen.no

Kunde: Bergen kommune (Etat for utbygging)

Prosjekt: Det Hanseatiske Museum

Prosjektnummer: 97055005

Dokumentnummer: RIG-R01-A01

Rev.: 01

Sammendrag:

Bryggen i Bergen er oppført på UNSECO verdensarvliste for rollen innen den Hanseatiske handelen mellom 1300- og 1700-tallet. Grunnet den lange arkeologiske historien som ligger i grunnen (kulturlaget) har også dette blitt vernet som del av kulturminnet. Flere av konstruksjonene på Bryggen har fått alvorlige setningsskader relatert til råte i fundamentene, grunnvannsenkning (økning av effektivspenning) og forråtnelse av organisk materiale i kulturlaget. I den forbindelse er det nødvendig å oppgradere/rehabiliter Det hanseatiske museum?

Denne rapporten viser til prinsipper som kan benyttes for refundamentering av Det Hanseatiske Museum og etablering av et infiltrasjonsanlegg som vil holde grunnvannet på ønskelig nivå. Dette er konstruktive tiltak for å forebygge videre forråtnelse av kulturlaget og dermed forebygge uakseptable setningsskader i fremtiden.

Sweco har vurdert at tiltaket har følgende prosjekteringskontroll:

- **Konsekvens-/ og pålitelighetsklasse CC/RC: 2**
- **Prosjekteringsklasse: PKK2**
- **Utførelsesklasse: UKK2**
- **Geoteknisk kategori: 2**
- **Tiltaksklasse: 2**

Rapporteringsstatus:

- ☒ Endelig
☐ Oversendelse for kommentar
☐ Utkast

Utarbeidet av: André Nårstad	Sign.:
Kontrollert av: Marianne V. Borge og Jann-Atle Jensen (Multiconsult Norge AS)	Sign.:  Digitally signed by Marianne Borge Date: 2018.03.02 15:55:55 +01'00'
Prosjektleder: Ylva G. Andersson	Prosjekteier: Montserrat Telseth

Revisjonshistorikk:

Rev.	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet av	Kontrollert av
01	02.03.2018	Klar til oversendelse	NONARS	NOMARB

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER	7
2.1	Regelverk	7
2.2	TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	7
2.3	TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet	8
2.4	Geoteknisk kategori	8
2.5	Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)	9
2.6	Tiltaksklasse i henhold til Plan og Bygningsloven	10
2.7	Kvalitetssystem	10
2.8	Prosjekterings- og utførelseskontroll.....	10
3	Topografi og grunnforhold	11
3.1	Topografi	11
3.2	Utførte grunnundersøkelser	11
3.3	Dybder til berg	11
3.4	Grunnforhold	12
3.5	Grunnvannstand.....	12
3.6	Berggrunn.....	13
3.7	Forurensningssituasjon	13
3.7.1	HMS med fokus på forurensning.....	14
4	Jordskjelv.....	14
5	Naboforhold og tilstandskontroll	14
5.1	Forhold til nabobebyggelse	14
5.1.1	Tilkomst og rigg	14
5.1.2	Skadedyr under utførelse	14
5.2	Tilstandskontroll	15
5.2.1	Setningsmåling av Det Hanseatiske Museum	15
5.2.2	Tilstandsvurdering av nabobyggene	15
6	Rør, kabler og ledninger	16
6.1	Konflikter med kabler og ledninger	16
7	Geoteknisk problemstilling	18
7.1	Oppjekking av Det Hanseatisk Museum	19
7.2	Refundamentering av sjøboden	19
7.3	Refundamentering av tasken	21
7.4	Grunnvannshåndtering.....	21
7.4.1	Tetting og isolering av kjeller mot nabobygninger.....	21

7.4.2	Eablering av grunnvannsterskler	24
7.4.3	Sikring av grunnvannsterskler	25
7.4.4	Prinsipp for etablering av infiltrasjonsanlegg	25
7.4.5	Tilførsel av vann til infiltrasjonsanlegget	27
7.4.6	Overskuddsvann fra infiltrasjonsanlegget	27
7.4.7	Flomveger	28
7.5	Overvåkning av grunnforhold og grunnvann.....	28
7.6	Forvaltning, drift og vedlikehold (FDV).....	28
7.7	Avlastning av grunnen rundt bygning.....	28
8	Referanser	29

1 Innledning

Bryggen i Bergen er oppført på UNSECO verdensarvliste for rollen innen den Hanseatiske handelen mellom 1300- og 1700-tallet. Grunnet den lange arkeologiske historien som ligger i grunnen (kulturlaget) har også dette blitt vernet som del av kulturminnet.

Flere av konstruksjonene på Bryggen har fått alvorlige setningsskader relatert til råte i fundamentene, grunnvannsenkning (økning av effektivspenning) og forråtnelse av organisk materiale i kulturlaget.

Dette prosjektet omhandler den fredede bygningen Finnegårdsgaten 1A og murtasken som er blant de 62 fredede bygningene på Bryggen, og som sammen med fundamentene og de fredede kulturlagene i grunnen inngår som en del av verdskulturminnet. Figur 1-1 viser plasseringen av prosjektområdet. Finnegården og Tasken ligger lengre inn i Vågsbunnen enn de fleste fredede bygningene på Bryggen, og ligger på området som er benevnt Søndre Bryggen. Bygget består av to konstruksjoner; en tredel (sjøbod, Søndre Finnegården) og en murdel (Tasken). Sjøboden er på tre etasjer med loft og er fundamentert på bolverk direkte over kulturlaget. Murtasken er antatt fundamentert på tørrmur og diverse punktfundamenter under bjelkelaget. I grunnen under disse kan det ligge bolverkskasser og lignende fundamentkonstruksjoner.

Arbeidet med rehabiliteringen vil innebære å refundamentere sjøboden (nytt bolverk som står på knust tegl uten finstoff) og murtasken. Det skal også konstrueres grunnvannsterskler under bygget med den hensikt å holde et stabilt grunnvannsspeil i grunnen for å redusere ytterligere forråtnelse av kulturlaget. I sammenheng med refundamenteringen og grunnvannsstabiliseringen skal byggverket heves opp med jekkerigg. Dette er for å komme opp mot antatt opprinnelig høydenivå, og for å rette opp skjevsetninger som har oppstått med tiden særlig etter forrige århundreskifte.

De forskjellige geotekniske løsningene er detaljert presentert og beskrevet i dette dokumentet. Løsningene er ment som retningslinjer for grunnarbeidet med rehabiliteringen og grunnvannsstabiliseringen. Løsningene er basert på tidligere utførte rehabiliteringsoppdrag utført langs Bryggen. Jann-Atle Jansen (Multiconsult Norge AS) har i denne sammenhengen blitt engasjert som ekstern rådgiver for Sweco Norge AS for å bidra med videreføring av kunnskap og sikre at de løsningene som utføres er i tråd med tidligere rehabiliteringsoppdrag /ref. 04/.



Figur 1-1. Plassering av Det Hanseatiske Museum langs Bryggen i Bergen. Prosjektet er innenfor det omrissede området i rødt.

2 GEOTEKNISKE PROSJEKTERINGSFORUTSETNINGER

2.1 Regelverk

Gjeldende regelverk legges til grunn for prosjekteringen, og for geoteknisk prosjektering gjelder dermed:

- ✓ NS-EN 1990-1:2002 + NA:2016 (Eurokode 0),
- ✓ NS-EN 1991-1:2002 + NA:2008 (Eurokode 1),
- ✓ NS-EN 1993-5:2007 + NA:2010 (Eurokode 3, del 5),
- ✓ NS-EN 1997-1:2004 + NA:2008 (Eurokode 7),
- ✓ NS-EN 1998-1:2004 + A1:2013 + NA:2014 (Eurokode 8),
- ✓ NS-EN 1998-5:2004 + NA:2014 (Eurokode 8),
- ✓ NS3458 Komprimering – Krav og utførelse,
- ✓ NS 8141 Vibrasjoner og støt, utgave av 2012. Måling av svingehastighet og beregning av veiledende grenseverdier for å unngå skade på byggverk,
- ✓ TEK 17.
- ✓ Kulturminneloven (kml.)

I tillegg, og i den grad de er relevante, anbefales følgende veiledninger og håndbøker benyttet:

- ✓ Statens vegvesen (SVV), Håndbok V220, Geoteknikk i vegbygging,
- ✓ Veileder for kartlegging og vurdering av skredfare i arealplaner (NVE),
- ✓ Veileder for helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (SFT),
- ✓ Veiledning til TEK 17.

2.2 TEK 17 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 §7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Prosjektet ligger ved foten av Fløyfjellet og er innenfor Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine aktsomhetskart for snøskred. Bergen kommune har lagt ned store ressurser for å utrede skredfaren i kommunen. Rapporten /ref. 01/ beskriver snøskredfaren lavere enn steinsprang og faren for løsmasseskred. Skred og steinsprang anses ikke som en reel fare for Det Hanseatiske Museum (DHM) da det ligger utenfor faresonen iht ROS-analysen, og er beskyttet av ovenforliggende hus og konstruksjoner/gater.

§7-2 første ledd sier at prosjekter skal prosjekteres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger. DHM ligger innerst i Vågen og er ca. 30 meter fra havnekanten. DHMs plassering og høyde i terrenget er slik at stormflo kan utgjøre en fare for skader. For å ivareta §7-2 andre ledd plasseres prosjektet i **sikkerhetsklasse F2** med begrunnelse

at konstruksjonen har middels konsekvens ved oversvømmelse, men de økonomiske konsekvensene kan være store.

Det er ikke tiltenkt å utføre noen konstruksjonsmessige tiltak for å forhindre vann fra stormflo å trenge inn i konstruksjonen. Årsaken er at det er prosjektert gode muligheter for gjennomstrømning av luft gjennom bolverket noe som vil føre til at konstruksjonen naturlig og uten tiltak tørker opp igjen etter oversvømmelse. Bygningene er for øvrig originalt bygd for å tåle periodevis påkjenning fra store ferskvanns- og saltvannsmengder.

Byggene skal også heves ca. 1,0 m opp noe som reduserer risikoen for hyppigheten av oversvømmelse i forhold til dagens situasjon.

Dermed vil en periodevis fukting av bolverket relatert til stormflo eller andre hendelser ikke ha skadelig effekt på tømret slik som en kontinuerlig fuktbelastning vil ha. Det skal dog påses at oppdriften av eventuell stormflo ikke påfører skader på bygningen. Konstruksjonen må altså være tung nok for å motvirke løft ift oppdrift. Det elektriske anlegget og andre ømfintlige installasjoner skal også legges på en slik høyde at det ikke berøres av vann relatert til stormflo.

Prosjekteringen og utførelsen av arbeidene skal sikre at det er tilstrekkelig sikkerhet i alle faser.

2.3 TEK 17 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (altså Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir at:

«Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Norsk Standard NS-EN 199 Eurokode: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.»

Veiledningen til TEK 17 angir videre at:

«Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.»

Da det legges til grunn en prosjektering basert på Eurokodene (NS-EN) som angitt i punkt 2.1 vil TEK 17 §10 være ivaretatt.

2.4 Geoteknisk kategori

NS-EN 1997-1:2004+NA:2008 stiller krav til prosjektering ut fra tre ulike geotekniske kategorier. Valg av kategori gjøres ut fra standardens punkt 2.1 "Krav til prosjektering".

Prosjektet innebærer oppbygging av grunnvannsterskler for å kunne etablere infiltrasjonsanlegg for å heve og stabilisere grunnvannsnivået, samt å refundamentere et 300 år gammelt byggverk. Området er relativt flatt og bygget er i dag fundamentert på bolverk over til dels sterkt organiskholdige fyllmasser over stedlige løsmasser (strand- og sjøbunnslag over glasifluviale og glasiale lag på berg). Etter refundamenteringen skal bygningen fortsatt stå på bolverk, men over permeable fyllmasser (kapillærbrytende lag av knust, frostsikker teglstein som også virker som infiltrasjonslag). Luftet bolverk på kapillærbrytende lag er historisk sett en prosessuelt riktig fundamenteringsmetode ved restaurering, da slik fundamentering er påvist på Bryggen. Grunnvannstersklene skal ha den funksjonen at de skal danne infiltrasjonsbasseng i laget av knust teglstein og infiltrasjonen vil overtide

heve grunnvannstanden (ved tilførsel av ferskvann – sjøvann/brakkvann/avløpsholdig vann kan ikke brukes pga. innhold av sulfatforbindelser m.m.) og redusere setningshastigheten ved at forråtnelsen i grunn blir redusert pga. mindre tilførsel av oksygen til de organiskholdige kulturlagene/treverk i grunnen (treverk/organisk materiale må enten ligge helt neddykket/ligge i et miljø med meget høy vannmetting av ferskvann/reint saltvann eller ligge i et rørt miljø for å redusere nedbrytningshastigheten betydelig. Temperaturen bør også være generelt lav for å redusere den biologiske aktiviteten).

Terskelhøyden/utløp under topp som ligger lavere enn topp kapillærbrytende lav vil samtidig forhindre grunnvannet i å skade bolverket ved at dette da blir liggende tørt og luftig.

Bruk av grunnvannsterskler for heving av grunnvannstand og derved reduksjon av setningshastighet, er dokumenterte metoder som har tidligere blitt benyttet langs noen av de andre byggverkene på Bryggen (Bugården og Bredsgården, samt i Byggestredet og rundt Schøtstuene og i Brygeparken) som en del av grunnvannsprosjektet på Bryggen i regi av Riksantikvaren/Statsbygg, hordaland Fylkeskommune (Prosjekt Bryggen), Stiftelsen Bryggen, de private gårdeierne og Bergen kommune. Tilsvarende grunnvannsinfiltrasjonsanlegg er også bygget av Bergen kommune på Nedre Korskirkeallmenning og er under bygging i Kong Oscars gate i regi av Statens vegvesen region vest og «Graveklubben» (Bergen kommune og de andre «rør-, lednings og kabeletatene»).

På dette grunnlaget kan man slå fast at metodene for redundamentering og heving av grunnvannsnivå er utprøvd på flere steder og med tilsvarende grunnforhold. Men infiltrasjonsmetoden har ikke blitt benyttet direkte under bygninger før.

Med dette som grunnlag velges følgende overordnet krav til prosjektering:

Refundamentering → **Geoteknisk kategori 2**

Grunnvannsterskler → **Geoteknisk kategori 2**

2.5 Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC)

NS-EN 1990:2002+NA:2016 definerer byggverks plassering med hensyn til konsekvensklasse og pålitelighetsklasse (CC/RC). Konsekvensklasser er behandlet i standardens tillegg B i tabell B1 (informativt), mens veiledende eksempler på klassifisering av byggverk i pålitelighetsklasser er vist i nasjonalt tillegg NA (informativt), tabell NA.A1 (901).

I denne tabellen er grunn- og fundamenteringsarbeider splittet i følgende to alternativer:

- ✓ Kompliserte tilfeller,
- ✓ Enkle og oversiktlige grunnforhold.

Det aktuelle prosjektet innebærer refundamentering og oppbygging av grunnvannsterskler under et eldre bygg og plasseres etter tabell NA.A1(901) i **pålitelighetsklasse 2** basert på veiledende eksempler for type byggverk, «kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.»

For den geotekniske prosjekteringen av prosjektet er det valgt følgende konsekvens-/pålitelighetsklasse:

Refundamentering → **CC/RC 2**

Grunnvannsterskler → **CC/RC 2**

2.6 Tiltaksklasse i henhold til Plan og Bygningsloven

I henhold til tabellen i veiledningen for byggesaker utarbeidet av Direktoratet for byggkvalitet vurderes det at prosjektet faller inn under **tiltaksklasse 2** for geotekniske arbeider. Dette begrunnes med at anlegget er plassert i pålitelighetsklasse 2 og at kompleksiteten og vanskelighetsgraden er middels, og der mangler og feil kan føre til små til middels konsekvenser for helse, miljø og sikkerhet.

2.7 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+NA:2016 krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstille NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Sweco Norge sitt kvalitetssystem tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er derfor ivarettatt også for pålitelighetsklasse 2.

2.8 Prosjekterings- og utførelseskontroll

NS-EN 1990:2002+NA:2016 gir videre føringer for krav til omfang av prosjekteringskontroll og utførelseskontroll avhengig av pålitelighetsklasse. Dette innebærer i henhold til tabell NA.A1 (902) og NA.A1 (903) at det for prosjekteringskontroll av geotekniske arbeider kan forutsettes en prosjekteringskontrollklasse PKK2 for refundamenteringen og grunnvannstersklene.

Refundamentering → **PKK2**

Grunnvannsterskler → **PKK2**

For prosjektering av refundamenteringen og grunnvannstersklene gjelder dermed at det utføres *egenkontroll* ("DSL 1"), *intern systematisk kontroll* (DSL 2) og i tillegg *utvidet kontroll* (DSL 3). I henhold til standarden kan prosjekteringskontrollklasse PKK2 begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket.

For utførelsen gjelder at det skal utføres egenkontroll (IL 1), *intern systematisk kontroll* (IL 2) og i tillegg *utvidet kontroll* (IL 3). I henhold til standarden skal utvidet utførelseskontroll i utførelseskontrollklasse UKK2 bekrefte at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende tiltaket.

Refundamentering → **UKK2**

Grunnvannsterskler → **UKK2**

3 Topografi og grunnforhold

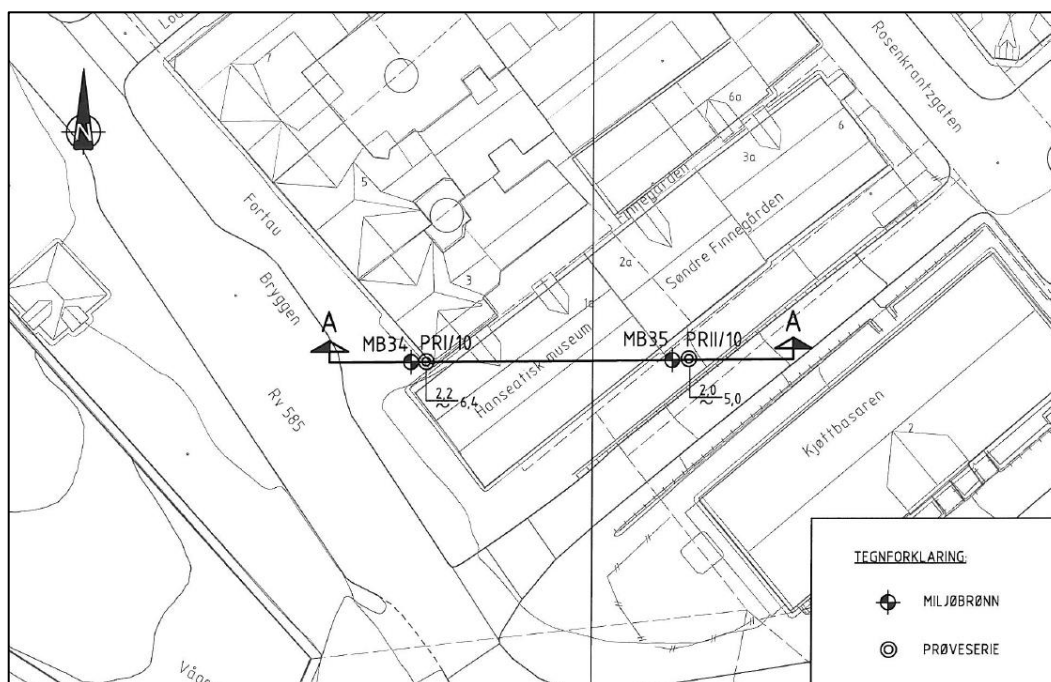
Området har vært preget av handel og bebyggelse i nesten 1000 år. Bryggen har med tiden blitt bygget lengre ut i Vågen, og flere branner har lagt Bryggen og deler av byen i aske. Fleste parten av bygningene langs Bryggen er direktefundamentert på gamle brannlag og fundamenter og organiskholdige fyllmasser lag (fredede kulturlag, eller kulturminneloven) fra tidligere bebyggelser (kulturlag). DHM ble oppført etter bybrannen i 1702 og står direkte dimensjonert på kulturlaget.

3.1 Topografi

Det Hanseatiske Museum (DHM) ligger innerst i Vågen, vest for kjøttbasaren i Bergen sentrum. Fremkant av DHM (brosteinen) ligger på ca. kote +1,9 og er relativt til havnekanten mot Vågen. Tømmerdelen av DHM står noe lavere enn brosteinen. Terrenget et stykke bak DHM stiger opp mot Fløyfjellet.

3.2 Utførte grunnundersøkelser

Det har blitt utført grunnundersøkelser på tomten. Multiconsult har sammen med NIKU (og i samarbeid med NGU og Nationalmuseet i Danmark) foretatt opptak av to prøveserier (se Figur 3-1 for borplan). Prøvene ble tatt opp ved naverboring noe som gir forstyrrede prøver, men representative for grunnforholdene. Rutinemessig analyse ble utført på prøvene. Resultatene fra grunnundersøkelsen er beskrevet i kapittel 3.4.



Figur 3-1. Boreplan for utført grunnundersøkelse september 2010 /ref. 02/.

3.3 Dybder til berg

Det ble ikke foretatt fjellkontrollboringer (totalsonderinger) i sammenheng med utførte grunnundersøkelser og dybden til berg er derfor ukjent.

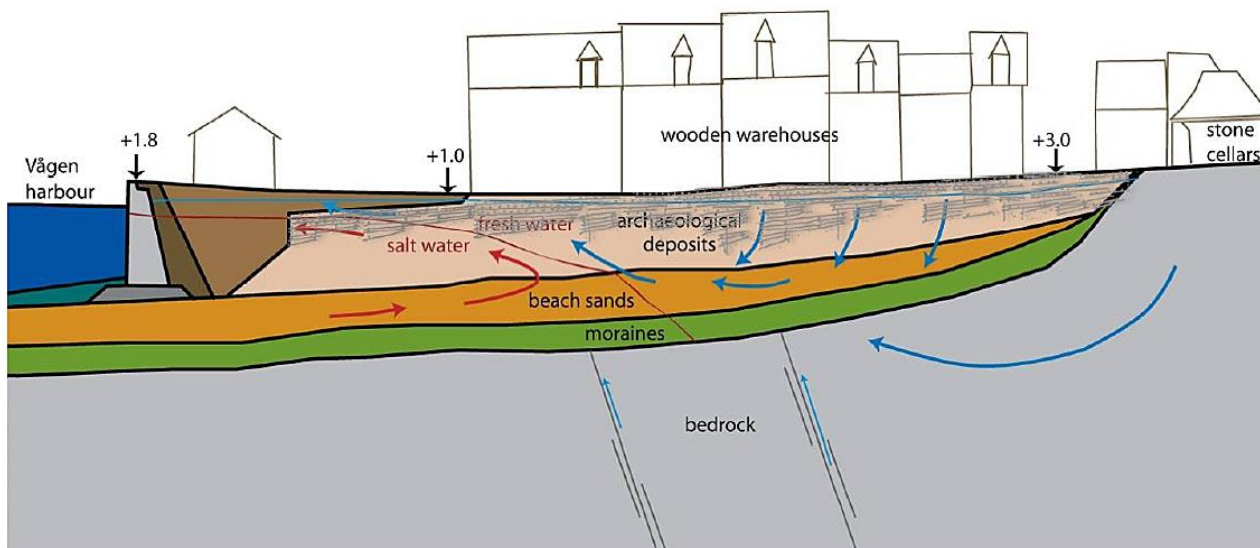
3.4 Grunnforhold

Grunnforholdene under DHM består av knust teglrester, sand, grus og stein (ca. 0,8 m) over ca. 2,3 til 3 m tykt kulturlag (vernet arkeologisk grunn) over gammel sjøbunn (fin sand / sand). Kulturlaget har et varierende innhold av organisk materiale (5 til 30 % fra glødetap), og da er ikke andelen av trekonstruksjonen anslått. Kulturlagets vanninnhold varierer mellom 30 til 235 %, og ser ut til å være størst nærmere de eldre lagene (helt i bunn). Det høye organiske- og vanninnholdet er faktorer som fører til store setninger hvis ikke håndtert korrekt, men trekonstruksjoner (med friskt trevirke) i grunnen kompliserer dette bildet.

For DHM er som nevnt det underliggende kulturlaget, fundamentene og bygningen(-e) fredet etter kulturminneloven og oppført siden 1979 på UNESCO verdensarvliste. Det betyr at ingen inngrep som fører til fjerning av kulturminnelaget i utgangspunktet er tillatt uten løyve fra Riksantikvaren (som er kulturminnemyndighet for den freds grunnen [grunnen innenfor «Middelalderbyen Bergen», under moderne fyllmasser, er et automatisk fredet kulturminne], og bygninger og bygningsdeler eldre enn 1660).

Tilsvarende for inngrep/endringer gjelder for bygningen(-e) som fylkeskommunen er kulturminnemyndighet for (kulturminnemyndighet bygninger yngre enn 1660 og eldre enn 100 år, eller bygninger yngre enn dette som har spesielle verne- eller fredningsbestemmelser. Bygningen i Søndre Finnegård er oppført like etter 1702) Fylkeskommunen. Dermed må den geotekniske prosjekteringen og utførelsen være slik at grunnforholdene i minst mulig grad forstyrres, fjernes eller på annen måte påvirkes negativt. De geotekniske tiltakene skal være til større nytte enn ulempe for kulturminnene.

Lagdelingen er illustrert i Figur 3-2, det er ikke påvist morene under sandlaget under DHM. Figuren er kun ment som illustrasjon.



Figur 3-2. Illustrasjon av lagdelingen under bebyggelsen langs Bryggen i Bergen. Merk Trefundamentene (bolverksskassene) i grunnen. Kilde: www.prosjektbryggen.no

3.5 Grunnvannstand

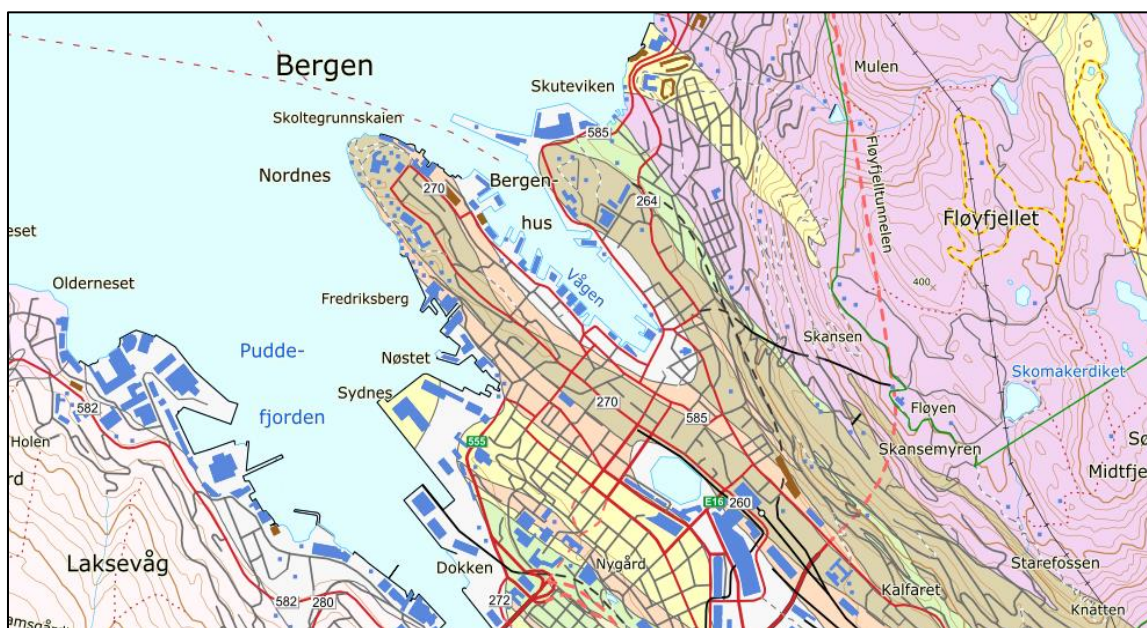
Grunnvannstanden langs bryggen varierer lokalt grunnet grunnvannsreduserende tiltak (grøfter og grunnvannspumper rundt bygningen). Det ble installert to miljøbrønner i de samme punktene som naverboringene ble utført. Hensikten med miljøbrønnene er å måle grunnvannstanden og arkeologisk miljøovervåking /ref. 02/.

Grunnvannstanden ble målt den 29.11.2011 og er registrert til kote +0,37 (MB34) og +0,79 (MB35). Alle høyder er i hht. NN1954. Det fremheves i rapporten at grunnvannstanden trolig lar seg påvirke av tidevannet og kan være påvirket av nærliggende grøfter og pumper /ref. 02/. Brannlaget fra 1702 ligger trolig ca. på kote +0,7 i fremkant av bygningen(-e) og grunnvannet bør ligge over dette nivået.

Figur 6-1 viser beliggenheten av to grunnvannspumper under hotellet i nord og under Bryggen 3-5.

3.6 Berggrunn

I følge berggrunnskartet fra NGU Figur 3-3 fremkommer det at berggrunnen består av amfibolitt, omdannet og sterkt deformert gabbro, grønnstein med bånd av trondhemitt (farget brungrønn på kartet) og mylonittgneis (farget lys oransje). Berggrunnen berøres ikke i dette prosjektet.



Figur 3-3. Kartblad "Berggrunnskart N50" over Bergen sentrum. Grå indikerer løsmasser/fyllmasser. Kilde: Geo.ngu.no/kart/berggrunn hentet: 18.12.2017.

3.7 Forurensningssituasjon

Denne rapporten omhandler ingen forhold knyttet til miljøteknisk rådgivning. Det antas at massene under bolverket faller under tilstandsklasse 5 «Svært dårlig» for forurenset grunn /ref. 03/. Dette beskrives som farlig avfall. Massene må dermed håndteres etter forurensningsforskriften kap. 2 og leveres til godkjent mottak for forurensede masser. Begrunnelsen med å klassifisere massene i tilstandsklasse 5 er at det antas at industriarbeidene nede på Bryggen gjennom historien ikke har fulgt hva som er akseptabel håndtering av tungmetaller o.l. etter dagens standard.

Erfaringer fra tidligere prosjekter langs Bryggen og Vågsbunnen viser at grunnen er forurenset av tungmetaller, PAH (tjærestoffer) og olje.

3.7.1 HMS med fokus på forurensning

Det må vurderes hvilke forbehold som skal inkluderes i HMS- og SHA-planene ang. arbeider i forurenset grunn. Tidligere erfaringer viser til frigjøring av sulfidgasser ved grunnarbeider. Tiltak mot gasshåndtering kan være ventiler, mye likt de som brukes i tunneler for ventiler av sprenggasser. Det bør også vurderes om arbeiderne skal utrustes med bærbare gassmålere.

4 Jordskjelv

Det er bevilget dispensasjon for seismisk induerte laster for det statiske systemet til DHM. Det statiske systemet skal altså ikke oppgraderes for å ta imot statiske laster. Basert på utførte grunnundersøkelser og antagelser om dybde til berg antas det **grunntype E**. Tabell 3.2 i Eurokode 8 beskriver denne grunntype som «En grunnprofil som består av alluviumlag i overflaten med v_s -verdier av type C eller D og tykkelse som varierer mellom ca. 5 m og 20 m, over et stivere materiale med $v_s > 800$ m/s».

5 Naboforhold og tilstandskontroll

5.1 Forhold til nabobebyggelse

DHM ligger sentralt i Bergen med tett bebyggelse. Området er preget av høy pågang fra turisme og trafikk i fremkant av bygget. Mot nordøst grenser sjøboden og tasken mot Det Hanseatiske Hotell (Finnegården 2A). Hotellet ligger helt inntil prosjektområdet, og er trolig fundamentert på betongpeler.

Mot nordvest skiller svalgangen sjøboden fra Bryggen 3-5 (murgård). Murgården ble bygget i 1905 og består av fem etasjer med loft og kjeller.

Øst for Det Hanseatiske Museum ligger Kjøttbasaren (oppført 1874-1876) er et 790 m² stort murbygg uten kjeller (trolig direktefundamentert på kulturlaget).

5.1.1 Tilkost og rigg

DHM ligger sentralt i Bergens sentrum og plassen rundt er svært begrenset. Prosjektet vil ta en del plass og hensyn mot nabobebyggelse spesielt hotellet er avgjørende. Hotellet ligger helt innerst i Finnegårdsgaten noe som medfører trang riggplass mot hotellet.

Gravearbeider for bygging av grunnvannsterskler og kummer vil komme til å ta en del plass utenfor DHM. For å øke plassen rundt DHM foreslås det at rigg og lager legges på lekter innerst i Vågen, vest for Rundetårnet. Kaiområdet er godt skjermet for vær og vind, og ligger i en avstand på ca. 40 til 100 meter fra prosjektet. Dette må eventuelt på forhånd avklares med og godkjennes av havnemyndighetene og samferdselsmyndighetene.

5.1.2 Skadedyr under utførelse

Det bør utføres en vurdering av håndtering av potensielle utfordringer knyttet til skadedyr under utførelse i anleggsområdet og den permanente situasjonen. Vurderingen bør også ta hensyn til hotellet, Kjøttbasaren, Fisketorget og serveringssteder i området.

5.2 Tilstandskontroll

5.2.1 Setningsmåling av Det Hanseatiske Museum

I sammenheng med grunnundersøkelsen som ble utført av Multiconsult /ref. 02/ ble det også utført setningsmålinger av ANKO AS. Det ble målt setninger i horisontalplanet (x,y) og vertikalretning (z) i flere punkter på bakken og fasaden.

Det har vært foretatt regelmessige setningsmålinger fra 2008 (se /ref. 02/ for plassering av setningsboltene plassering).

Frontfasade mot Vågen

Det er målt setninger i 10 punkter i fasaden på fronten av Finnegården (V7-V10) og Tasken (V1-V6). Terrenget i front av museet har en setningsutvikling på 1,3 mm/år (G3). Det samme gjelder målepunktene på frontfasaden som har en snitt setningsutvikling på 1,0 mm/år (fra 0 til 1,5 mm/år).

Finnegårdsgaten / Kjøttbasaren

Det er målt setninger i 9 forskjellige punkter på fasaden mot Finnegårdsgaten. Punktene nærmest terreng viser setningsutvikling fra 1,2 til 2,1 mm/år, som gir et gjennomsnitt på 1,6 mm/år.

Finnegården (Svalgangen)

Det er to målepunkter i svalgangen, N1 (på gesimsen) og N2 (mot bakken). Den vertikale bevegelsen er målt til 3,3 mm/år i punkt N1 og 4,5 mm/år i punkt N2. Horisontalbevegelsene er i samme størrelsesorden. Vertikalbevegelsen i svalgangen er vesentlig større enn i de andre punktene. Mulig årsak til denne relativt store setningsbevegelsen kan komme av at det står en grunnvannspumpe i nabobygget (Bryggen 3-5), hvor hensikten er å holde grunnvannstanden under fundamentnivået. Også høye temperaturer i kjelleren i denne bygningen kan virke negativt på setningsutviklingen.

Måling av setninger før, under og etter utført tiltak

Det er prosjektert at ANKO AS skal videreføre setningsmåling før, under og etter rehabiliteringen.

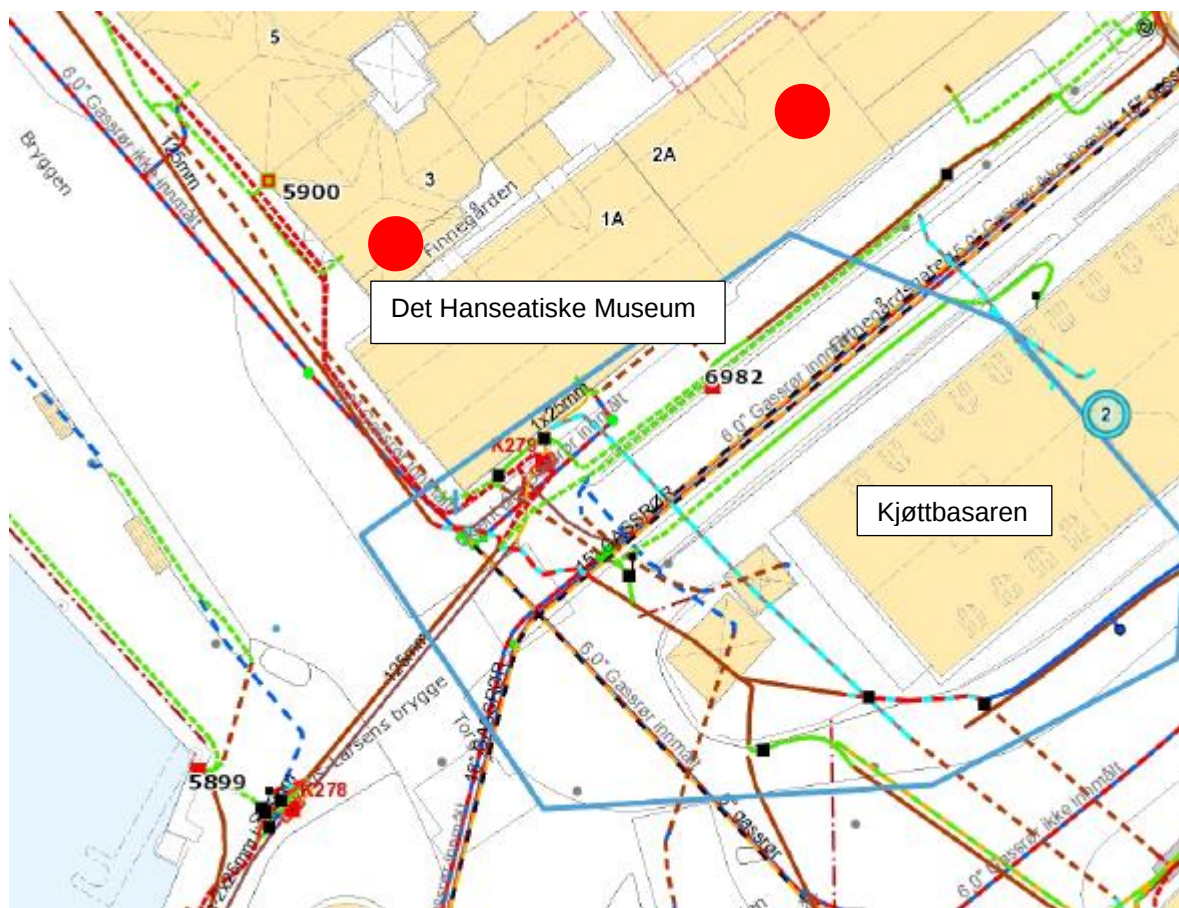
5.2.2 Tilstandsvurdering av nabobyggene

Det bør utføres tilstandsregistrering av nabobyggene (bla. hotellet og Bryggen 3-5) før arbeider går i gang. Tilstandsregistreringen bør omfatte bilder, video og annen registrering (f.eks. dokumentasjon av tilstanden på rør, kabler og ledninger under og fra bygningene), samt iverksetting av setningsmålinger på bygningene slik at man har dokumentasjon og kontroll på at nabobebyggelsen ikke påføres setningsskader som følge av prosjektet. Bilder og video bør vise (dersom det finnes) setningsskader eller andre skader på konstruksjonene, fuktskader og dokumentasjon av eventuelle vanninntrenginger. For setningsmålingen anbefales det at disse iverksettes i god tid før prosjektet fysisk iverksettes. En lang måleserie før tiltaket går i gang vil være god dokumentasjon ved en eventuell tvistesak.

Det bør også dokumenteres før igangsettelse hvordan nabobyggene er fundamentert, og hvilke dreneringssystemer som er under og rundt byggene. Det kan gjerne også registreres hvilke vannmengder som pumpes ut fra grunnen fra grunnvannspumpene, samt tas prøver av pumpevannet fra grunnvannspumpene.

6 Rør, kabler og ledninger

Området ligger sentralt i Bergen sentrum og det er påvist flere grøfter med mange rør, kabler og ledninger rundt DHM. Plasseringen av noen kabler er ukjent. I forbindelse med planlegging av prøvegravning har det blitt innhentet kabelpåvisning fra BKK AS som vist i Figur 6-1.



Figur 6-1. Oversiktskart over kabler rundt Det Hanseatiske Museum (fra BKK AS). De rødesirkelene anviser den antatte beliggenheten av grunnvannspumper (Merk at rør- og ledningsnett kan ha endret seg fra da dette kartet ble hentet inn og tiltaket blir påbegynt).

Figur 6-1 viser høyspenning, lavspennings og fiberkabler langs fremsiden av DHM, og veggen mot Finnegårdsgaten. BKK må kontaktes ved graving i nærheten av disse kablene. Tilsvarende må gjøres ved graving nær Telenor/Bravida, Bergen kommune og Statens vegvesen og andre parter (også private) sine kabler, rør og ledninger.

6.1 Konflikter med kabler og ledninger

Det ligger mye ledninger og kabler i bakken i fremkant av museet. Ikke alle er i bruk, og alderen på noen av ledningene mistenkes å være fra 1920-30 tallet. Disse vil skape konflikt ved utgravningen som må utføres rundt bygget. Mulige konflikter i grunnen bør avklares før grunnarbeider kan påbegynnes. Konfliktene vil medføre omlegging av kabler, rør og ledninger midlertidig eller permanent.

Det er markert gassledninger i fremkant av DHM. Gassledningene er ikke i bruk, men kan fortsatt inneholde gass. Ved kutting av gassrørene anbefales det før forblending at rørene fylles med vann eller skum.

7 Geoteknisk problemstilling

Det Hanseatiske Museum består av to byggverk. Én laftebygning (Finnegårdens sjøstue/sjøboden), og en bygning av stolpeverk som er kledd med mur (tasken). Tredelen av muséet er fundamentert med et bolverk av krysslagte trestokker varierende fra ca. 6 lag i front og 3 lag i bakkant. Tasken var fundamentert på tørrsteinsmur under yttervegg og punktfundamenter av murt tørrstein under et bjelkelag. I løpet av forrige århundre ble det gjort flere reparasjonstiltak der opprinnelig deler av fundamentene ble erstattet av betong.



Figur 7-1. Bilde av Det Hanseatiske Museum. Det er veldig tydelig hvor de to konstruksjonene møtes. Både tredelen og murdelen skal restaureres. Kilde: www.visitbergen.no/308/ hentet 18.12.2017.

Det kommer tydelig frem fra kapittel 5.2.1 at DHM har blitt utsatt for store skjevsetninger over tidens løp. Skjevsetningene kommer trolig fra flere årsaker, hvor noen mulige årsaker kan være:

1. Økte laster på grunnen. Bryggen og Finnegårdsgaten har over flere tiår blitt utfylt med tunge fyllmasser og terrenglaster fra kjøretøy. Disse lastendringene har bidratt til økt poretrykk som ofte fører til økning av effektivspenninger. Dette resulterer i volumreduksjon av løsmassene, som igjen fører til setninger.
2. Grunnvannet/poretrykket i grunnen har av flere årsaker blitt senket, blant annet som følge av grunnvannssenkning. Kulturlaget har til dels et høyt organisk innhold og ved senkning av grunnvannet vil nedbrytning av massene pga. tilførsel av oksygen som gir forråtnelse og kryptsetninger i massene. Senkning av grunnvannet fører også i første omgang til endringer i effektivspenningene (gir momentane setninger og primærsetninger).
3. Trefundamentene har ligget direkte på grunnen og forråtnelse av bolverket kan ha bidratt til økte (skjev-)setninger i bygget. Da kun trebygget (sjøboden) ligger på bolverk vil dette kunne medføre skjevsetninger mellom trebygget og Tasken.

4. Det ble i 1996 utført refundamentering av bygget og det ble benyttet betong som plateforsterkning og som en del av selve fundamentene. Armert betong har relativt høy egenvekt noe som vil føre til økning av laster i bygget. Om disse betongelementene har overgått de historiske lastene som har vært i bygget er usikkert.

Det er ønskelig å rehabilitere bygget pga. setningsskader, gjøre bygningen mer robust til å motstå tilsvarende setninger i fremtiden, og rehabilitere fundamentene som bygget står på. Bygningen skal restaureres med samme byggeskikk som da det ble bygget (prosessuell restaurering). Som en del av refundamenteringen er det som nevnt planlagt å bygge et infiltrasjonsanlegg under bygningen(-e) for å holde grunnvannstanden på et så høyt nivå at en reduserer fremtidige setninger i grunnen betydelige og reduserer også tilsvarende forråtnelse av rehabilitert bolverk.

Dette kapitlet gir en vurdering av hvilke tiltak som bør iverksettes for å oppnå en reduksjon av fremtidige setninger under og rundt byggverket. Tiltakene skal også forhindre ytterligere forråtnelser av det fredede kulturlaget. Som en del av vurderingen beskrives prinsipper for hvordan infiltrasjonsanlegget bør oppbygges for å forhindre fremtidige setninger av grunnen under og rundt. Det gis også råd om hvordan refundamenteringen av sjøboden og tasken kan se ut. Prinsippene og erfaringene er hentet fra notatet utarbeidet av Jann-Atle Jensen ved Multiconsult ASA /ref. 04/.

7.1 Oppjekking av Det Hanseatisk Museum

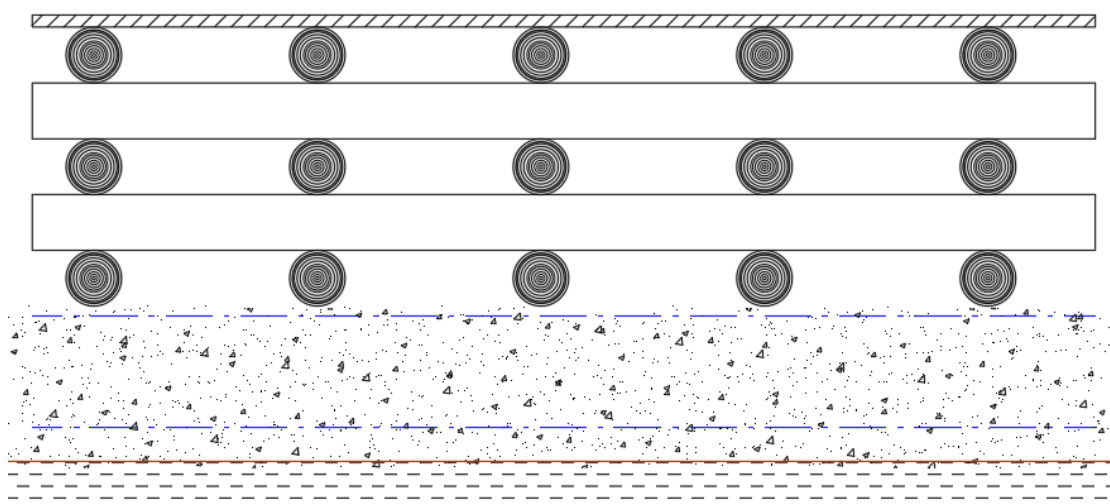
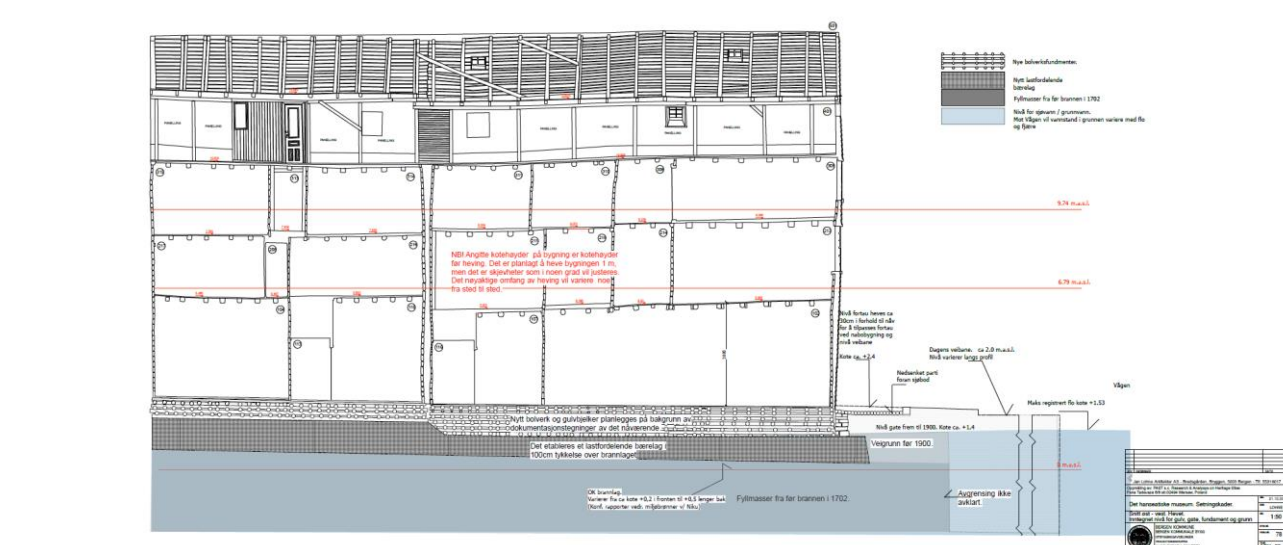
Restaureringen av DHM er en kompleks oppgave, der murkledningen av Tasken skal plukkes fra hverandre, ytterkledningen av sjøboden i første etasje skal plukkes ned og alt av antikvarisk materiell i første etasje skal tas ut.

For å få tilgang under byggverket skal konstruksjonen jekkes opp ca. 1 m. Fremgangsmåten for oppjekkingen vil bli beskrevet i et separat notat. I hovedsak skal det bygges et bæresystem av stoler som står på egne fundamenter, og en stiv ramme som kan jekkes opp og ned og låses i ulike posisjoner som kan bære bygningen på en stabil måte. Det er viktig at fundamentene fra jekken ikke overfører store spenninger ned i grunnen da dette vil kunne føre til brudd i jordmaterialet eller store deformasjoner. Fundamentene må plasseres, eller kunne flyttes, slik at det ikke kommer i konflikt med oppbyggingen av infiltrasjonsanlegget eller refundamenteringen av DHM.

7.2 Refundamentering av sjøboden

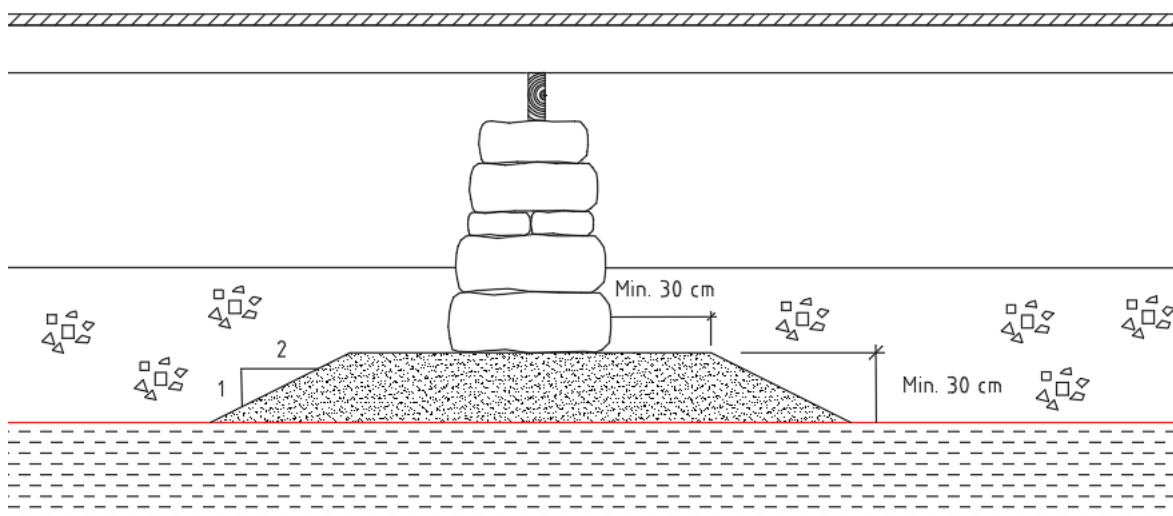
Sjøboden er direktefundamentert på bolverk. Bolverk er laftet tømmer i et relativt tett rutenett. Dette fungerer som bjelkelag og fundamentering i ett. Det er usikkert hvor mange lag med bolverk som er under hele Sjøboden men det man vet er at det blir mindre bolverk bakover mot hotellet (3 lag etter prøvegravning i bakkant. Det er antatt 6 lag i fremkant, se Figur 7-2). Sjøboden skal heves som en del av tiltaket med å refundamentere og restaurere bygningens bjelkelag og laftekasse.

Grunnvannsnivået bør ha et minimumsnivå på kote +0,7 (NN1954) med muligheten til å stige til kote +1,0 eller høyere ved fronten mot bryggen. Da vil kulturlaget ligge under grunnvannsnivået og hastigheten på forråtnelsesprosessen reduseres. Underkant bolverk bør ligge over kote +1,0.



7.3 Refundamentering av tasken

Tasken blir jekket sammen med sjøboden som en del av rehabiliteringen. Murfasaden tas midlertidig ned under rehabiliteringen. Tasken er oppgitt til å være fundamentert på steinmur i ytterkant mot Finnegårdsgaten, og punktfundamenter murt opp av tørrstein. Bjelkelaget ligger på grunnmuren og punktfundamentene. Punktfundamentene bør erstattes av nye fundamenter. Mellom grunnmuren og punktfundamentene er det delvis fylt opp med sand-, grus og humusholdige materialer. Disse materialene utgjøre en relativt større vekt enn knust tegl og det anbefales at disse masse skiftes ut mot knust tegl.



Figur 7-4 Prinsippskisse av steinfundamentet under tasken.

Der det er mulig anbefales det at de nye punktfundamentene fundamenteres på en pute av velgradert pukk (2-64 mm, dvs. vasket 0-64 mm) over klasse 4 fiberduk på kulturlaget som anvist i Figur 7-4. Tykkelsen på steinputen bør minimum være 0,3 m tykk og stikke ut 0,3 m utenfor steinfundamentene i alle retninger. Helningen på steinputen bør være 1:2. Lastene som virker ned på steinfundamentet bør være sentrisk, dette for å gi størst mulig bæreevne. Det forutsettes at ved sentrisk belastning spres lasten 45 grader fra fundamentet og ned på kulturlaget. Over pukklaget og rundt fundamentene legges det ut et lag med tegl.

De eldre fundamentene har over tid forbelastet grunnen under og det vil være en stor fordel om de nye fundamentene plasseres på den samme plassen som de eldre fundamentene.

Det må påses god lufting mellom bjelkelaget og grunnen, og at luftingen mot bolverket ikke sperres.

7.4 Grunnvannshåndtering

Dette kapitlet beskriver prinsipper for etablering av tetning rundt DHM for å holde grunnvannet inne, hvordan tilføre vann i grunnen og håndtering av for mye vann.

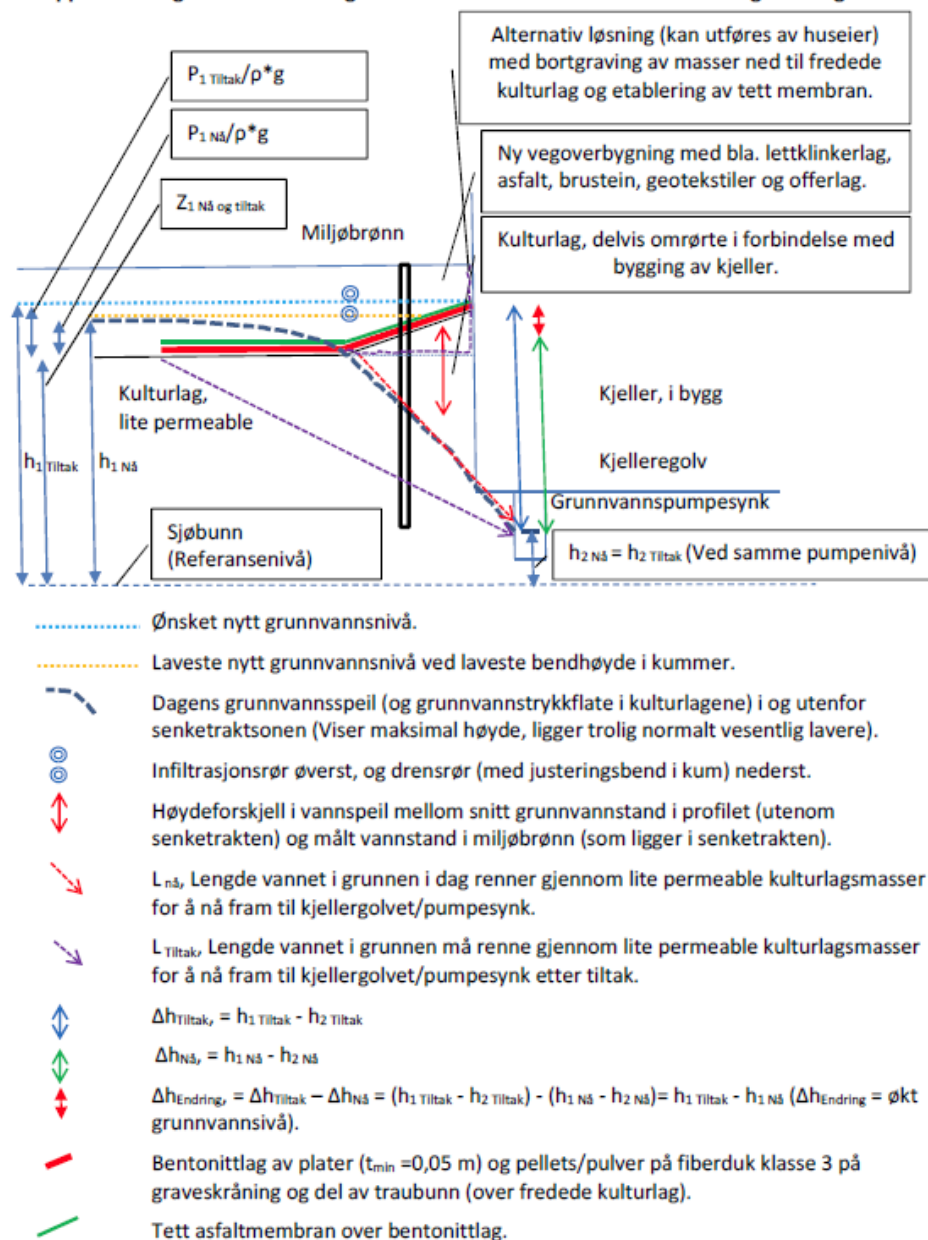
7.4.1 Tetting og isolering av kjeller mot nabobygninger

Infiltrasjonsanlegget vil bidra til å heve grunnvannet og tilfører vann kontinuerlig dersom de skulle synke pga. setninger. Dette vil bidra til økt fukt og vannbelastninger mot nabobyggenes kjellervegger.

3 Mulige avbøtende tiltak mot kjellervegger

Prinsippskissen under (Figur 11) viser hvordan en med membran kan redusere tilstrømmingen av vann mot kjelleren ved økt høyde på grunnvannsspeil (grunnvannstrykkflate).

Prinsippskisse for grunnvannstand og tiltak ved lokalt senketraktsområde i Kong Oscars gate



Figur 11: Prinsippskisse for tiltak mot økt vanntilførsel mot kjeller som følge av utførte tiltak.

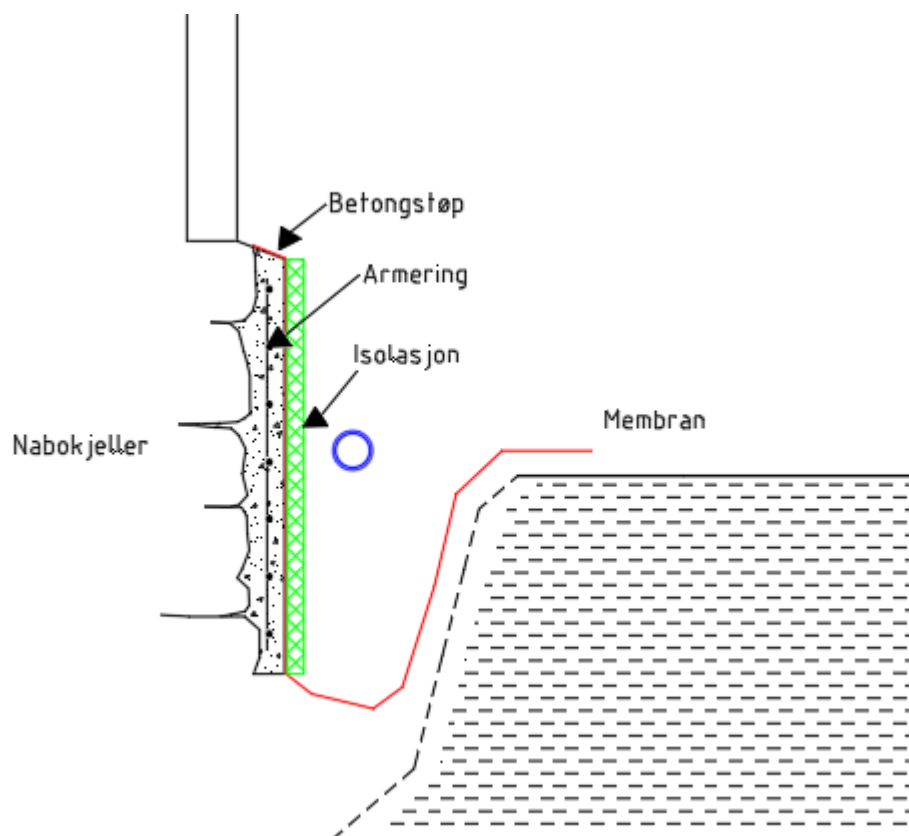
Figur 7-5 Prinsippskisse av tetting mot nabobygg i områder hvor det ikke tillates å grave bort masser. Hentet fra notatet utarbeidet av Jann-Atle Jensen i Multiconsult ASA /ref.04/.

Mot Bryggen 3-5 har kulturlaget mest sannsynlig blitt gravd vekk ved etablering av kjeller. Hvis dette er tilfellet kan masser mot kjellerveggen fjernes for å forsterke veggen. Forsterkningen kan f.eks.

være påstøp av betong (med fasthet B35 og bestandighet M45) med armeringsnett. For å gjøre betongstøpen vanntett kles den med bentonitt og asfaltmembran. Denne metoden har blitt benyttet av Bergen kommune og Statens Vegvesen på Nedre Korskirkeallmenning og i Kong Oscars gate. Figur 7-6 illustrerer prinsippet som beskrevet. Hvis grunnforholdene er slik at man ikke kan fjerne massene pga. kulturlaget kan prinsippet i Figur 7-5 benyttes.

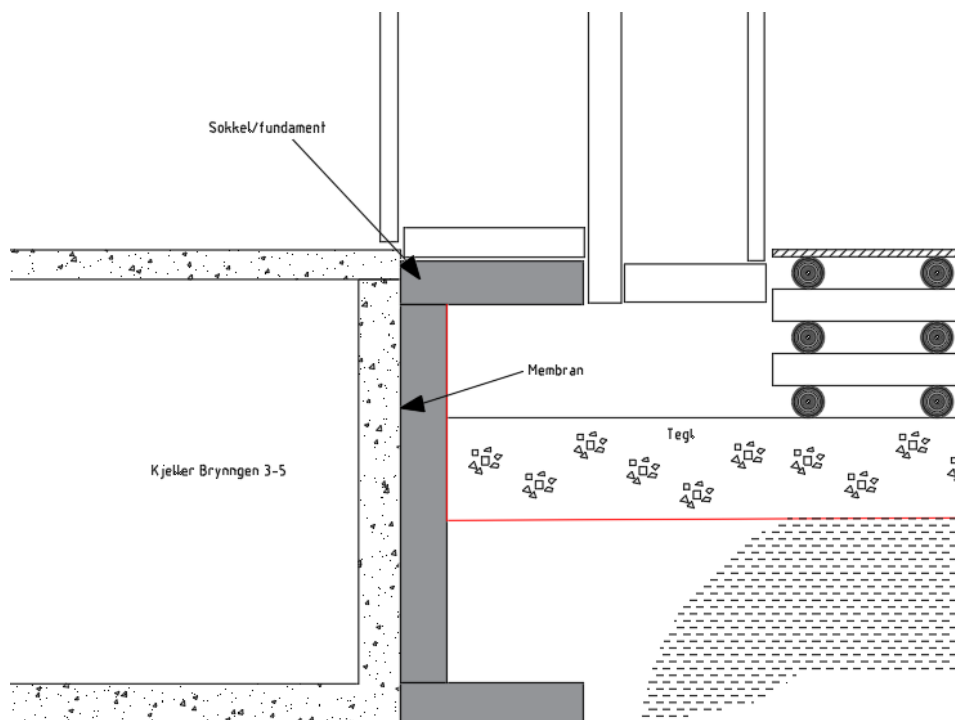
Da Bryggen 3-5 trolig bidrar til økt temperatur i kulturlaget (som fører til økt hastighet på forråtnelsen) anbefales det å legge et lag med isolasjonsplater på utsiden av veggen. Dette kan forhindre at varme strømmer ut av kjellerveggen.

Tiltaket mot nabokjeller bør utføres så langt ned som mulig uten at det forstyrrer kulturlaget.



Figur 7-6 Prinsipp av tetting av grunnmur mot nabobygg. Den røde linjen er membran som vil forhindre vann i å trenge inn i kjelleren. Den grønne firkanten er isolasjonsplate for å forhindre kjelleren fra å varme opp kulturlaget. Blå sirkel er mulig rør. Rørene kan være overvannsrør og kummer, også for infiltrasjonsanlegget samt AF-rør og m.m. For å øke isolasjonseffekten kan de etterfylte massene bestå av lettklinker (0-32 eller 10-20) eller skumglass (10-60 mm) som pakkes inn i doble lag med fiberduk. Disse massene må sikres mot oppdrift, dette kan utføres ved å legge tyngre lag på toppen.

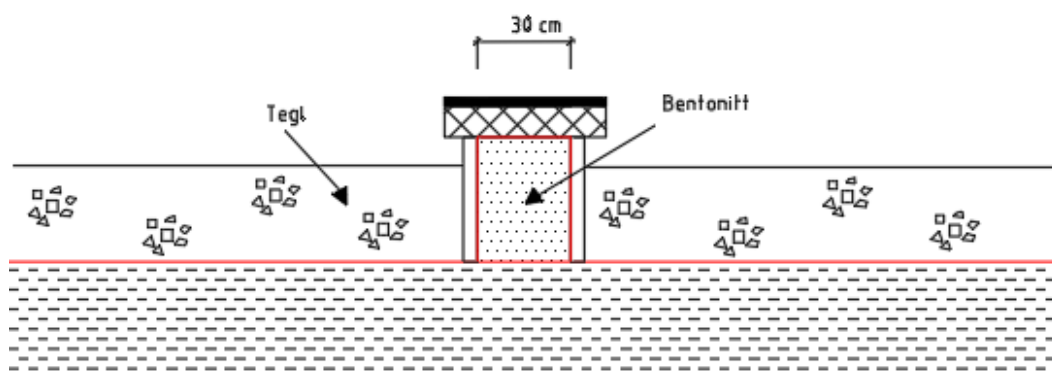
Mot svalgangen i Bryggen 3-5 skal det bygges en rømningsvei samt et lite utstillingsområde. Konstruksjonen vil være i sammenheng med DMH og behøver en sokkel/fundament for å holde oppe konstruksjonen. Figur 7-7 viser prinsippet for grunnarbeidet mot Bryggen 3-5 i områdene som krever bæring for rømningsveien. Som nevnt tidligere i dokumentet antas det at kulturlaget ble gravet vekk ved etablering av kjelleren under Bryggen 3-5. Dette muliggjør å legge membran mot kjellerveggen helt ned til underkant kjeller.



Figur 7-7 Sokkel/fundament for rømningsvei i svalgangen. Det bør også legges et isolasjonsplater utenpå kjellerveggen for å forhindre at temperaturen i grunnen øker.

7.4.2 Etablering av grunnvannsterskler

Mot hotellet og Brynngen 3-5 bør det etableres vanntetting som beskrevet i kapittel 7.4.1. Mot de frie endene ved Brynngen og Finnegårdsgaten må det etableres grunnvannsterskler for å forhindre tilført vann i å renne vekk. Grunnvannstersklene og tettingen mot nabobyggene vil på mange måter fungere som et basseng med flere trinn under DHM (blir to trinn da bolverket under har to høydeforskjeller og kulturlaget stiger bakover mot hotellet).



Figur 7-8 Prinsippskisse av hvordan bentonittplugg/tersklene kan utformes. Rød linje representerer fiberduk. Over Bentonittplugg/tersklene bør det ligge en 100 mm tykk isolasjonsplate med overliggende stålplate, dette for å forhindre erosjon av bentonitten.

Grunnvannstersklene bør etableres av bentonitt med bredde på ca. 0,3 m som bør forskales på begge sider med glassfiber- eller plastforskaling. Mellom forskalingen og bentonitten legges det en fiberduk (hele bentonittpluggen pakkes inn i fiberduk). Toppen av bentonittveggen bør være ca. 0,15 til 0,20 m over utløpet til vannsystemet. Dette er for å forhindre vannstrømning over bentonittveggen som vil kunne føre til erosjon av bentonitten. Det bør også legges en 100 mm isolasjonsplate på toppen av bentonittpluggen med en overliggende stålplate for å forhindre erosjon og skader på bentonitten.

7.4.3 Sikring av grunnvannsterskler

Grunnvannsterskelene vil være sensitive for slag og undergraving (ved arbeider i gatene) og det anbefales å sette opp mur på utsiden av grunnvannstersklene. Muren bør lages av blokker av et lett og slitesterkt materiale, eksempelvis lettbetong. Flere rør skal føres gjennom bentonittveggene, og dermed bør støttemuren være av slikt materiale som ikke vil kunne skape utfordring for gjennom boring (eksempelvis vil naturstein være for tungt, samt for hard å bore igjennom).

7.4.4 Prinsipp for etablering av infiltrasjonsanlegg

Infiltrasjonsanlegget er en løsning som har blitt benyttet tidligere i lignende prosjekter langs Bryggen. Prinsipper som kan benyttes er vist i Figur 7-9 og består av flere kummer og drenerør (Ø110 mm). Under er infiltrasjonsanlegget beskrevet ettersom vannet renner igjennom systemet.



Figur 7-9 Illustrasjon av hvordan infiltrasjonsanlegget kan utformes. De blå linjene representerer potensielle tilførsler i fra overvannsledninger fra hotellet og taknedløp på nordvestsiden. Hentet fra notatet utarbeidet av Jann-Atle Jensen Multiconsult ASA /ref.04/.

1. Tilført vann vil renne inn i første kum på utsiden grunnvannsterskelen. Den først kummen må være av slik størrelse at den har kapasitet til å lagre vann, den må også kunne fungere som sandfang.
2. Fra inntakskummen renner vannet igjennom drenerør. Drenerørene vil virke infiltrerende ved lav vannstand og drenerende ved høy vannstand. I hvert bend bør det plasseres stakekummer (plastkum Ø350mm). Dette for rutinemessig inspeksjon av utblåsning av grus og sand.

3. Grunnvannstersklene må bli laget i to høyder, der nordsiden av DHM er høyere enn siden ut mot Vågen. Drensrøret føres gjennom grunnvannsterskelen inni en nivåjusteringskum (betongkum Ø1000). På innsiden der drensrøret kommer inn kan det monteres et bend på røret med muligheten for å sette på muffe. Muffen vil fungere som en høydejustering av grunnvannet.
4. Det føres deretter drensrør ut av nivåjusteringskummen som legges lik som i det høyere sjiktet, med stakekum i alle bend.
5. Drensrøret føres så inn i en ny nivåjusteringskum. Denne vil være justeringen av grunnvannet i det laveste sjiktet.
6. Fra nivåjusteringkummen føres vannet inn i en pumpekum. Systemet i pumpekummen styres av flottører og sensorer.

7.4.5 Tilførsel av vann til infiltrasjonsanlegget

Det er i hovedsak tre kilder for vanntilførsel til infiltrasjonsanlegget.

1. Overvann fra hustak og flater som ikke blir påvirket av salting om vinteren (typisk gater og veger).
2. Pumpevann fra grunnvannspumpen. Dette kan være fra grunnvannspumpen under hotellet i Finnegårdsgaten. Det skal ikke benyttes vann fra grunnvannspumper som pumper inn brakkvann fra Vågen eller som pumper inn avløpsvann.
3. Perioder med tørke, eller andre forhold som gjøre at tilførselen av vann ikke er tilstrekkelig så må drikkevann fra offentlig vann-nett benyttes. Koblingen mellom drikkevannet og infiltrasjonsanlegget må være sikret mot tilbakeslag mot drikkevannet. En slik løsning krever godkjenning fra VA-etaten og det må påkobles vannmåler.

Som nevnt i punkt 2 bør det undersøkes om pumpevann fra hotellet kan kobles rett på den øvre inntakskummen (som i dag føres rett på AF-nettet). Det bør også avklares med VA-etaten om fremtidig overvann skal føres rett på infiltrasjonssystemet. Vannet må først undersøkes kjemisk for å avklare at det egner seg for kulturlaget. Vannet bør være renest mulig og ha et lite oksygeninnhold for å bremse forråtnelsen av det organiske innholdet. «Drikkevannspakken» til Eurofins har tidligere blitt benyttet som standard for vannkjemiundersøkelsene langs Bryggen.

Pumpevannet fra grunnvannsbrønnen i kjelleren på Bryggen 3-5 er ikke ønskelig at blir koblet på infiltrasjonssystemet da det muligens pumper inn sjøvann/brakkvann fra Vågen. Det antas også at pumpen pumper inn spillvann som lekker fra diverse avløpsledninger. Dersom Bryggen 3-5 får et påbud om å overføre sitt pumpevann over på overvannsanlegget bør det legges til rette for dette ved etableringa av infiltrasjonsanlegget. Dette vil forebygge potensielle lekkasjer og skader på grunnvannsterskelen ved å forhindre senere inngrep. Dette bør avklares med VA-etaten og huseier før etableringen av infiltrasjonsanlegget.

Testvann fra sprinkleranlegget bør vurderes at blir ført til infiltrasjonskummen utenfor bygningen. Her bør mengden vann fra sprinkleranlegget vurderes slik at kummen er tilpasset mengden.

7.4.6 Overskuddsvann fra infiltrasjonsanlegget

Overskuddsvannet fra infiltrasjonsanlegget føres ut til en eller flere infiltrasjonskummer på utsiden av DHM. Overskuddet går videre til pumpekummen. Det bør vurderes om overskuddsvannet skal pumpes til Statens Vegvesen sitt overvannsrør på fremsiden av Kjøttbasaren sørøst for DHM. Dette installeres tilbakeslagsventil på denne ledningen for å forhindre at sjøvann trenger inn i anlegget under stormflo.

7.4.7 Flomveger

Det forutsettes at i perioder med store nedbørsmengder vil infiltrasjonssystemet bli fylt opp. Det bør etableres flomveger som fører overvann vekk fra bygningen.

7.5 Overvåkning av grunnforhold og grunnvann

Riksantikvarens prosjekt «Grunnvannsprosjektet på Bryggen» har målt setninger på og ved Bryggen, periodevis registrert grunnvannsnivået, analysert grunnvannskjemi/jordkjemi, utført geotekniske grunnundersøkelser og arkeologiske registreringer. Dette ligger som grunnlag for overvåkning av DHM, og bør videreføres som en del av overvåkingen av DHM.

Som en del av overvåkingen av grunnvannet og grunnvannskjemien må det etableres flere grunnvannsbrønner på forskjellige dybder i grunnen. Dermed kan grunnvannet (nivå og kjemi) og markvannet (infiltrasjonsnivå og kjemi) overvåkes i den permanente situasjonen.

Nasjonalmuseet i Danmark har fulgt opp grunnvannskjemien/jordkjemien for alle verdenskulturminnene langs Bryggen i regi av Riksantikvaren. Det anbefales at de også engasjeres for dette prosjektet. NGU besitter alle grunnvannsdataen som har blitt målt i miljøbrønnene rundt bygningen.

7.6 Forvaltning, drift og vedlikehold (FDV)

Det bør fokuseres på at de løsningene som velges er robust og er levedyktig for disse forholdene. For å ivareta vedlikeholdet av systemet, driften og overvåkingen så bør det utarbeides en FDV-plan som tydeliggjør hvilke vedlikeholdstiltak som må utføres for å opprettholde effektiviteten til systemet og levetiden.

7.7 Avlastning av grunnen rundt bygning

Heving av terrenget rundt DHM må utføres som kompensert fundamentering. Det vil si at vekten av masser rundt bygget skal være lik eller lavere enn vekten som er der i dag. Dermed forhindrer man ytterligere setninger pga. økt terrenglast. En løsning for å redusere vekten av massene under vegoverbygningen er å benytte lette masser. Det må kontrolleres at vegoverbygningen ikke blir påvirket av oppdrift pga. stormflo og stigning i grunnvann.

Lette masser vil virke isolerende og det må påses at tykkelsen av vegoverbygningen er tilstrekkelig for å forhindre ising i vegbanen. Strømkabler må også legges slik at den ikke oppstår effekttap på grunn av varmegang.

8 Referanser

- /ref. 01/ Sweco Norge AS, Ros II – Skredfare/Pilot II – Fjellsiden Svartediket – Munkebotn, Prosjektnr. 96793001, rapportnr. 3/10, datert: 04.12.2009
- /ref. 02/ Multiconsult, Grunnundersøkelser og setningsmålinger – Bryggen i Bergen, Oppdrag-/rapportnr. 610498-1-2, datert: 15.02.2019.
- /ref. 03/ Statens forurensningstilsyn, Helsebasert tilstandsklasser for forurenset grunn – veileder, rapport TA 2553:2009, Datert: desember 2009.
- /ref. 04/ Multiconsult ASA, Det Hanseatiske Museum, dokumentkode: 10201571-01-RIG-NOT-001, Datert: 28.02.2018.