

FAGRAPPOR - HYDROGEOLOGI

OSC-30-H003-G-RA-00003

B6



1107304 OCEAN SPACE CENTRE

Prosjekt	Ocean Space Centre
Kontrakt	K202
Byggherre	Statsbygg
Utgiver	Multiconsult Norge AS
Utskriftsdato	03.09.2021
Sist endret	03.09.2021
Henvendelser kan rettes til	Statsbygg Postboks 232 Sentrum, 0103 Oslo Telefon: 22 95 40 00 Epost: postmottak@statsbygg.no Internett: http://www.statsbygg.no

RAPPORT

Ocean Space Centre

OPPDRAKSGIVER

Statsbygg

EMNE

Fagrapport, Hydrogeologi – Entreprise K202

DATO / REVISJON: 3. september 2021 / 00

DOKUMENTKODE: 10216159-RIGh-RAP-002



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Hvis kunden i samsvar med oppdragsavtalen gir tredjepart tilgang til rapporten, har ikke tredjepart andre eller større rettigheter enn det han kan utlede fra kunden. Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG	Ocean Space Center	DOKUMENTKODE	10216159-RIGH-RAP-002
EMNE	Fagrapport, hydrogeologi – Entreprise K202	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Statsbygg	OPPDRAAGSLEDER	Svein Nielsen
KONTAKTPERSON	Kjersti Skjelle Paulsen	UTARBEIDET AV	Andrea Nymo Fikse/Ingeborg Solvang/Svein Ragnar Lysen
KOORDINATER	SONE: UTM32 ØST: 571560 NORD: 7033571	ANSVARLIG ENHET	10234020 Bygg og Eiendom Midt - Felles
GNR./BNR./SNR.	57 / 295 / Trondheim kommune		

SAMMENDRAG

I forbindelse med etablering av byggegrop på Tyholt i Trondheim kommune, har Statsbygg blant annet engasjert Multiconsult til å vurdere potensielle senkninger i grunnvannsstand og påvirkninger på omkringliggende område.

Det er i følgende rapport utført vurderinger av nedbør og nedbørsfelt, vurderinger av influensområdet (som potensielt kan bli påvirket av grunnvannssenkning) samt noen enkle beregninger av tilsig av vann til byggegrop. Utførte beregninger er empiriske forenklinger med forutsetninger basert på geotekniske og geologiske undersøkelser i området samt enkle hydrogeologiske målinger. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til resultatene, og de må brukes som del av en helhetlig vurdering. Ved behov for mer eksakte beregninger må usikkerhetene reduseres, som medfører behov for omfattende feltundersøkelser som det til utarbeidelsen av foreliggende rapport ikke har vært anledning til.

Beregnet influensområde, som er utstrekning av grunnvannssenkning fra byggegrop, ligger mellom 50 – 240 m. Da terrenget i øst noen steder heller bratt ned, er det ikke ventet at influensområdet vil være så stort på denne siden av byggegropen.

Beregninger av vannmengder som må håndteres er ca. 3,6 - 35 m³/dag grunnvann fra skjæringene, og 25 – 251 m³/dag grunnvann via sålen i byggegropa. Bidrag fra direkte nedbør varierer mellom 42 og 106 m³/dag. Avhengig av de faktiske egenskapene til akviferen, tilsier dette at nedbør potensielt vil kunne gi et større volum vann som må håndteres sammenlignet med grunnvannstilsig. Det er imidlertid forventet en negativ vannbalanse som følge av større volum grunnvann som dreneres via byggegropa enn nydannelse gjennom naturlig infiltrasjon av overvann.

Før oppstart må det etableres et overvåkningsprogram bestående av poretryksmålere plassert i ulik avstand fra byggegrop, og muligens ytterligere bergbrønner for overvåkning av grunnvannsnivået i berget. Det må også beskrive rutiner for overvåkning og varsling ved registrerte endringer som kan skyldes terrenginngrepet.

Anbefalte tiltak for vannhåndtering nevnes i kap. 5.

00	03.09.2021		Andrea Nymo Fikse, Ingeborg Solvang, Svein Ragnar Lysen	Silje Marie Vasstein	Svein Ragnar Lysen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
1.1	Om prosjektet	5
1.2	Utført undersøkelse	7
2	Områdebeskrivelse	7
3	Grunnforhold	8
3.1	Geologi	8
3.2	Hydrogeologi	10
3.3	Hydrologi	11
4	Hydrogeologiske undersøkelser og vurderinger	11
4.1	Feltundersøkelser	11
4.1.1	Etablering av brønner	11
4.1.2	Peiling av grunnvannsstand	13
4.1.3	Kjemisk-fysisk vannkvalitet	16
4.1.4	Vurdering av overvåkningsresultater	16
4.2	Vanntilførsel til byggegrop	17
4.2.1	Nedbør direkte i byggegrop	17
4.2.2	Drenering av grunnvann til byggegrop	17
4.2.3	Nødvendig vannhåndtering	25
5	Anbefalte tiltak	26
6	Konklusjon	26
7	Referanser	27

Vedlegg

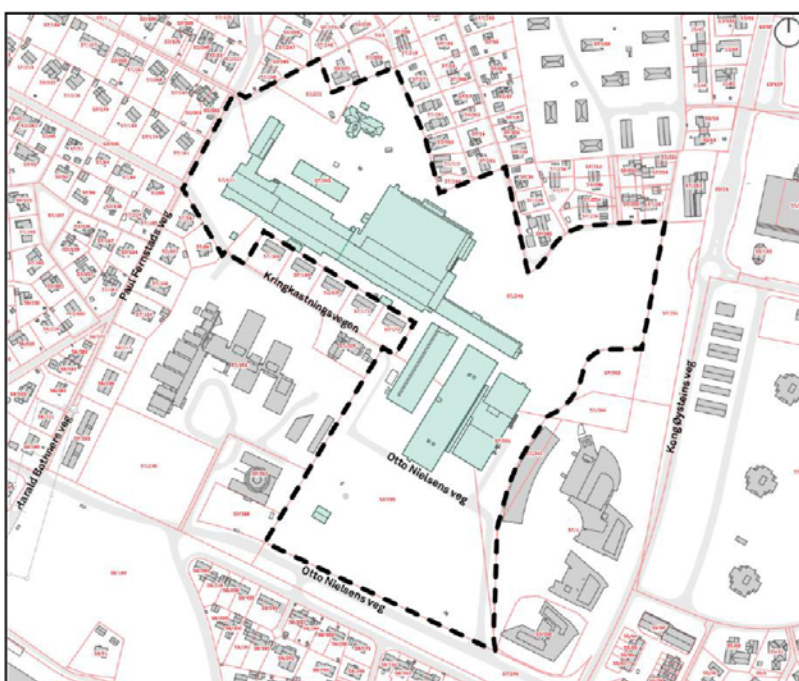
Vedlegg A	Borelogg brønn P1 (bergbrønn) og P2 (løsmassebrønn)
Vedlegg B	Beregninger influensområde og grunnvann til byggegrop
Vedlegg C	ALS Laboratory Group AS, analyserapport

1 Innledning

Statsbygg har engasjert Multiconsult Norge AS for utførelse av hydrogeologiske undersøkelser i forbindelse med reguleringsplanarbeid for Ocean Space Centre på Tyholt i Trondheim. Prosjektet vil medføre en åpen byggeprosjekt i 2-4 år. Påvirkningen dette kan ha på de hydrogeologiske forholdene omkring tiltaksområdet vurderes i denne rapporten.

1.1 Om prosjektet

Ocean Space Center skal erstatte NTNUs forskningslaboratorier, verksteder og universitetsbygg med nye og mer effektive fasiliteter. Planområdet og BIM-modell av de prosjekterte byggene og byggeprosjektene er vist i henholdsvis Figur 1-1 og Figur 1-2.

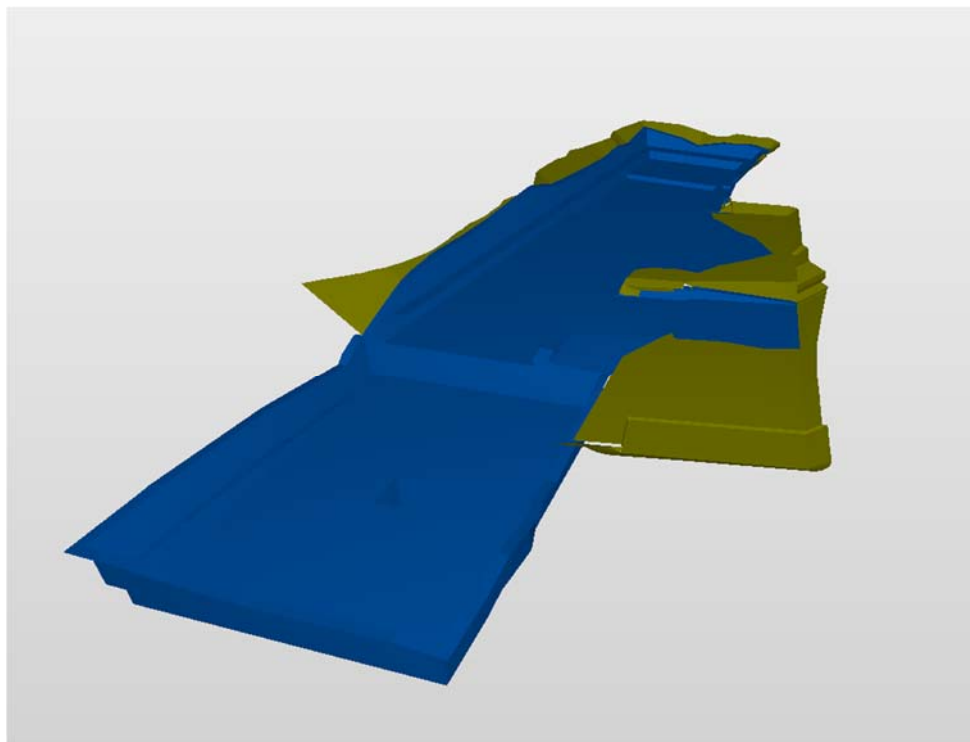


Figur 1-1: Eiendomskart med planområdet markert med sort stiplet linje. Hentet fra Statsbygg planutredning for Ocean Space Center datert 19.06.2019.

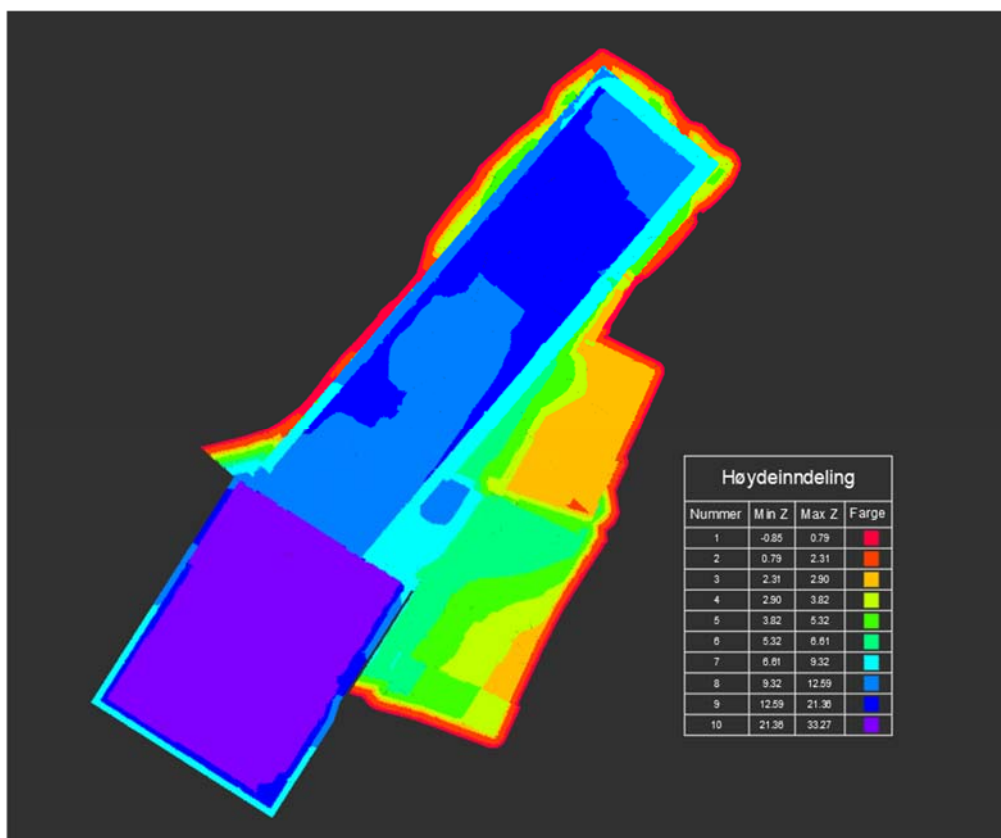


Figur 1-2: BIM-modell som viser prosjektert utforming av byggene.

Under tiltaksgjennomføring vil det være en 29 083 m² stor byggegrop som skal stå åpen i 2-4 år. Dybdene i gravegropa varierer mye, fra dypeste punkt 33,27 m under terreng i sør, til like under terreng i øst og i kantene av byggegropa. Figur 1-3 og Figur 1-4 viser henholdsvis utforming av byggegropa og dybdefordeling med fargekoder.



Figur 1-3: BIM-modell som viser prosjektert byggegrop, grønt viser til løsmasser og blått til berggrunn.



Figur 1-4: BIM-modell som viser byggegrop med prosjekterte dybder. Dybdene er fargekodet.

1.2 Utført undersøkelse

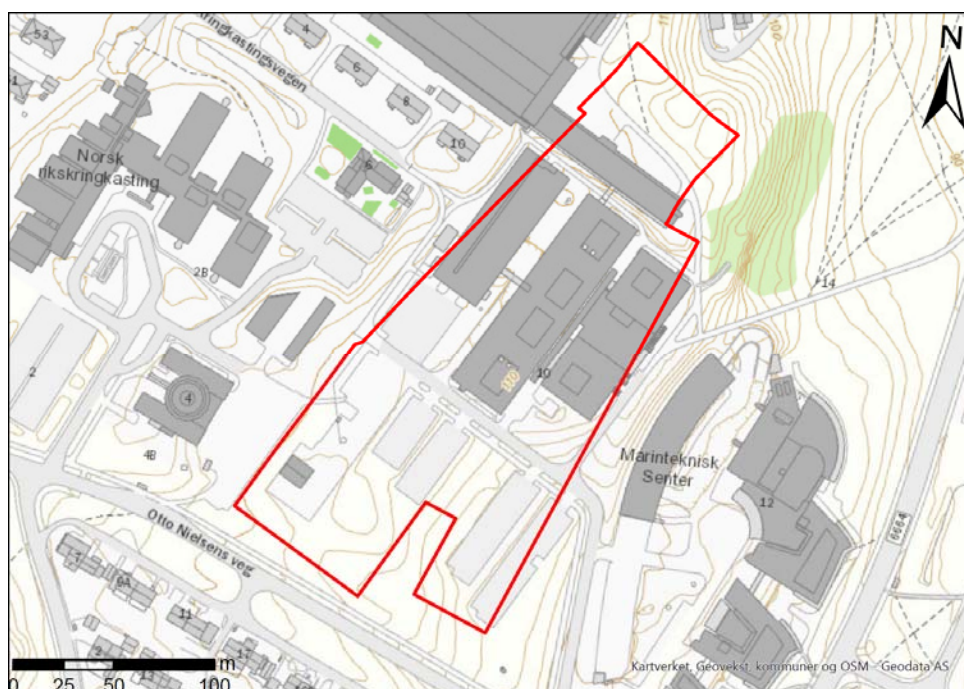
Arbeidet med denne rapporten har vært todelt. Første del av arbeidet ble gjort høsten 2020 og omfattet en innledende skrivebordsstudie:

- Gjennomgang av tidligere utført arbeid i prosjektet
- Søk i Multiconsults oppdrags- og rapportdatabase etter data fra hydrogeologiske, geotekniske og ingeniørgeologiske undersøkelser i nærområdet
- Søk i NGUs kartdatabaser for informasjon om grunnforhold og løsmasser

Andre del av arbeidet omfatter feltundersøkelser, utført i to perioder; oktober – november 2020 og sommer 2021. Høsten 2020 ble det gjennomført befarings av området og etablering av to brønner, én løsmassebrønn ned til bergoverflaten og én bergbrønn med tilsvarende dybde som dypeste punkt i planlagt byggegrop. Brønnene var tiltenkt benyttet i pumpeforsøk, men på grunn av svært lav innlekkasje av grunnvann var det ikke hensiktsmessig å utføre.

2 Områdebeskrivelse

Planområdet ligger på Tyholt i Trondheim kommune, øst for Trondheim sentrum. Området som har blitt undersøkt i forbindelse med denne rapporten ligger mellom Kong Øysteins veg i øst, Harald Bothners veg/Paul Fjermstads veg i vest og Otto Nielsens veg i sør (se kart i Figur 2-1). Høyeste punkt i tiltaksområdet for fremtidig byggegrop er nordvestre hjørne, som ligger omtrentlig på kote 111,3. Laveste punkt er sørøstre hjørne, omtrentlig kote 103,0. Terrenget heller i underkant av 1:20 i østlig retning. Det er også en svak helning mot sør på tiltaksområdet.



Figur 2-1: Kart hvor det undersøkte området er uthevet i rødt.

3 Grunnforhold

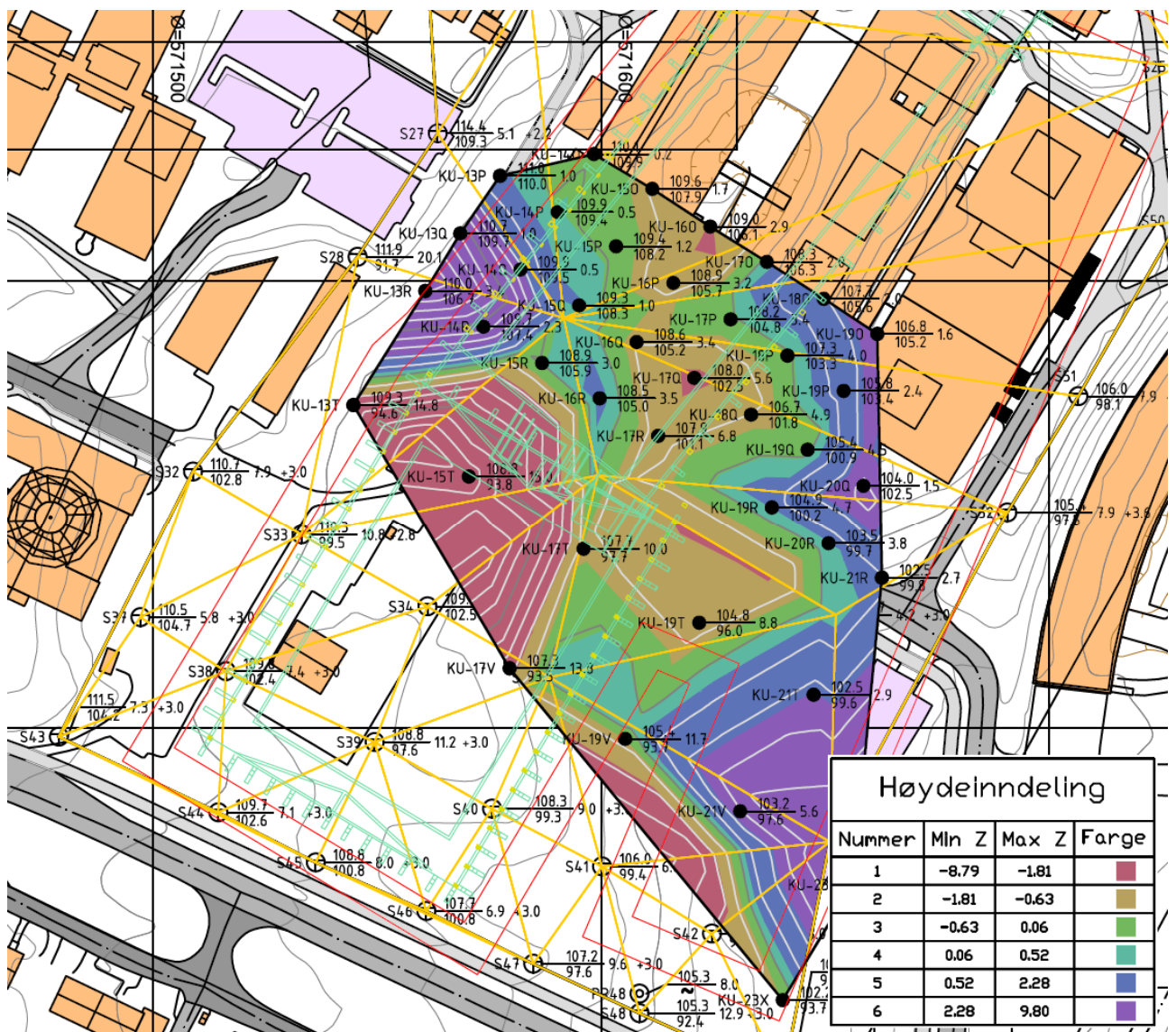
3.1 Geologi

Berggrunn

I henhold til berggrunnskart fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) består berggrunnen i området av grønnstein (metabasalt) og grønnskifer. Dette er hovedsakelig deformert putelava med enkelte lag av sur lava, kiselstein og tuffitt, som er gjennomvannet av diabasganger.

Erfaringsmessig er dette en bergart som kan forvitte nær overflaten, og det er derfor mulig å finne et forvittringslag mellom berggrunn og overliggende løsmasser. I tillegg kan bergarten være mekanisk svak og lett knuses ned. Ifølge utførte kjerneboringer og logging av borehull ved bruk av optisk televiewer, er det registrert lite oppsprekking i berget, og grønnsteinens egenskaper klassifiseres som «sterk» til «meget sterk» (10216159-RIGberg-RAP-001).

Resultater fra totalsonderinger utført på området er vist i Figur 3-1. Disse indikerer varierende dybder til berg i tiltaksområdet, med en forsenkning i berget i området der to grunnvannsbrønner har blitt etablert (se kapittel 4.1.1 for mer informasjon om disse).



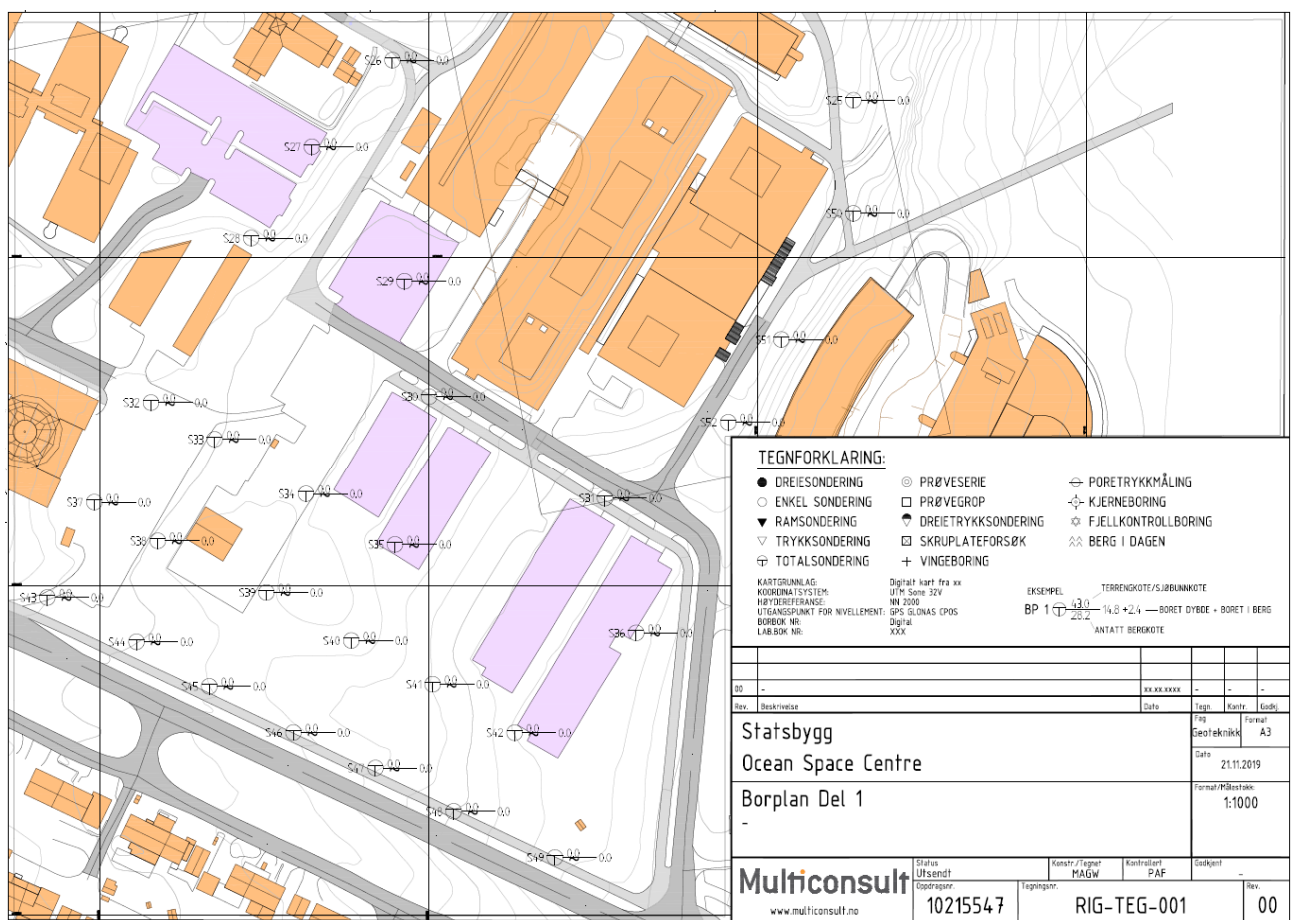
Figur 3-1: Dybde til berg basert på resultater fra totalsonderinger. Ytterkanter av gravegropa er tegnet inn med rødt.

Løsmasser

I henhold til løsmassekart fra NGU består løsmassene i området av et sammenhengende dekke av hav- og fjordavsetninger. Mektigheten varierer ofte mellom 0,5m og flere ti-talls meter. I henhold til NVE er det ingen kjente faresoner for kvikkleire i området.

Multiconsult utførte i januar 2020 geotekniske undersøkelser på området. Undersøkelsene omfattet 52 totalsonderinger ned til antatt berg med kontrollboring inn i berg, to prøveserier med poseprøver og Ø54 mm sylinderprøver samt etablering av elektrisk poretryksmåler. Figur 3-2 viser plassering av totalsonderingene som ble utført på det aktuelle området.

Undersøkelsene viser at løsmassene nord på området består av grovere masser, hovedsakelig sand og grus, over antatt berg. Sør på området består løsmassene av et topplag med sand og grus og deretter lag av antatt tørrskorpeleire og fast leire over antatt berg. Løsmassemektigheten varierer fra 0,7-20,1 m og er generelt mindre i nord og større i sør.



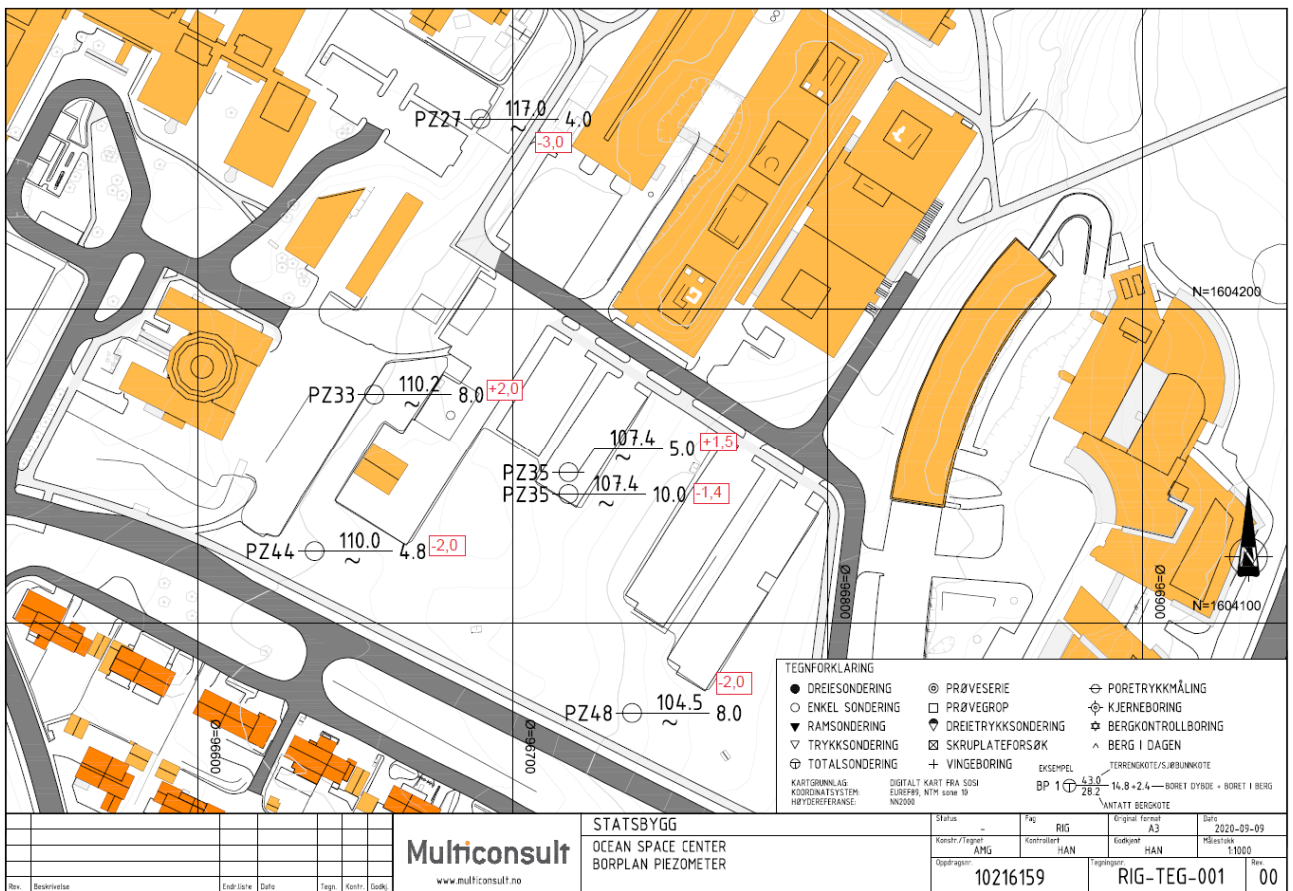
Figur 3-2: Borplan som viser plasseringen til totalsonderingene utført i den delen av planområdet som i denne rapporten undersøkes (Multiconsult Norge AS, 2019).

3.2 Hydrogeologi

Som beskrevet i forrige kapittel, består berggrunnen av en bergart hvor oppsprekking er vanlig. Eventuelle sprekker kan være vannførende. Bergarten har også lett for å forvitne, og det er mulig at et eventuelt forvitningslag er vannførende.

I forbindelse med de geotekniske undersøkelsene har det blitt etablert flere poretrykksmålere på området, som vist i Figur 4-1.

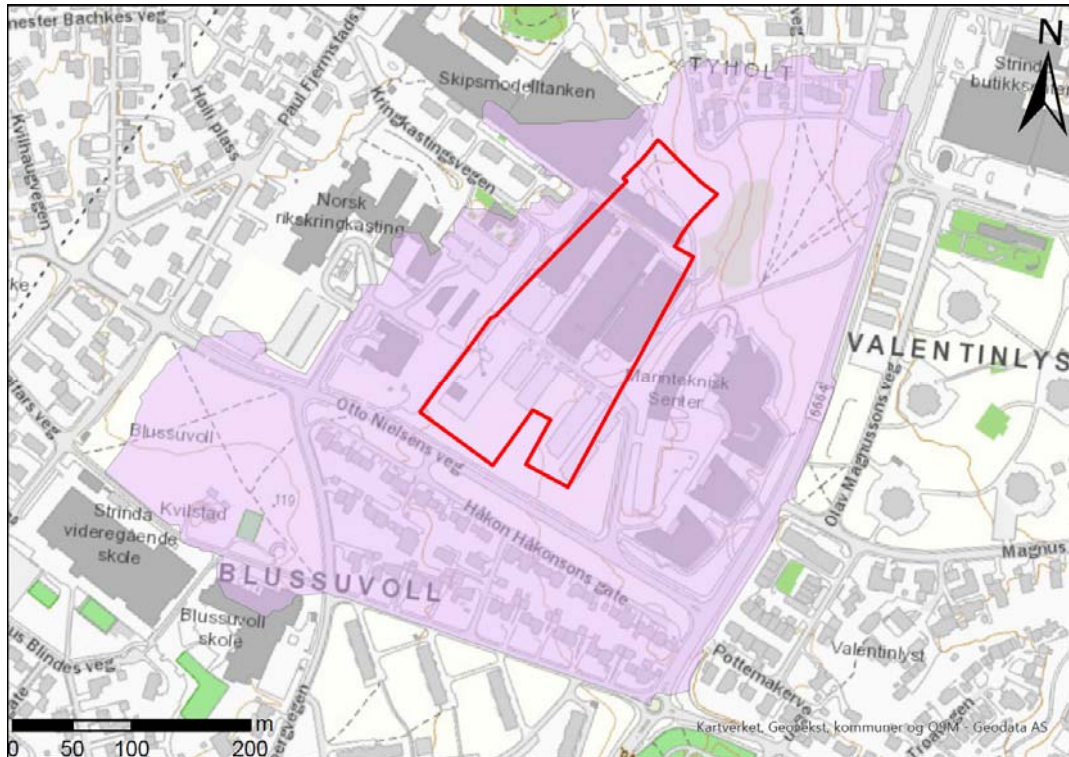
Med unntak av dette eksisterte det lite detaljert informasjon om hydrogeologien på området i forkant av arbeidet med denne rapporten.



Figur 3-3: Plassering av poretrykksmålere som har blitt etablert i forbindelse med dette prosjektet. Målinger av poreover- eller poreundertrykk fra 5. oktober 2020 er inkludert for hvert punkt.

3.3 Hydrologi

Nedbørsfeltet tiltaksområdet ligger i antas å ha utforming omtrentlig som vist i Figur 3-4. Vestlig kant er høyeste punkt og terrenget faller både mot øst og vest. På bakgrunn av dette antas det at nedbør som faller i nedbørsfeltet og ikke samles opp, vil bevege seg i østlig retning. Gjennomsnittlig nedbørsmengde ekskludert byggegropa, er estimert til ca. 173 m³/dag. Det antas at ca. 17 % av dette infiltrerer til grunnen. Maksimal nydannelse av grunnvann ligger da rundt 30 m³/dag.



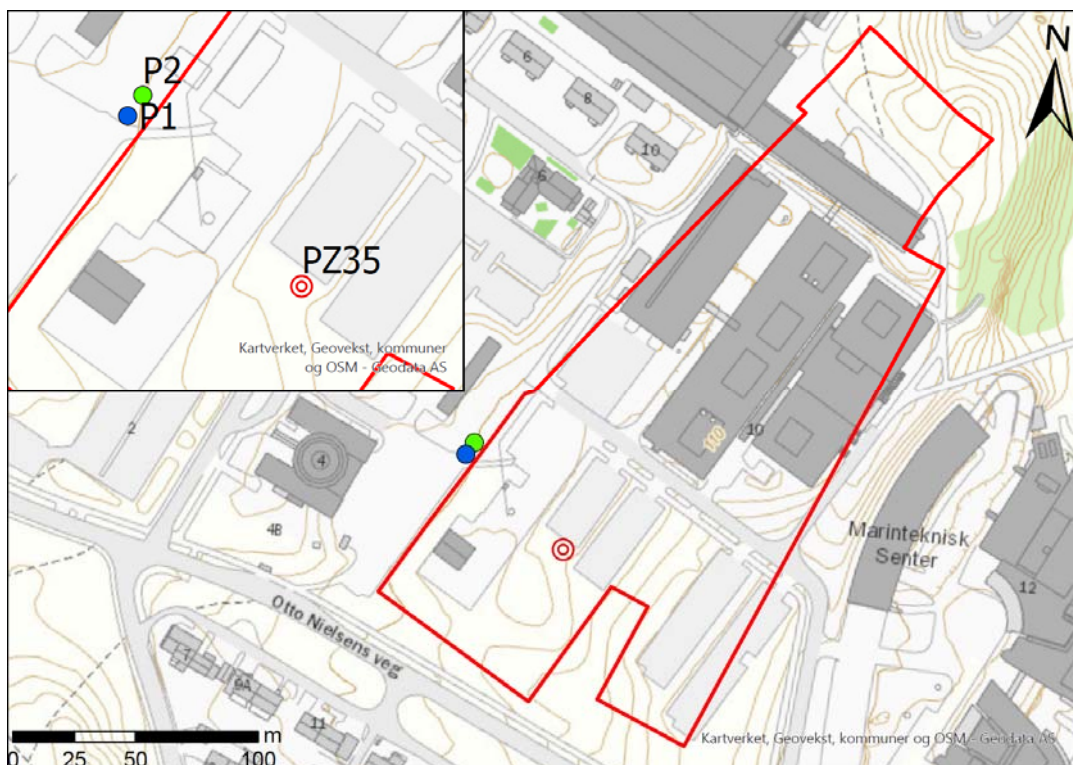
Figur 3-4: Nedbørsfeltet som tiltaksområdet ligger i. Laget ved hjelp av Scalgo.

4 Hydrogeologiske undersøkelser og vurderinger

4.1 Feltundersøkelser

4.1.1 Etablering av brønner

I forbindelse med feltarbeidene ble det etablert to grunnvannsbrønner: én bergbrønn og én løsmassebrønn. Omtrentlig plassering av bergbrønnen (P1; blå sirkel) og løsmassebrønnen (P2; grønn sirkel) er vist i Figur 4-1. Brønnene ble etablert i dette området da det her er dypest til berg, hvorpå forsenkningen kan indikere en svakhetssone eller på annet vis vannførende egenskaper i berg og overliggende løsmasser. Hensikten med brønnene var å innhente informasjon om grunnforholdene og opparbeide kunnskap om hydrogeologien, blant annet gjennom peiling av grunnvannsstand og gjennomføring av pumpeforsk.



Figur 4-1: I forbindelse med de hydrogeologiske undersøkelsene ble det etablert en bergbrønn (P1; blå sirkel) og en løsmassebrønn (P2; grønn sirkel). Kartet viser i tillegg plasseringen til allerede etablert poretrykkmåler PZ35. Det undersøkte området er uthevet i rødt.

Bergbrønn

Bergbrønnen P1 er boret vest for sørlig del av tiltaksområdet, og er totalt 29,5 m dyp. Observasjoner i felt gjort av hydrogeolog fra Multiconsult er gitt i Tabell 4-1. Løsmassene består hovedsakelig av tørr leire med innslag av grus ned til 11,5 m. Fra 11,5 – 12,5 m.u.t. ble det registrert masser bestående av stein, grus og finstoff. Det ble observert kantete bergfragmenter av tre ulike bergarter i massene fra dette laget. Det indikerer at laget er en bunnmorene heller enn et forvittringslag, som i større grad ville bestått utelukkende av stedlig bergart (grønnstein). Berg ble påtruffet 12,5 m.u.t. Det ble registrert noe vann i laget som antas å være bunnmorene 11,5-12,5 m.u.t. Borelogg er inkludert i vedlegg A.

Tabell 4-1: Observasjoner gjort i felt for bergbrønn P1

Dybde under terreng (m)	Observasjoner
0-1	Fyllmasse
1-3	Plastisk leire, tørr
3-5	Veldige harde masser av leire med innslag av grus og stein
5-11,5	Leire med innslag av grus, tørr
11,5-12,5	Stein, grus og finstoff (antar at det er bunnmorene), registrert vann
12,5	Berg
12,5-29,5	Registrert enkelte slepper i berget, men lite vann

Løsmassebrønn

Løsmassebrønnen P2 er boret vest for sørlig del av tiltaksområdet, omtrent 3 m nordøst for P1. Lagdelingen i løsmassene var her tilsvarende som for bergbrønnen, med et grovt lag på omtrent 10,5-12 m.u.t. hvor det ble registrert vann. Berg ble påtruffet 12 m.u.t. Det ble installert et 1 m langt filter med slisseåpning på 1 mm fra bergoverflaten og opp. På grunn av massesammensetningen ble det ikke utført gruskasting.

4.1.2 Peiling av grunnvannsstand

Ved etablering av bergbrønn P1 og løsmassebrønn P2 ble det registrert litt vann i laget som består av stein, grus og finstoff over bergoverflaten. Begge brønnene ble spylt rene etter etablering. Etter klargjøring av bergbrønnen var det kun et lavt tilsig av vann. For løsmassebrønnen medførte klargjøringen at brønnen ble tørrlagt uten at det ble registrert nytt tilsig. Dette indikerer en lomme med grunnvann som raskt ble tømt ved klargjøring av brønnen, lav permeabilitet som medfører lang tid for etablering av naturlig grunnvannsnivå etter utpumping eller en kombinasjon av dette.

Like etter etablering av bergbrønnen (P1) utførte boreentreprenør Hallingdal Brønn og Graveservice AS (HBG), en enkel stigetest (at brønnen pumpes tørr for så å måle grunnvannsstigningen). Denne viste et tilsig på 2,8 l/t gjennom 5 timer. Grunnvannstanden ble peilet i begge brønnene også i etterkant av dette for å undersøke utvikling i løpet av en lengre periode. Resultatene er inkludert i Tabell 4-2.

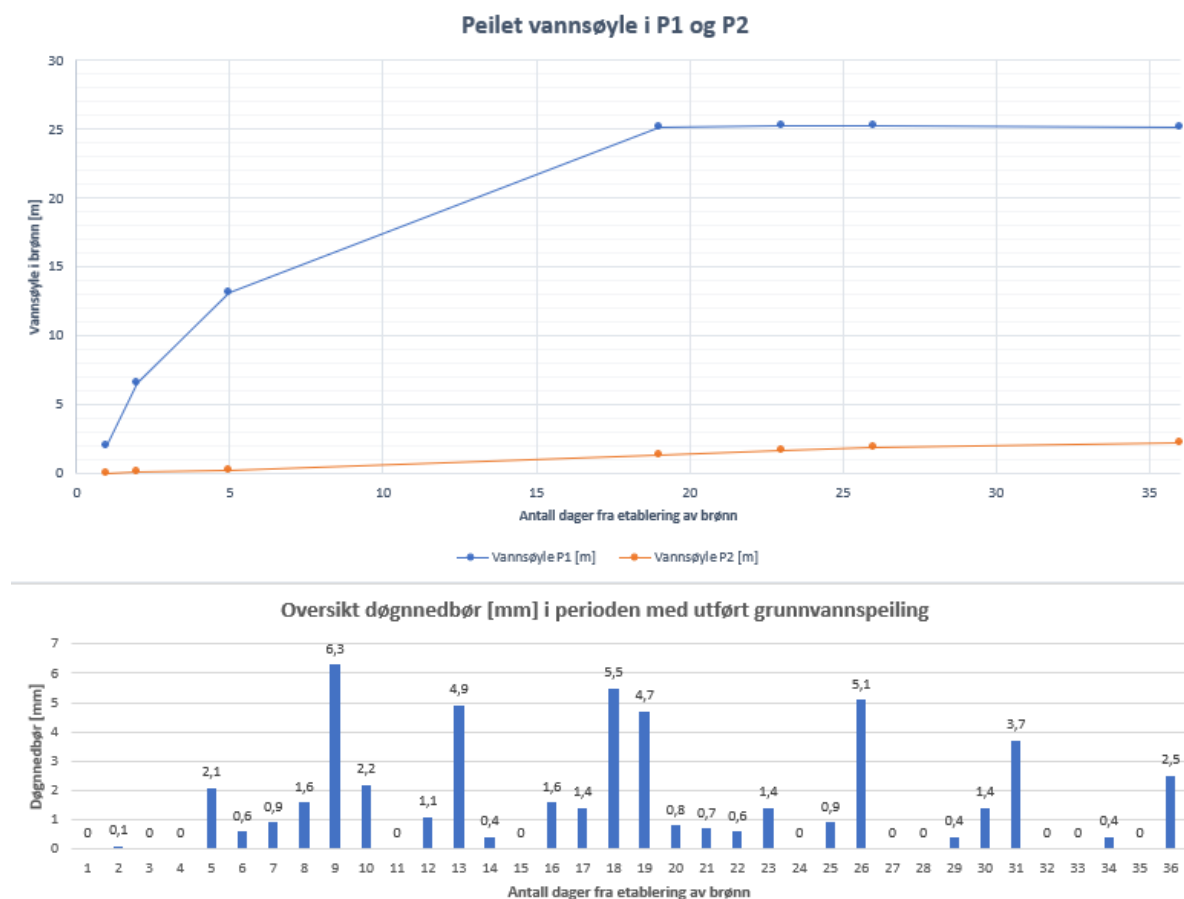
I forkant av peilerundene 1. og 2. oktober var det en langvarig periode uten nedbør, mens det natt til 5. oktober kom mye nedbør (samt at det regnet lett under måling). Utviklingen i brønnene er som angitt i Tabell 4-2.

I P1 steg grunnvannet 2 m i løpet av de første 24 timene etter etablering. Dette tilsvarer en innlekkasje på ca. 1,2 l/t. 5. oktober er det estimert at innlekkasjen var på 2 l/t, hvilket utgjør maksimal innlekkasje per nå, utover den første målingen til HBG som viser 2,8 l/t. Det er imidlertid som forventet at registrert innlekkasje avtar med tiden etter at brønnen er pumpet tørr.

I P2 var det ikke innlekkasje av grunnvann i løpet av de første 24 timene etter etablering. Fra 1. til 5. oktober steg grunnvannet 0,3 m, hvilket betyr at innlekkasje av grunnvann er minimal i denne brønnen.

Tabell 4-2: Resultater fra peiling av bergbrønnen og løsmassebrønnen i perioden 1. til 5. november 2020.

		Dato						
		01.10.20	02.10.20	05.10.20	19.10.20	23.10.20	26.10.20	05.11.20
Bergbrønn P1	Vannspeil [m.u.t.]	27,5	22,9	16,4	4,30	4,18	4,21	4,26
	Vannshøyde [m]	2,0	6,6	13,1	25,2	25,3	25,3	25,2
	Kote grunnvannsnivå	83,20	87,76	94,26	106,40	106,52	106,49	106,44
Løsmassebrønn P2	Vannspeil [m.u.t.]	0,0	11,4	11,2	10,16	9,85	9,61	9,38
	Vannshøyde [m]	0,0	0,1	0,3	1,4	1,7	1,9	2,2
	Kote grunnvannsnivå		99,08	99,29	100,34	100,65	100,89	101,12



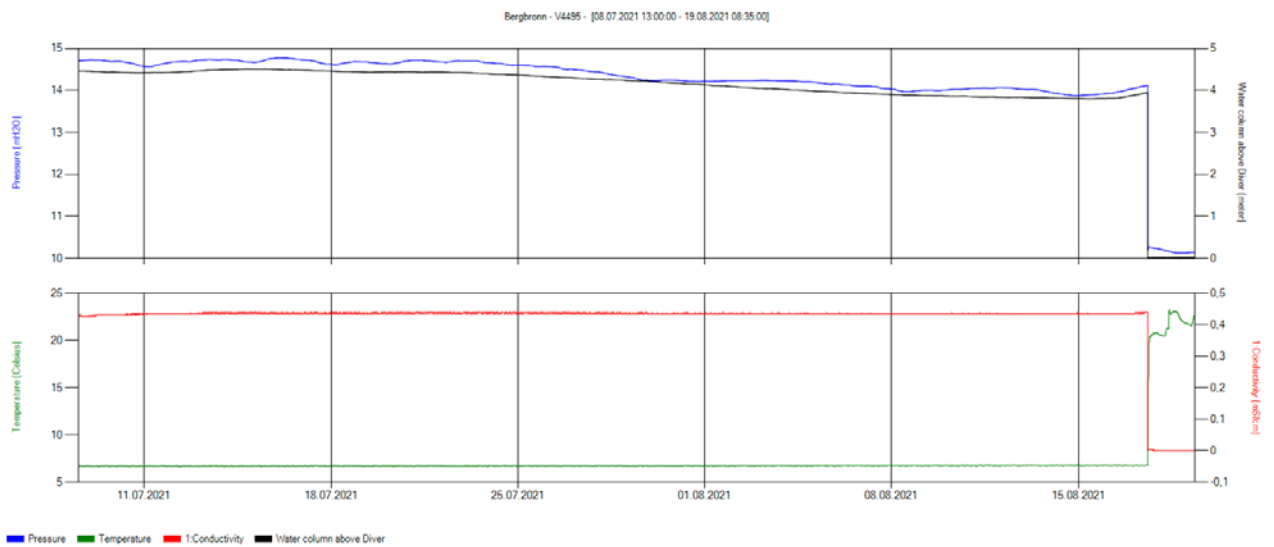
Figur 4-2 Presentasjon av hvordan vannshøyden i brønn P1 og P2 utvikler seg over tid basert på utført grunnvannspeiling

Til tross for varierende nedbørsmengder gjennom overvåkingsperioden har både P1 og P2 en jevn utvikling, hvor det i P1 tilsynelatende inntreffer et stabilt grunnvannsnivå ca. 4,2 – 4,3 m.u.t., som tilsvarer ca. kote 106,5. Den jevne utviklingen indikerer at begge brønnene er relativt lite nedbørspåvirket.

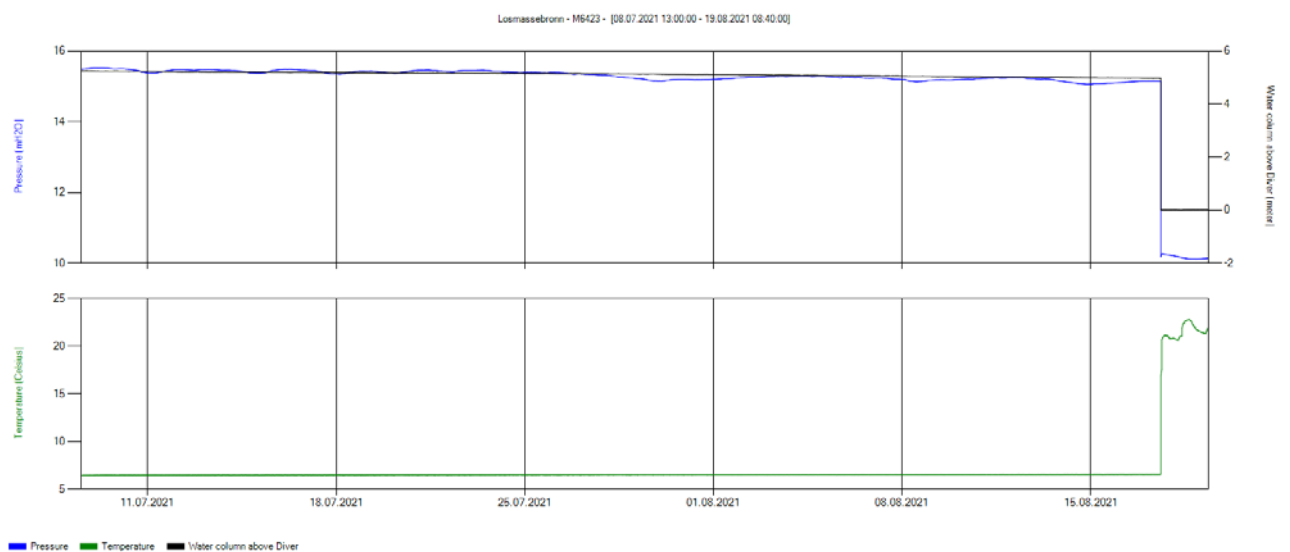
Gjennom sommeren 2021 ble det plassert diverer for kontinuerlig logging av grunnvannsnivå i begge brønnene samt utført tre manuelle grunnvannsmålinger. Resultatet av disse følger i tabellen under:

Tabell 4-3 Resultater fra peiling av bergbrønnen og løsmassebrønnen i perioden 08. juli til 30. august 2021

		Dato		
		08.07.2021	16.08.2021	30.08.2021
Bergbrønn P1	Vannspeil [m.u.t.]	5,18	5,69	4,85
	Vannsøyle [m]	24,3	23,8	24,7
	Kote grunnvannsnivå	105,52	105,01	105,85
Løsmassebrønn P2	Vannspeil [m.u.t.]	4,37	4,64	4,66
	Vannsøyle [m]	7,2	6,9	6,9
	Kote grunnvannsnivå	106,13	105,86	105,84



Figur 4-3 Målinger av grunnvannsnivå, temperatur og elektrisk konduktivitet i bergbrønnen, P1, sommer 2021.



Figur 4-4 Målinger av grunnvannsnivå og temperatur i løsmassebrønnen, P31, sommer 2021.

De manuelle målingene fra brønnene ble etablert og frem til 30. august 2021 i kombinasjon med de kontinuerlige målingene fra diverne sommeren 2021, indikerer et stabilt og relativt likt grunnvannsnivå på ca. kote 105 – 106 moh. Til sammenligning viser nærliggende piezometer PZ33 og PZ35 artesisk trykk på ca. +2 m.

Under etablering av brønnene ble det observert tørr leire ned til 4 mut., og påfølgende hard leire ned til 10,5 – 11,5 mut. Det ble ikke registrert særlig vanninnhold i løsmassene før antatt bunnmorene ble påtruffet, ca. 10,5 – 12,5 mut. Disse resultatene sammen med utførte grunnvannsmålinger, indikerer et grunnvannssystem hvor grunnvannstrykket i berget overstiger nivået av bergoverflaten, og samtidig styrer grunnvannstrykket i overliggende bunnmorene. Overliggende tett leire gjør at dette defineres som en lukket akvifer, med lave hydrauliske egenskaper både i løsmasser og berg.

Som følge av de lave hydrauliske egenskapene i stedlig berg og løsmasser, ble det ikke sett som hensiktsmessig å utføre hydrogeologiske pumpetester, utover den initielle stegtesten som ble utført ved etablering av P1 (bergbrønnen).

4.1.3 Kjemisk-fysisk vannkvalitet

For å undersøke egenskapene i akviferen ble det også gjort en innledende geokjemisk studie. Det ble innhentet vannprøve fra P1 (bergbrønnen) 26.11.2020. Som følge av feil på pumpeutstyr ble det ikke innhentet prøve fra løsmassebrønnen, P2. Prøven ble sendt til ALS Laboratory Group AS for analyse av bl.a. ledningsevne (elektrisk konduktivitet), pH, sulfat, redokspotensial, jern og mangan. Analyserapport følger vedlagt.

Gjennom sommeren 2021 ble det gjort kontinuerlig måling av elektrisk konduktivitet i P1 samt manuell måling av pH, temperatur og elektrisk konduktivitet i P1 og P2 30.08.2021.

Resultatene av størst interesse for vurdering av de hydrogeologiske forholdene er pH og elektrisk konduktivitet. I bergbrønnen, P1, viste analyseresultatene pH 9,5 og konduktivitet på 670 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Målingene gjennom sommeren viste 432 – 440 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og de manuelle målingene viste ca. 630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ samt pH 9,3, begge i P1. I løsmassebrønnen, P2, viste de manuelle målingene ca. 960 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og pH 9,3.

Som følge av lavt tilsig til både P1 og P2 ble det under de manuelle målingene 30.08.2021, benyttet bailer (vannhenter) for opptak av vann. Høy konduktivitet og pH kan derfor være påvirkning fra foringsrør og bentonitt som ble brukt for tetting av overgang mellom berg og løsmasse. Dette til tross, så indikerer likhetene i måleresultater fra november og august, et modent vann som er lite nedbørspåvirket da nedbør og rent overvann har en pH < 6 og lavere ioneinnhold (elektrisk konduktivitet). De indikerer også, på samme måte som grunnvannsmålingene, et grunnvannssystem bestående av en lukket akvifer med et grunnvannsovertrykk i berget som styrer grunnvannstrykket i et 1 – 1,5 m mektig lag som antas å være bunnmorene.

4.1.4 Vurdering av overvåkningsresultater

Utviklingen av grunnvannsnivået i brønnene indikerer en lukket akviferer med lav hydraulisk konduktivitet og liten påvirkning fra nedbør. Dette sammenfaller med analyseresultatene i vannprøven fra P1, som viser et modent vann med en vannkvalitet som skiller seg betydelig fra overvann. At de i liten grad er nedbørspåvirket sammenfaller også med at området hvor brønnene står, ligger høyt i terrenget og har et lite nedbørsfelt.

4.2 Vanntilførsel til byggegrop

4.2.1 Nedbør direkte i byggegrop

Under tiltaksgjennomføring vil en 29 083 m² stor byggegrop stå åpen i 2-4 år. Nedbøren som faller i gravegropa i løpet av denne perioden vil samle seg opp og må pumpes vekk. For å anslå mengden dette utgjør, er det tatt utgangspunkt i månedsnormaler fra Tyholt i perioden 1961-1990. Den totale mengden nedbør som vil falle direkte ned i gravegropa i løpet av ett år utgjør da opp mot 25 000 m³, hvilket tilsvarer i gjennomsnitt på opp mot 70 m³/dag. Det er mulig at noe evapotranspirerer, men det er ikke hensyntatt i disse beregningene da all vegetasjon er fjernet og det antas at vannet vil pumpes ut av byggegrop og håndteres relativt raskt. Anslaget er derfor konservativt. Mer detaljer er gitt i Tabell 4-7. På vinteren er det sannsynlig at deler av nedbøren kommer i form av snø. Nødvendig vannhåndtering i forbindelse med snøsmelting vil være avhengig av om snø fjernes fra gravegropa i løpet av vinteren eller ikke og hvor fort gjenværende snø smelter.

4.2.2 Drenering av grunnvann til byggegrop

Tiltaksområdet ligger like øst for et grunnvannsskille. Dette medfører at nedbørsfeltet oppstrøms er relativt lite. Åpen byggegrop vil derimot sannsynligvis påvirke grunnvannet også til sidene og nedstrøms, da poretryksfall omkring byggegropa kan medføre endret strømningsretning på grunnvannet i områdene rundt. Dette vannet må også håndteres.

Byggegropa ligger i et område med flere store bygg og asfalterte flater. Dette påvirker hvor mye vann som infiltrerer ned i grunnen. I beregningene antas det at all nedbør som faller på tak og 30% av nedbør som faller på asfalterte flater (e.g. parkeringsplasser), samles opp og går til kommunalt overvannsnett. Det antas at all nedbør som faller på veier renner av og infiltrerer ned i grunnen. Til sammen utgjør dette omtrent 17% av nedbørsfeltet som omfatter byggegropa.

Estimering av grunnvann inn i byggegrop

Det er ikke utført pumpeforsøk med observasjonsbrønner, kun «draw-down» test for vurdering av tilsig og hydrogeologiske egenskaper i brønnene P1 og P2, og det foreligger ikke eksakt data på grunnvannssituasjonen utenfor tiltaksområdet. Det foreligger derfor ikke nok hydrogeologisk data til å etablere en pålitelig numerisk grunnvannsmodell over området. De hydrogeologiske vurderingene i foreliggende rapport er derfor utført ved bruk av noen forenklete beregninger for grunnvann som kan si til byggegropen. Dette gjøres i henhold til Darcy's lov, definert som

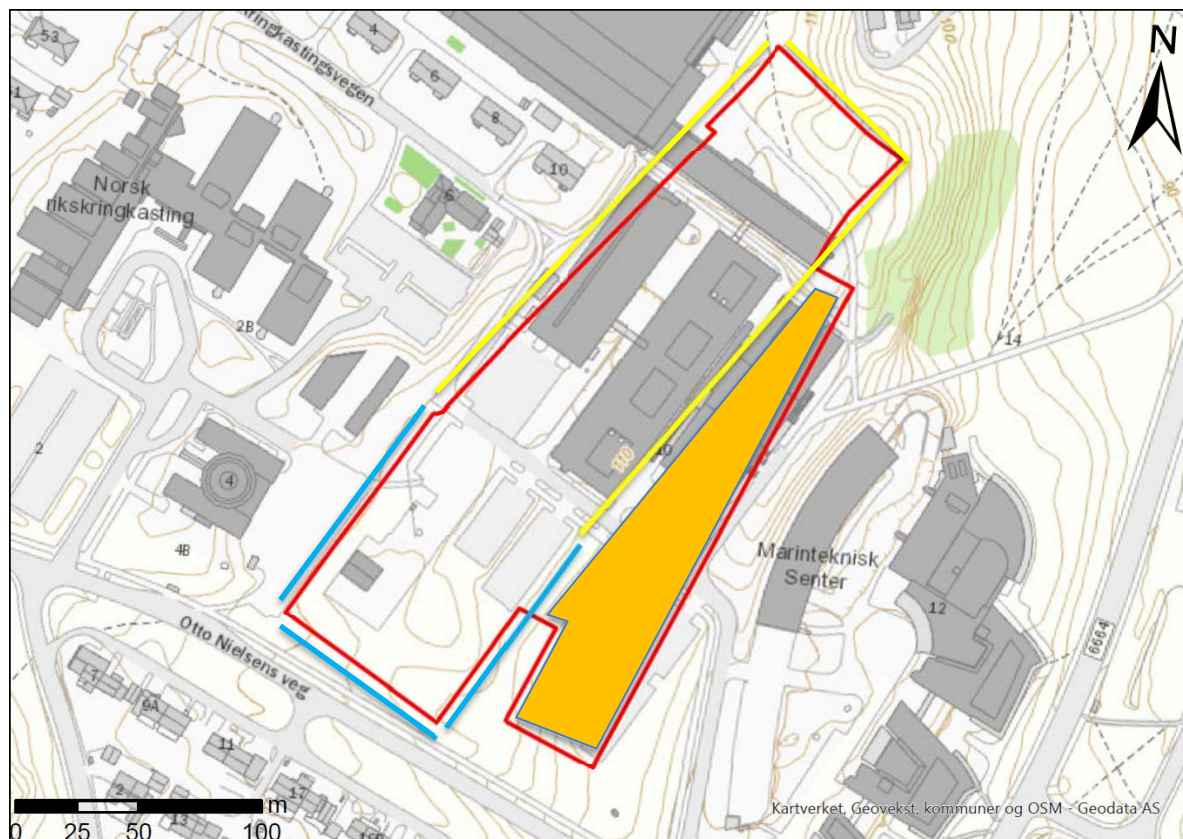
$$Q = -K * A * \left(\frac{h_1 - h_2}{L}\right) \quad (1)$$

Hvor K er den hydrauliske konduktiviteten, A er arealet av tverrsnittet som vannet vil transporteres gjennom, og den siste brøken definerer den hydrauliske gradienten I , som definerer helningen på grunnvannet (Brattli, 2009).

Ved å etablere en byggegrop som er mellom 10 og 30 meter under eksisterende terreng, som ikke skal tettes og som skal holdes tørr ved pumping, kan grunnvann som i utgangspunktet har vært nedstrøms også trekke mot byggegropen. Dette avhenger av eksisterende grunnvannsgradient og ny grunnvannsgradient.

Basert på gravedybder og kjennskap til terreng, nedbørsfelt og grunnvannsstander, er det utført beregninger i alle fire sidene av byggegropen, se Figur 4-5. Den delen som er planlagt som en fløy nærmest Marinteknisk Senter mot sørøst (markert med oransje i Figur 4-5), skal graves ned til mellom 0 m og 3 m dybde, og er ikke inkludert i beregningene. I den søndre delen av byggegropen er

det utført beregninger for gravegrop ned til 30 m under terreng, mens det i den nordre delen er utført beregninger for gravegrop til 15 m under terreng.



Figur 4-5: Utsnitt viser planlagt byggegrop markert med heltrukket rødt omriss. Sidene av byggegropen som er vurdert i forbindelse med innlekking er markert med blå og gul (hhv. 30 m og 15 m dyp byggegrop). Det oransje området markerer et område hvor det ikke er planlagt å grave mer enn 3 m under terreng. Det er ikke beregnet tilsig i dette området.

Beregningene av vann inn i byggegropen er presentert i Tabell 4-4. Fulle beregninger er presentert i vedlegg B.

Følgende er lagt til grunn for de aktuelle beregningene:

Hydraulisk konduktivitet (K-verdi)

Fyllmasser er ikke tatt med ved beregning av en gjennomsnittlig K-verdi. Dette kommer av at fyllmassene ligger øverst i profilet med en tykkelse på ca. 1-1,5 m, og basert på poretrykk vist i Figur 3-3 er disse massene hovedsakelig over registrert grunnvannsstand. K-verdiene på leiren er holdt konstant på $1e-9$ m/s, som i henhold til litteratur er den høyeste hydrauliske konduktiviteten leire kan ha (Brattli, 2009), og dermed et «worst-case-scenario» og konservativ antagelse.

K-verdien i berget og bunnmorenen er variert i beregningene. Registrering av vann inn i brønnen etter etablering, viste at det i løpet av de første fem timene kom inn 2,8 l/time, som tilsvarer en K-verdi på $1,1e-7$ m/s. Dette er den høyeste innlekkasjen som er registrert i bergbrønnen og den høyeste K-verdien for berg benyttet til å beregne lekkasje til byggegrop er derfor satt til $1,0e-7$ m/s, mens den laveste K-verdien er satt til $1,0e-8$ m/s. Det må understrekes at den aktuelle brønnen er satt i berget hvor det er en forsenkning og en svakhetssone i terrenget. Det er derfor ventet at dette området vil ha en noe høyere vannføring enn det som er ventet ellers i byggegropen.

Det antas noe høyere gjennomstrømming av vann i bunnmorenen enn i berget. Det er derfor satt minimum og maksimum K-verdi på bunnmorenen på henholdsvis $1,0e^{-6}$ m/s og $1,0e^{-7}$ m/s.

Bunn av byggegrop i henhold til terreng

Kotene ved sålen av byggegropen er beregnet basert på gjennomsnittlige høydekoter i vest. Det vil si at i vest, hvor terrenget i snitt ligger på rundt kote 110, vil bunnen av byggegropen ved 30 m dybde ligge på kote 80. Det er da videre benyttet kote 80 som bunn av byggegrop når den hydrauliske gradienten er beregnet.

Grunnvannstilsig via sålen i byggegrop avhenger av hvordan grunnvannssenkningen ut fra byggegropa blir, som igjen avhenger av om det faktisk blir et behov for tettetiltak og da hvilke tettetiltak som benyttes. Det vil kunne gi et bidrag så lenge det forekommer et grunnvannstrykk i berget under byggegropa som overstiger nivået av sålen i byggegropa. Som følge av store usikkerheter til disse antagelsene, er tilsig av grunnvann opp fra berget i bunn av byggegropa tilføyd som egen beregning i Tabell 4-5. Beregnet grunnvannstilsig via skjæringene vises i Tabell 4-4.

Vannstand i omkringliggende område

Vannstand oppstrøms byggegrop er satt til å ligge 2 m under terreng, vannstand i nord er satt til å ligge 10 m under terreng (pga. steilt fallende terreng mot nord), vannstand i øst er satt til å ligge 8 meter under terreng, mens vannstanden i sør er satt til å ligge 2 meter under terreng.

Tabell 4-4: Viser beregninger av sigevann til byggegrop for de ulike skjæringene (blå og gul) basert på Darcy's lov, gitt ulike K-verdier for berg og bunnmorene. Komplette regneark kan sees i Vedlegg B.

$Q_{\text{blått område}} \text{ (m}^3\text{/dag)}$		K (berg) m/s	
		1e-7	1e-8
K(morene) (m/s)	1e-6	22,0	9,0
	1e-7	15,3	2,3
$Q_{\text{gult område}} \text{ (m}^3\text{/dag)}$		K (berg) m/s	
		1e-7	1e-8
K(morene) (m/s)	1e-6	12,9	6,9
	1e-7	7,3	1,3
$Q_{\text{total}} \text{ (m}^3\text{/dag)}$		K (berg) m/s	
		1e-7	1e-8
K(morene) (m/s)	1e-6	34,9	15,9
	1e-7	22,6	3,6

Tabell 4-5 Potensielt tilsig av grunnvann opp fra berget i bunn av byggegropa.

Q _{bunn} (m ³ /dag)		K (berg) m/s	
		1e-7	1e-8
	Kun bidrag fra berg via bunn av byggegrop	251	25,1

Det er viktig å understreke at det er lite kjennskap til den omkringliggende vannstanden, og at det derfor vil være utfordrende å vite hvorvidt det faktisk vil komme vann inn i byggegropen fra områder som per i dag er nedstrøms planlagt byggegrop. Dersom vannstanden i øst og nord viser seg å være enda lavere enn vannstand benyttet i beregningene, vil vann, spesielt i den grunne byggegropen, kunne dreneres fra byggegropen mot nord og øst, med hydraulisk gradient ut av byggegrop.

Det er i en tidligere undersøkelse omtrent 200 meter øst for tiltaksområdet, på Valentinlyst, utført peiling i brønner. Disse viste at vannstanden i dette området lå på mellom kote 85 og 89. Det underbygger at vannstanden i området mellom dette kan få en gradient fra øst mot byggegrop når vannstanden senkes til kote 80 under etablering.

Influensområde

Da det ikke er utført prøvepumping og peiling i nærliggende brønner under pumping, er det benyttet empiriske formler for å beregne radius av influensområde. Det er flere empiriske formler som eksisterer, både for åpne og lukkede akviferer.

Influensområdet på en lukket akvifer, som dette defineres som, kan estimeres etter Cooper og Jacob (1946) (Alessio Fileccia, 2015):

$$R = \sqrt{2,25Tt/S} \quad (1)$$

T er transmissivitet (m²/s), t er tiden (s) og S er magasinkoeffisienten. Transmissivitet defineres av den hydrauliske konduktiviteten av akviferen og tykkelsen på akviferen. Den er passende å benyttes til korte perioder med pumping og vil ikke gi realistisk influensradius ved å beregne 4 års pumping.

Det er estimert influensområde i berget ved to tilfeller med ulik tykkelse på akvifer (5 og 10 meter), resultater vises i Tabell 4-6. K -verdi benyttet på berget er den høyeste, $1,0 \cdot 10^{(-7)}$ m/s, magasintallet på berget er satt til $1,0 \cdot 10^{(-4)}$ og antallet dager til 14.

For en åpen akvifer kan influensområdet estimere etter Sichardt (Lu Zhang, 2020):

$$R = 3000 * (H - h_w) * \sqrt{K} \quad (2)$$

H er høyde på urørt grunnvannstand, h_w er ny vannstand i byggegropen og K er den hydrauliske konduktiviteten i massene (De Filippa et al., 2020). $H - h_w$ utgjør totalt senkning av vannstand, s_w .

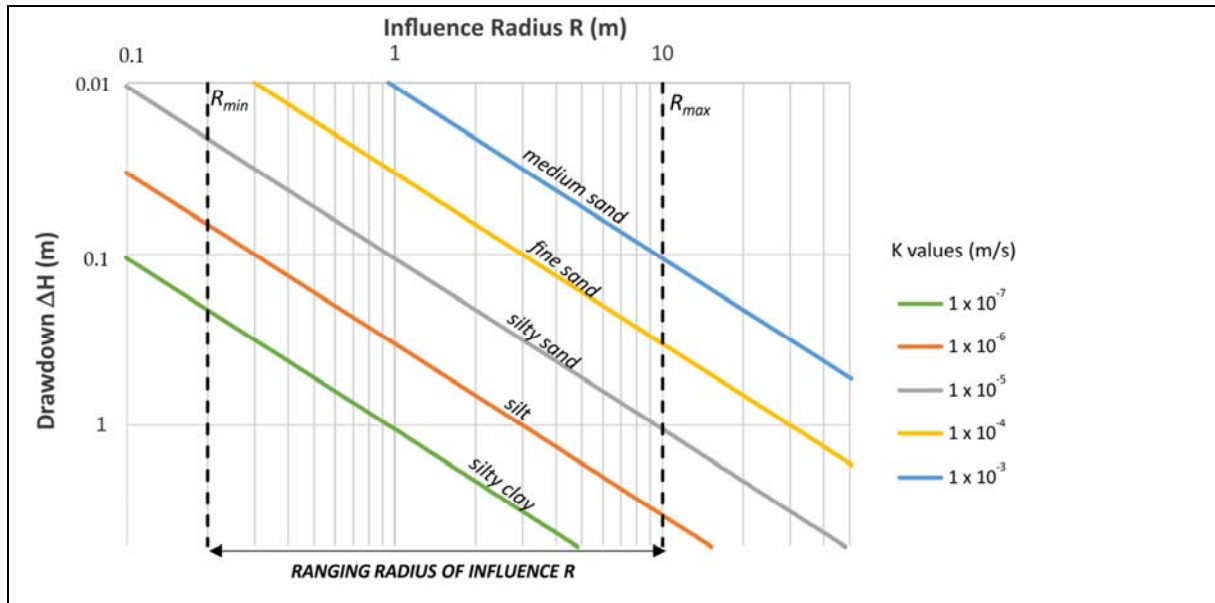
Det er beregnet influensområde på bunnmorenen i Tabell 4-6. Bunnmorenen er beregnet med høyeste K-verdi benyttet på bunnmorenen, $1,0 \cdot 10^{(-6)}$ m/s, med dybdene 30 og 15 meter, som er dybden på de to dybdene på byggegropen og dermed også senkningen av eksisterende vannstand.

Tabell 4-6: Viser beregninger på radius av influensområde for byggegropen. For bunnmorenen er det også definert dybde på byggegropen, mens det for berget er definert tykkelse på akvifer. Fulle beregninger er presentert i Vedlegg B.

Byggegropp	Dybde på akvifer	K-verdi akvifer (m/s)	Influensområde (m)
Berg			
-	5	$1,0 \cdot 10^{(-7)}$	117
-	10	$1,0 \cdot 10^{(-7)}$	165
	20	$1,0 \cdot 10^{(-7)}$	233
Bunnmorene			
30 m dybde	-	$1,0 \cdot 10^{(-6)}$	90
15 m dybde	-	$1,0 \cdot 10^{(-6)}$	45

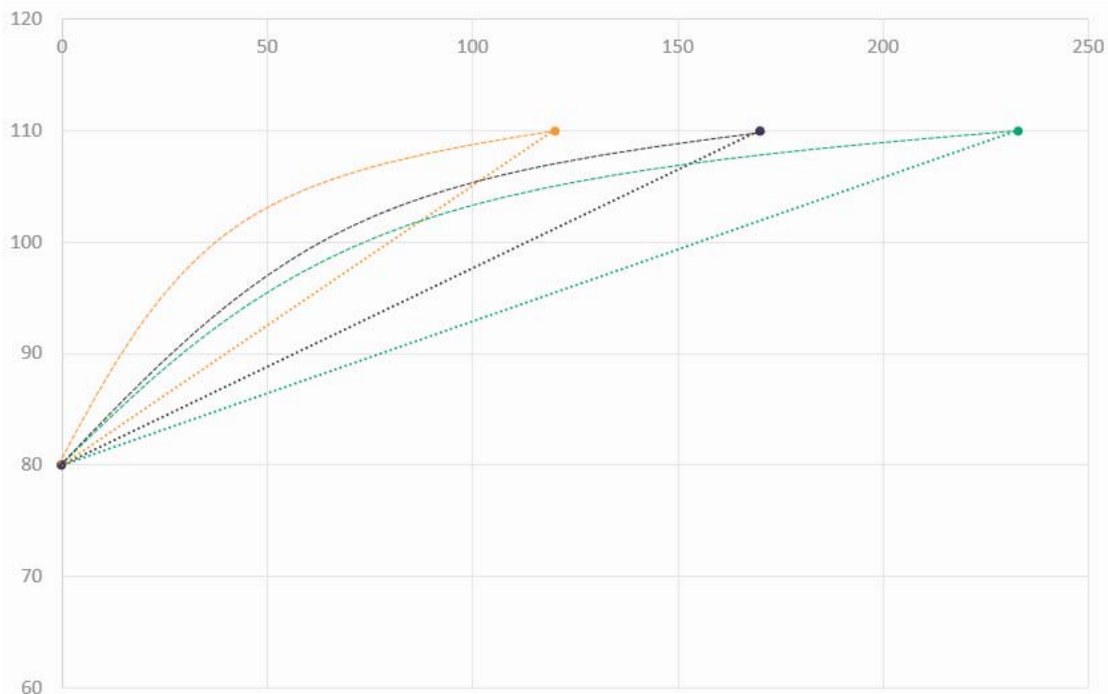
Estimatene er grove, men indikerer et influensområde mellom 45-90 m for bunnmorene og 117- 233 m i berg utenfor byggegropen som skal etableres. Ingen av de aktuelle beregningene tar høyde for hvor mye vann som tidligere er beregnet til å sige ut av akviferen i forbindelse med innlekkasje til byggegropen. Mengde vann som vil sige inn i byggegrop vil også ha noe å si for hvor stort influensområdet kommer til å være.

Det er flere usikkerheter knyttet til influensområdet i berg, da det både skal defineres transmissivitet og magasinkoeffisient samt hvorvidt akviferen er å anse som lukket eller åpen, hvor alt gir usikre verdier som estimatene bygger på. Ved å sammenligne grafen i Tabell 4-4 med de beregnede influensområdene, så er det ikke ventet at influensområdet for akviferen med lavest K-verdi skal ha det minste influensområdet. Som vist i Figur 4-6 vil en lavere K-verdi gi mindre radius på influensområdet, men derimot føre til en større senkning lokalt.

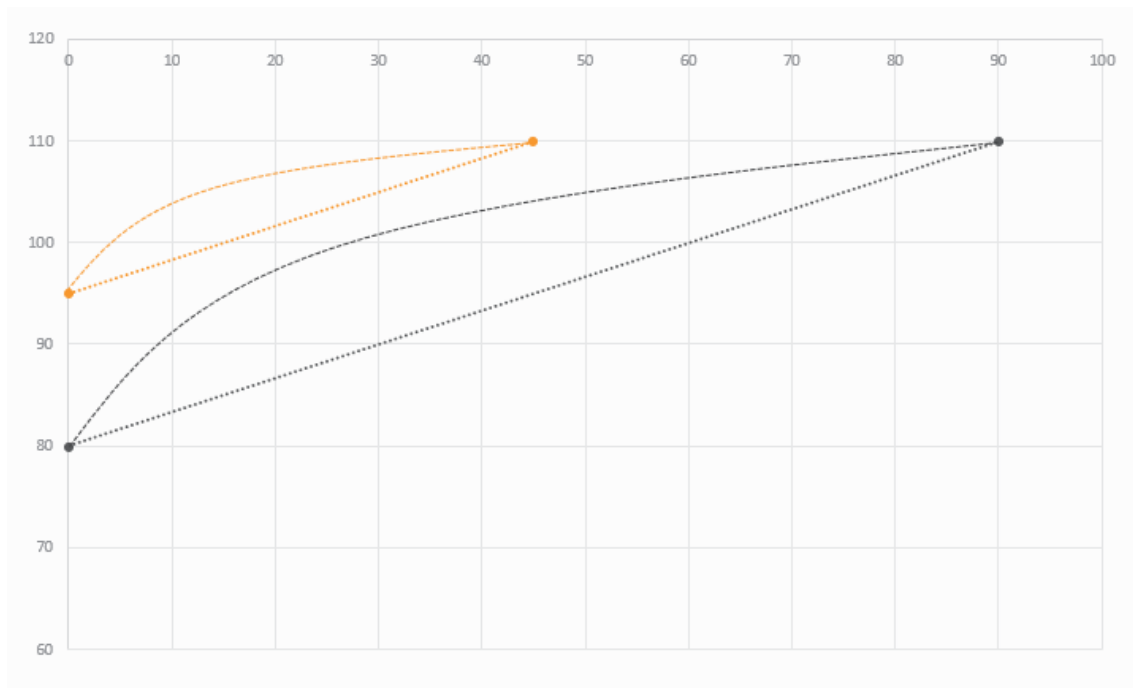


Figur 4-6: Sammenheng mellom senkning og influensområdet ved å benytte Sichardt's formel, gitt med ulike K-verdier (De Filippa et al., 2020), modifisert etter Fileccia, 2005.

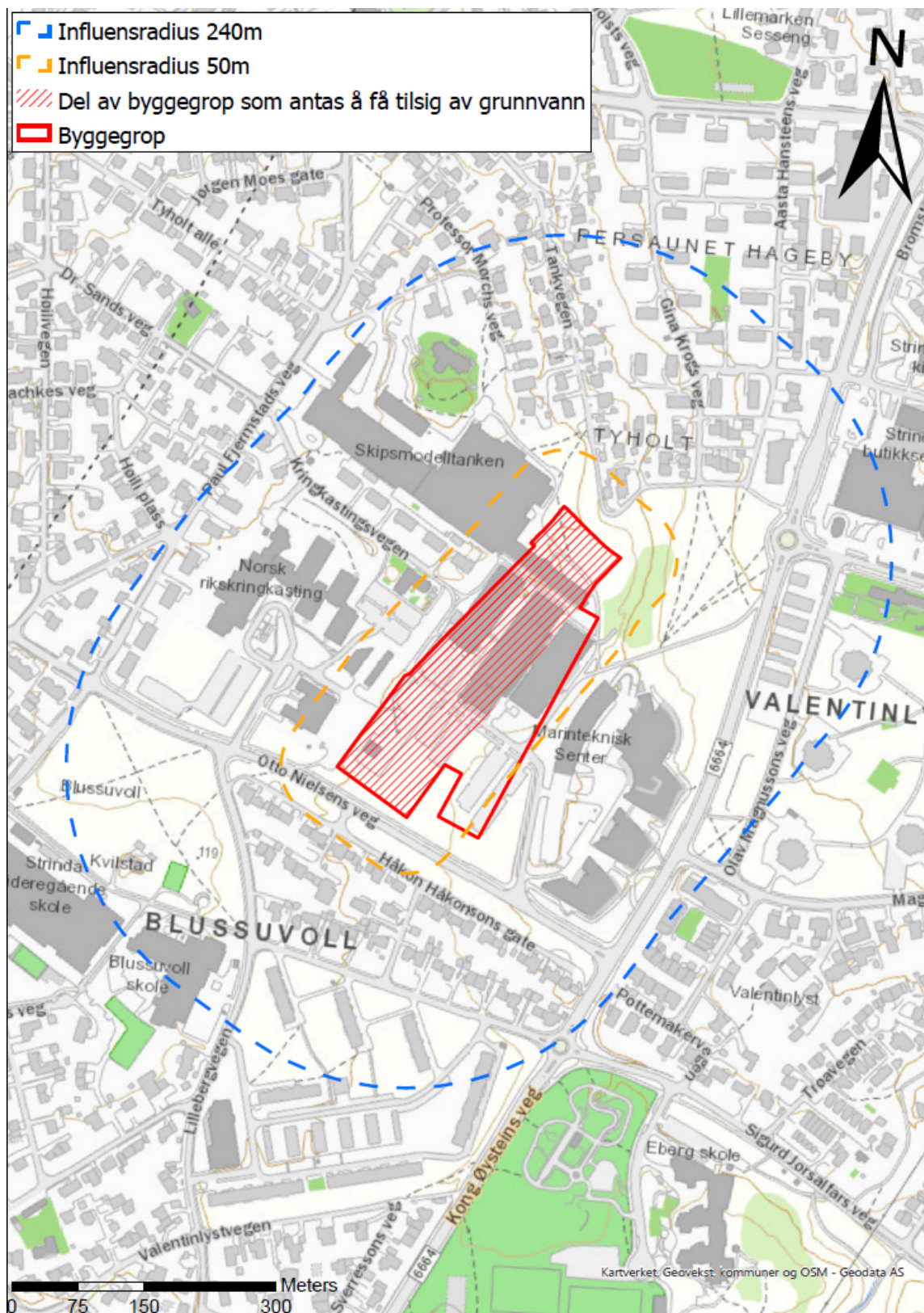
De estimerte influensområdene i Tabell 4-6 er presentert i Figur 4-7 og Figur 4-8 for henholdsvis estimater for berg og bunnmorene i oppstrøms område (vannstand opprinnelig ved kote 110). De lineære senkningene er et overestimert og kun et punkt mellom ytre grense for influens og bunn av byggegrop, mens de kurvede linjene er en skisse av hvordan senkningskurven rundt byggegropen kan se ut.



Figur 4-7: Graf viser en senkningskurve i distanse fra byggegrop (null på x-akse), i lineær (overestimert) senkning og skissert senkningskurve fra byggegrop basert på beregningene gjort på influensområde på berg. Stiplet oransje, stiplet sort og stiplet grønn linje viser senkningskurve med influensområde for henholdsvis 120, 170 og 233 meter.



Figur 4-8: Graf viser en senkningskurve i distanse fra byggegrop (null), i lineær (overestimert) senkning og omtrentlig senkningskurve fra byggegrop basert på beregningene gjort på influensområde på bunnmorene. Stiplet oransje og stiplet sort linje viser senkningskurve med influensområde for henholdsvis 45 og 90 meter.



Figur 4-9: Delen av byggegropen hvor det skal graves til under grunnvannsstand og som antas kan ha påvirkning på hydrogeologien er skravert i rødt. Influensområder på 50 m (oransje) og 240 m (blått) er inkludert for å illustrere hvilke områder som beregningene indikerer at kan bli påvirket av prosjektgjennomføring.

Det er mye usikkerhet knyttet til influensområdet. Dette vil særlig gjelde området som ligger nedstrøms. På det aktuelle området heller terrenget stedvis mye mot øst og det er derfor ikke ventet at influensområdet vil være i samme størrelsesorden i denne retningen som oppstrøms.

4.2.3 Nødvendig vannhåndtering

Det vil bli nødvendig å håndtere både nedbør som faller direkte i byggegropa og tilsig av grunnvann fra sidene. Anslått vannmengde som må håndteres er vist i Tabell 4-7. Nødvendig vannhåndtering per dag varierer mellom 76,9 og 140,9 m³, hvor gjennomsnittlig mengde estimert er ca. 109 m³. Under snøsmelting vil mengde vann som må håndteres være avhengig av flere faktorer, inkludert om snø har blitt fjernet i løpet av vinteren og hvor fort gjenværende snø i gravegropa smelter.

Det er ikke gjort vurderinger på endringer i grunnvannsgradienter og endring av tilsig av grunnvann på grunn av økt nedbør, men det er plausibelt at det vil forekomme økt tilsig av grunnvann under, men særlig i etterkant av perioder med mye nedbør.

Tabell 4-7: Anslåtte vannmengder i byggegropa som må håndteres i m³/dag, samt total årlig mengde.

		Nedbør direkte i byggegrop	Grunnvanns-drenering til byggegrop	Totalt
Nødvendig vannhåndtering (m³/dag)	Januar	72	3,6-34,9	76 – 107
	Februar	61		65 - 100
	Mars	56		59 - 91
	April	47		51 - 82
	Mai	42		45 - 77
	Juni	59		63 - 94
	Juli	74		78 - 109
	August	69		73 - 104
	September	106		109 – 141
	Oktober	96		100 - 131
	November	75		78 110
	Desember	86		89 - 121
	Totalt per år	25673		1314-12739

5 Anbefalte tiltak

Under tiltaksgjennomføring vil byggegropa stå åpen, hvilket vil medføre vanntilførsel i form av drenering av grunnvann og nedbør ned i gropen. Det vil derfor bli behov for vannhåndtering av vann fra byggegrop. Dette kan entes pumpes over på kommunalt nett, eller reinfiltreres utenfor byggegrop for å opprettholde grunnvannsstanden.

Før oppstart må det etableres et overvåkningsprogram bestående av poretrykksmålere plassert i ulik avstand fra byggegrop, og muligens ytterligere bergbrønner for overvåkning av grunnvannsnivået i berget. Det må også beskrive rutiner for overvåkning og varsling ved registrerte endringer som kan skyldes terrenginngrepet.

Tiltak for å opprettholde poretrykksnivået i området, og dermed redusere risiko for setninger, inkluderer følgende (Norsk Geoteknisk Forening, 2019):

- Velge løsning for sikring av byggegrop som ikke punkterer vannførende lag (tett rørsput, stedstilpasset bergsikring)
- Tettetiltak (for eksempel injisering av berghull eller tetteskjerm i berg)
 - o Løsning, behov og omfang kan først bestemmes når bergskjæringene blir påbegynt
- Oppfølging i byggetid av hydrogeolog/geolog
 - o Oppfølging av etablert overvåkningsprogram
 - o Jevnlig kontroll og vedlikehold av overvåkningsutstyr (grunnvannsloggere, elektriske PZ etc.)
 - o Fast del på agenda i byggemøter
- Vanninfiltrasjon
 - o Infiltrasjon i egnede sprekkesystem i berget anses som det mest relevante

For å minimere drenering av grunnvann fra løsmassene, er det mulig å installere vanntett spunt i byggegropa. Dette vil begrense at vann fjernes fra kretsløpet og på den måten bidra til å opprettholde grunnvannsnivået.

Dersom det under tiltaksgjennomføring påtreffes sprekker i berget som kan være vannførende eller viser seg å være det, må hydrogeolog/geolog tilkalles for å vurdere behovet for å injisere i berget, som tiltak for å begrense drenering av grunnvann via sprekken.

6 Konklusjon

Utførte beregninger er empiriske forenklinger med forutsetninger basert på geotekniske og geologiske undersøkelser i området samt enkle hydrogeologiske målinger av grunnvannsnivå. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til resultatene, og de må derfor brukes som del av en helhetlig vurdering. Ved behov for mer eksakte beregninger må usikkerhetene reduseres, som medfører behov for omfattende feltundersøkelser som det til utarbeidelsen av foreliggende rapport ikke var anledning til.

De hydrogeologiske beregningene indikerer at byggegropen kan påvirke et område med en influensradius på mellom ca. 50 - 240 meter fra byggegrop. Ettersom terrenget i øst noen steder heller bratt ned, er det ikke ventet at influensområdet vil være så stort på denne siden av byggegropen.

Beregninger av vannmengder som må håndteres er ca. 3,6 - 35 m³/dag grunnvann fra skjæringene, og 25 – 251 m³/dag grunnvann via sålen i byggegropa. Bidrag fra direkte nedbør varierer mellom 42 og 106 m³/dag. Avhengig av de faktiske egenskapene til akviferen, tilsier dette at nedbør potensielt vil kunne gi et større volum vann som må håndteres sammenlignet med grunnvann.

Tiltaksområdet ligger på et høydedrag og har dermed et begrenset nedbørsfelt. Som beskrevet i kap. 3.3 estimeres stedlig nydannelse av grunnvann i hele nedbørsfeltet til ca. 30 m³/dag. Med hensyn til byggegropens plassering i vestre del av nedbørsområdet, begrenses nydannelsen ytterligere. Dette underbygges også av utførte grunnvannsmålinger og vannkjemiske egenskaper beskrevet i kap. 4.1.2 og 4.1.3, som indikerer et modent og lite nedbørspåvirket grunnvann. Til tross for relativt små beregnede mengder grunnvannstilsig i byggegropa, må det forventes en negativ vannbalanse som følge av en lavere nydannelse av grunnvann enn hva som forventes drenert til en utett byggegrop. Sammenhengen mellom grunnvannstrykket i berget og overliggende løsmasser er ikke tilstrekkelig dokumentert til å konkludere kvantitativt, men det må forventes at beregnet drenering av grunnvann til byggegrop vil redusere poretrykket i influensområdet.

Beregninger av mengden grunnvann inn i byggegrop er veldig sensitiv på tykkelsen av de øvre fyllmassene, på grunn av en mye høyere konduktivitet i disse massene til sammenligning med den tette leiren. Tykkelse på fyllmasser vil derfor påvirke beregningene i veldig stor grad. Det er lite kjennskap til grunnvannsstand i omkringliggende område, som også vil påvirke beregningene av vann inn i byggegrop. Området øst for byggegrop, som ligger nedstrøms byggegropen i dagens grunnvannsstrømning, kan potensielt sett endre retning ved etablering av byggegrop, men dette er usikkert. Beregningene viser at dersom antatt grunnvannsnivå i dette området endres med et par meter, vil skille på om vann renner inn i byggegrop, eller drenerer ut av byggegrop mot vest. Dette gjelder hovedsakelig i den grunneste delen av byggegropen. For å redusere påvirkningen byggegropa har på området rundt, er det anbefalt flere ulike tiltak, inkludert blant annet tetting av byggegrop og vanninfiltrasjon.

7 Referanser

- Alessio Fileccia. (2015). *Some simple procedures for the calculation of the influence radius and well head protection areas (theoretical approach and a field case for a water table aquifer in an alluvial plain)*. Italian Journal of Groundwater.
- Brattli, B. (2009). *Fysisk og kjemisk hydrogeologi, tredje utgave*. Trondheim: NTNU, Institutt for geologi og bergteknikk.
- De Filippa et al. (2020). *Hydraulic conductivity estimation using low-flow purging data elaboration in contaminated sites*.
- Lu Zhang, e. a. (2020). *Design of groundwater extraction in open cut foundation and simplified calculation of ground subsidence due to dewatering in sandy pebble soil strata*.
- Multiconsult Norge AS. (2019). *Ocean Space Center - 10215547-RIG-TEG-001-00 Borplan Del 1*. Multiconsult Norge AS.
- Norsk Geoteknisk Forening. (2019). *Fagdag Grunnvannsproblematikk: Tema byggegrop og tunneler*. Oslo.
- StatensVegvesen. (2003). *Publikasjon 103. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø*.

Vedlegg A

Borelogger

Brønn P1 (bergbrønn)

Brønn P2 (løsmassebrønn)

Boret. 29.9.2020

Brønn nr 2, Fjellbrønn

Statsbygg, Ocean Space Centre

Tyholt, Trondheim

32 V 571536

UTM 7033454

0 – 1 m	bærelag
1 – 4 m	leire, tørr
4 – 11,5 m	Hard leire
11,5 – 12,5 m	stein/ grus, vann
12,5 – 15 m	fjell
16 – 17 m	litt løst fjell
24 – 25 m	littløst fjell
27 – 28 m	litt løst fjell

Totalt 29,5 m

Brønnen gir ca 2,8 liter i timen ved stigetest på 5 timer.

Diameter foringsrør 168 mm (Odex 140)

Diameter brønn i fjell 138 mm

Brønn over terreng: 0,5 meter.

Det er montert alulokk med mulighet for låsing på brønnrør. Brønntoppen er sprayet signalgul med rød topp og den har refleks. Det er levert 9 stk poseprøver fra denne brønnen til Multicon Trondheim sitt kontor i Sluppenvegen 15. Det er støpt betongplugg i overgang foringsrør/ fjell.

Boret av Torbjørn

Kunde:		Statsbygg		Side:		
Fylke:	Trøndelag	Kommune:	Trondheim	Punkt nr.	2 b	
Koordinater:	32 571539 / 7033460			Total dyp:	12,08 m	
Masser: L=Leire, S=Silt, O=Organisk, SA=Sand, G=Grus, ST=stein, B=Blokk, M=Morene, F=fjell				Dyp til v.st.	Tørr	
Farge vann: B=Blankt, Br=Brunt, G=Grått, Bs=Brun/Svart				Vann: T=Tørr, L=Lite, M=Middels, G=God, MG=Meget God		
				Poseprøve: P		
				Vannprøve: V		
Dybde	Masser	Vann	Farge	Vann	Prøvepose	Ledningsevne
1	0 - 1 meter bærelag					
2						
3						
4	1 - 4 meter hard leire			Tørr		
5						
6						
7						
8						
9						
10	4 - 10,5 meter, hard leire					
11						
12	10,5 - 12 meter, stein morene			vann		
13						
14						
15						
16						
17						
18						
Brønnrør Stål	Brønn diameter	219,1mm		Børestyr:	Odex 190	
	Brønnrør lengde:	11,08 m		Brønn over terreng:	0,5 m	
Filter	Filterlengde	1 m				
Rustfritt:	Filter diameter	161 mm				
	Filter fra - til	11,08 - 12,08 m		Slisse	1 mm	
Dato:	30.09.2020					
Brønnborer:	TH					

Det er montert alulokk med mulighet for låsing på brønnrør. Brønntoppen er sprayet signalgul med rød topp og den har refleks.

Filtertil trekking/ vasking av filter: 2,5 timer

Ser ut som det er et vannmagasin i gruslaget over fjell som er lukket.

Etter litt blåsing så var det nesten ikke mer vann.

Alle mål er fra topprør.

Vedlegg B Beregninger influensområde
og grunnvann til byggegrop

Beregninger av influensområde

	Lengde	Dybde
Blått område	100	30
Gult område	220	15

Sørvest, blått område	Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S44	7,1
	S38	7,4
	S27	5,1
	S33	10,8
	S43	7,3
	S34	6,5
	S37	5,8
	S30	7
	S28	20,1

Snitt	8,6	110,6
Kote dybde byggegrøp		80,6

Alle data i meter	Dybde	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	1	0,1	0,0001	8,64
Leire	6,6	6	0,000000001	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1	0,000001	0,0864
Berg	21,4	22,9	0,0000001	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,2971	0,0383 m/day
	3,4E-06	4,4E-07 m/s

Sichardt's formel	90,0	90,0 radius
-------------------	------	-------------

Total dybde gravegrøp	30	30
Lengde nordvest	100	220

Lengde byggegrøp	320
30 m dybde	7000 m ²

Berg	
T = K*b	5,00E-07 m ² /s
K	1,00E-07 m/s
b	5 m

Sekunder 4 år	1209600 s
Storage coeff	0,0001 S

R	117
---	-----

Nord, gult + grønt område	Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S23	6,8
	S22	4,3
	S24	4,6
	S26	1,2
	S27	5,1
	S25	5,9
	S51	7,9
	S50	5,9
	S29	1,8
	S27	5,1

Snitt	4,9	109,7
Kote dybde byggegrøp		79,7

Alle data i meter	Dybde	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	1	1,5	0,0001	8,64
Leire	2,9	2,4	0,000000001	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1	0,000001	0,0864
Berg	10,14	10,14	0,00000001	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,5824	0,8704 m/day
	6,7E-06	1,0E-05 m/s

Sichardt's formel	45,0	45,0 radius
-------------------	------	-------------

Total dybde gravegrøp	15	15
Lengde nordvest	100	220

	Lengde	Dybde
Blått område	100	30
Gult område	220	15

Sørvest, blått område		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S44	7,1	109,7
	S38	7,4	109,8
	S27	5,1	114,4
	S33	10,8	110,3
	S43	7,3	111,5
	S34	6,5	109
	S37	5,8	110,5
	S30	7	108,2
	S28	20,1	111,9

Snitt	8,6	110,6
Kote dybde byggegrop		80,6

Alle data i meter	Dybde	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	1	0,1	0,0001	8,64
Leire	6,6	6	0,000000001	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1	1,00E-06	0,0864
Berg	21,4	22,9	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,2971	0,0383 m/day
	3,4E-06	4,4E-07 m/s

Sichardt's formel	166,9	59,9 radius
-------------------	-------	-------------

Total dybde gravegrop	30	30
Lengde nordvest	100	220

Lengde byggegrop	320
30 m dybde	7000 m ²

$K = (Q/PI(dH)) * \ln(dR)$		
$\ln(dR) = (K * PI(dH))/Q$	5,65E-01	1,76
K=	8,64E-03 m/dg	
Q= 2 l/t	0,048 m ³ /dg	

Nord, gult + grønt område		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S23	6,8	109,3
	S22	4,3	110,2
	S24	4,6	108,8
	S26	1,2	114,1
	S27	5,1	114,4
	S25	5,9	105
	S51	7,9	106
	S50	5,9	105
	S29	1,8	109,5
	S27	5,1	114,4

Snitt	4,9	109,7
Kote dybde byggegrop		79,7

Alle data i meter	Dybde	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	1	1,5	0,0001	8,64
Leire	2,9	2,4	0,000000001	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1	1,00E-06	0,0864
Berg	10,14	10,14	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,5876	0,8756 m/day
	6,8E-06	1,0E-05 m/s

Sichardt's formel	117,4	143,3 radius
-------------------	-------	--------------

Total dybde gravegrop	15	15
Lengde nordvest	100	220

Beregninger av grunnvan til byggegrop

K(berg) = 1e-8			
	Lengde	Dybde	Areal
Blått område vest	100	30	3000
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S27	5,1	114,4
	S28	20,1	111,9
	S29	1,8	109,5
	S30	7	108,2
	S32	7,9	110,7
	S33	10,8	110,3
	S34	6,5	109
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
Snitt		8,0	110,6
Kote dybde byggegrop			80,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,0	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	22,0	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0009 m/day 1,1E-08 m/s		
L	100 m		
dH	28,0		
Q	0,8	m3/day	
	792	l/day	
	0,5	l/min	
	0,5	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område sør	75	28,2	2118
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
	S44	7,1	109,7
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,1	108,8

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,1	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	20,1	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0009 m/day 1,1E-08 m/s		
L	100 m		
dH	26,2		
Q	0,7	m3/day	
	698	l/day	
	0,5	l/min	
	0,5	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område øst	100	25,2	2516
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S40	9	108,3
	S41	6,6	106
	S42	7,6	103,2
	S36	8,5	102,5
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,7	105,7

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
-------------------	-------	--------	----------

K(berg) = 1e-8			
	Lengde	Dybde	Areal
Gult område vest	220	15	3300
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S20	1,4	114,9
	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S26	1,2	114,1
	S27	5,1	114,4
Snitt		3,9	112,3
Kote dybde byggegrop			97,3

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	2,9	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	11,1	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0012 m/day 1,4E-08 m/s		
L	43 m		
dH	13,0		
Q	1,2	m3/day	
	1229	l/day	
	0,9	l/min	
	0,4	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område nord	65	12,1	788
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
Snitt		4,2	109,4

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	3,2	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	7,9	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0013 m/day 1,5E-08 m/s		
L	35 m		
dH	2,1		
Q	0,06	m3/day	
	62	l/day	
	0,04	l/min	
	0,1	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område øst	230	8,2	1895
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
	S50	5,9	105
	S51	7,9	106
	S52	7,9	105
	S31	4,2	103,7
	S36	8,5	102,5
Snitt		5,7	105,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
-------------------	-------	--------	----------

Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,7	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	16,4	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0009 m/day
	1,1E-08 m/s
L	53 m
dH	17,2
Q	0,8 m3/day
	761 l/day
	0,5 l/min
	0,5 l/min/100 m

Total Q blå	2,3 m3/day
	2251 l/day
	1,6 l/min
	1,6 l/min/100 m

Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	4,7	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	2,6	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0014 m/day
	1,6E-08 m/s
L	50 m
dH	0,2
Q	0,01 m3/day
	12 l/day
	0,0 l/min
	0,02 l/min/100 m

Total Q gul	1,3 m3/day
	1304 l/day
	0,91 l/min
	0,53 l/min/100 m

	3,6 m3/day
	3554,9 l/day
	2,5 l/min
	2,1 l/min/100 m

K(berg) = 1e-7			
	Lengde	Dybde	Areal
Blått område vest	100	30	3000
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S27	5,1	114,4
	S28	20,1	111,9
	S29	1,8	109,5
	S30	7	108,2
	S32	7,9	110,7
	S33	10,8	110,3
	S34	6,5	109
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
Snitt		8,0	110,6
Kote dybde byggegrøp			80,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,0	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	22,0	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0067 m/day		
	7,7E-08 m/s		
L	100 m		
dH	28,0		
Q	5,6	m3/day	
	5588	l/day	
	3,9	l/min	
	3,9	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område sør	75	28,2	2118
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
	S44	7,1	109,7
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,1	108,8

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,1	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	20,1	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0065 m/day		
	7,5E-08 m/s		
L	100 m		
dH	26,2		
Q	4,8	m3/day	
	4797	l/day	
	3,3	l/min	
	3,3	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område øst	100	25,2	2516
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S40	9	108,3
	S41	6,6	106
	S42	7,6	103,2
	S36	8,5	102,5
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,7	105,7

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
-------------------	-------	--------	----------

K(berg) = 1e-7			
	Lengde	Dybde	Areal
Gult område vest	220	15	3300
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S20	1,4	114,9
	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S26	1,2	114,1
	S27	5,1	114,4
Snitt		3,9	112,3
Kote dybde byggegrøp			97,3

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	2,9	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	11,1	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0070 m/day		
	8,1E-08 m/s		
L	43 m		
dH	13,0		
Q	7,0	m3/day	
	6970	l/day	
	4,8	l/min	
	2,2	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område nord	65	12,1	788
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
Snitt		4,2	109,4

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	3,2	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	7,9	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0064 m/day		
	7,4E-08 m/s		
L	35 m		
dH	2,1		
Q	0,30	m3/day	
	304	l/day	
	0,21	l/min	
	0,6	l/min/100 m	

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område øst	230	8,2	1895
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
	S50	5,9	105
	S51	7,9	106
	S52	7,9	105
	S31	4,2	103,7
	S36	8,5	102,5
Snitt		5,7	105,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
-------------------	-------	--------	----------

Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,7	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	16,4	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient
0,0060 m/day
7,0E-08 m/s

L
53 m

dH
17,2

Q
4,9 m3/day
4900 l/day
3,4 l/min
3,4 l/min/100 m

Total Q blå
15,3 m3/day
15285 l/day
10,6 l/min
10,6 l/min/100 m

Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	4,7	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-07	0,00864
Berg	2,6	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient
0,0038 m/day
4,4E-08 m/s

L
50 m

dH
0,2

Q
0,03 m3/day
34 l/day
0,0 l/min
0,06 l/min/100 m

Total Q gul
7,3 m3/day
7309 l/day
5,08 l/min
2,86 l/min/100 m

22,6 m3/day
22593,6 l/day
15,7 l/min
13,5 l/min/100 m

K(berg) = 1e-7, Morene=1e-6			
	Lengde	Dybde	Areal
Blått område vest	100	30	3000
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S27	5,1	114,4
	S28	20,1	111,9
	S29	1,8	109,5
	S30	7	108,2
	S32	7,9	110,7
	S33	10,8	110,3
	S34	6,5	109
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
Snitt		8,0	110,6
Kote dybde byggegrøp			80,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,0	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	22,0	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0092 m/day		
	1,1E-07 m/s		
L	100 m		
dH	28,0		
Q	7,8 m ³ /day		
	7766 l/day		
	5,4 l/min		
	5,4 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område sør	75	28,2	2118
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
	S44	7,1	109,7
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,1	108,8

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,1	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	20,1	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0092 m/day		
	1,1E-07 m/s		
L	100 m		
dH	26,2		
Q	6,8 m ³ /day		
	6837 l/day		
	4,7 l/min		
	4,7 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område øst	100	25,2	2516
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S40	9	108,3
	S41	6,6	106
	S42	7,6	103,2
	S36	8,5	102,5
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,7	105,7

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,7	1E-09	0,0000864

K(berg) = 1e-7, Morene=1e-6			
	Lengde	Dybde	Areal
Gult område vest	220	15	3300
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S20	1,4	114,9
	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S26	1,2	114,1
	S27	5,1	114,4
Snitt		3,9	112,3
Kote dybde byggegrøp			97,3

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	2,9	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	11,1	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0122 m/day		
	1,4E-07 m/s		
L	43 m		
dH	13,0		
Q	12,1 m ³ /day		
	12142 l/day		
	8,4 l/min		
	3,8 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område nord	65	12,1	788
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
Snitt		4,2	109,4

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	3,2	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	7,9	1,00E-07	0,00864

Permeabilitetskoeffisient	0,0128 m/day		
	1,5E-07 m/s		
L	35 m		
dH	2,1		
Q	0,61 m ³ /day		
	611 l/day		
	0,42 l/min		
	1,2 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område øst	230	8,2	1895
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
	S50	5,9	105
	S51	7,9	106
	S52	7,9	105
	S31	4,2	103,7
	S36	8,5	102,5
Snitt		5,7	105,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	4,7	1E-09	0,0000864

Permeable morenemasser Berg	1 16,4	1,00E-06 1,00E-07	0,0864 0,00864
Permeabilitetskoeffisient	0,0091 m/day 1,1E-07 m/s		
L	53 m		
dH	17,2		
Q	7,4 m ³ /day 7418 l/day 5,2 l/min 5,2 l/min/100 m		

Total Q blå	22,0 m ³ /day 22020 l/day 15,3 l/min 15,3 l/min/100 m		
--------------------	---	--	--

Permeable morenemasser Berg	1 2,6	1,00E-06 1,00E-07	0,0864 0,00864
Permeabilitetskoeffisient	0,0132 m/day 1,5E-07 m/s		
L	50 m		
dH	0,2		
Q	0,12 m ³ /day 120 l/day 0,1 l/min 0,19 l/min/100 m		

Total Q gul	12,9 m ³ /day 12874 l/day 8,94 l/min 5,24 l/min/100 m		
--------------------	---	--	--

	34,9 m ³ /day 34893,5 l/day 24,2 l/min 20,5 l/min/100 m		
--	---	--	--

K(berg) = 1e-7, Morene=1e-6			
	Lengde	Dybde	Areal
Blått område vest	100	30	3000
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S27	5,1	114,4
	S28	20,1	111,9
	S29	1,8	109,5
	S30	7	108,2
	S32	7,9	110,7
	S33	10,8	110,3
	S34	6,5	109
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
Snitt		8,0	110,6
Kote dybde byggegrøp			80,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,0	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	22,0	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0035 m/day		
	4,1E-08 m/s		
L	100 m		
dH	28,0		
Q	3,0 m ³ /day		
	2969 l/day		
	2,1 l/min		
	2,1 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område sør	75	28,2	2118
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S37	5,8	110,5
	S38	7,4	109,8
	S43	7,3	111,5
	S44	7,1	109,7
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,1	108,8

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-04	8,64
Leire	7,1	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	20,1	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0037 m/day		
	4,3E-08 m/s		
L	100 m		
dH	26,2		
Q	2,7 m ³ /day		
	2738 l/day		
	1,9 l/min		
	1,9 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Blått område øst	100	25,2	2516
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
	S40	9	108,3
	S41	6,6	106
	S42	7,6	103,2
	S36	8,5	102,5
	S46	6,9	107,7
	S47	9,6	107,2
	S48	12,9	105,3
Snitt		8,7	105,7

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,0001	8,64
Leire	7,7	1E-09	0,0000864

K(berg) = 1e-7, Morene=1e-6			
	Lengde	Dybde	Areal
Gult område vest	220	15	3300
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S20	1,4	114,9
	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S26	1,2	114,1
	S27	5,1	114,4
Snitt		3,9	112,3
Kote dybde byggegrøp			97,3

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	2,9	1E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	11,1	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0064 m/day		
	7,4E-08 m/s		
L	43 m		
dH	13,0		
Q	6,4 m ³ /day		
	6401 l/day		
	4,4 l/min		
	2,0 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område nord	65	12,1	788
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S21	4,6	111
	S22	4,3	110,2
	S23	6,8	109,3
	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
Snitt		4,2	109,4

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	1,00E-05	0,864
Leire	3,2	1,00E-09	0,0000864
Permeable morenemasser	1	1,00E-06	0,0864
Berg	7,9	1,00E-08	0,000864

Permeabilitetskoeffisient	0,0077 m/day		
	8,9E-08 m/s		
L	35 m		
dH	2,1		
Q	0,37 m ³ /day		
	369 l/day		
	0,26 l/min		
	0,7 l/min/100 m		

	Lengde	Dybde	Areal
Gult område øst	230	8,2	1895
Totalsonderinger		Dybde berg	Kote terreng
Dybder til berg	S24	4,6	108,8
	S25	0,8	107,9
	S50	5,9	105
	S51	7,9	106
	S52	7,9	105
	S31	4,2	103,7
	S36	8,5	102,5
Snitt		5,7	105,6

Alle data i meter	Dybde	k(m/s)	k(m/day)
Fyllmasser	0	0,00001	0,864
Leire	4,7	1E-09	0,0000864

Permeable morenemasser Berg	1 16,4	1,00E-06 1,00E-08	0,0864 0,000864
Permeabilitetskoeffisient	0,0040 m/day 4,7E-08 m/s		
L	53 m		
dH	17,2		
Q	3,3	m3/day	
	3279	l/day	
	2,3	l/min	
	2,3	l/min/100 m	

Total Q blå	9,0 m3/day
	8987 l/day
	6,2 l/min
	6,2 l/min/100 m

Permeable morenemasser Berg	1 2,6	1,00E-06 1,00E-08	0,0864 0,000864
Permeabilitetskoeffisient	0,0108 m/day 1,3E-07 m/s		
L	50 m		
dH	0,2		
Q	0,10	m3/day	
	98	l/day	
	0,1	l/min	
	0,16	l/min/100 m	

Total Q gul	6,9 m3/day
	6868 l/day
	4,77 l/min
	2,91 l/min/100 m

	15,9 m3/day
	15854,9 l/day
	11,0 l/min
	9,2 l/min/100 m

Vedlegg C ALS Laboratory Group AS,
analyserapport

Rapport

Side 1 (4)



N2008908

4CFZIDPR88



Mottatt dato **2020-10-27**
Utstedt **2020-11-03**

Multiconsult Norge AS, Trondheim
Svein Ragnar Lysen

Sluppenveien 15
7037 Trondheim
Norway

Prosjekt **OSC**
Bestnr .

Analyse av vann

Deres prøvenavn	BB						
Prøvetatt	Grunnvann						
	2020-10-27						
Labnummer	N00740822						
Analyse	Resultater	Usikkerhet (±)	Enhet	Metode	Utført	Sign	
Ledningsevne (konduktivitet) ^a	67		mS/m	1	1	SAHM	
Analysedato (Ledningsevne) ^a	20201028		Dato	1	1	SAHM	
Temperatur v/pH-måling [*]	20		°C	2	1	SAHM	
pH ^a	9.5			2	1	SAHM	
Analysedato (pH) ^a	20201027		Dato	2	1	SAHM	
Sulfat (SO4 2-) ^{a ulev}	153	23.0	mg/l	3	2	SAHM	
As (Arsen) ^{a ulev}	0.742	0.306	µg/l	4	H	SAHM	
Cd (Kadmium) ^{a ulev}	<0.05		µg/l	4	H	SAHM	
Co (Kobolt) ^{a ulev}	1.97	0.40	µg/l	4	H	SAHM	
Cr (Krom) ^{a ulev}	43.3	10.5	µg/l	4	H	SAHM	
Cu (Kopper) ^{a ulev}	3.22	0.84	µg/l	4	H	SAHM	
Mo (Molybden) ^{a ulev}	27.6	5.2	µg/l	4	H	SAHM	
Ni (Nikkel) ^{a ulev}	129	25	µg/l	4	H	SAHM	
Pb (Bly) ^{a ulev}	<0.5		µg/l	4	H	SAHM	
V (Vanadium) ^{a ulev}	2.91	0.56	µg/l	4	H	SAHM	
Zn (Sink) ^{a ulev}	7.94	2.63	µg/l	4	H	SAHM	
Hg (Kvikksølv) ^{a ulev}	<0.02		µg/l	4	F	SAHM	
Redokspotensial ^{a ulev}	392		mV	5	3	SAHM	
Mn (Mangan) ^{a ulev}	235	41	µg/l	6	H	SAHM	
Fe (Jern) ^{a ulev}	10.6	2.1	mg/l	6	H	SAHM	

"a" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert ved ALS Laboratory Group Norway AS.

"a ulev" etter parameternavn indikerer at analysen er utført akkreditert av underleverandør.

"**" etter parameternavn indikerer uakkreditert analyse.

Utførende laboratorium er oppgitt i tabell kalt Utf.

n.d. betyr ikke påvist.

n/a betyr ikke analyserbart.

< betyr mindre enn.

> betyr større enn.

Metodespesifikasjon	
1	<p>Ledningsevne (konduktivitet) i vann</p> <p>Metode: NS-ISO 7888 (1993) Måleprinsipp: Elektrokjemisk Måleområde: 0,1-4000 mS/m Måleusikkerhet: ±5%</p> <p>Tidssensitiv parameter: Det gjøres oppmerksom på at resultatet kan påvirkes av tiden mellom prøvetakning og analyse. Prøven bør derfor ha ankommet lab snarest mulig etter prøvetakning.</p> <p>Dersom ikke annet er angitt er analysen startet innen gjeldene tidsfrist i henhold til analysemetoden</p>
2	<p>Bestemmelse av pH i vann</p> <p>Metode: NS-EN ISO 10523 (2012) (Rentvann, bassengvann og avløpsvann) (Sjøvann: Intern metode basert på NS-EN ISO 10523 (2012))</p> <p>Måleprinsipp: Elektrokjemisk Måleområde: pH 4-10 Måleusikkerhet: ±0,2 pH-enheter</p> <p>Tidssensitiv parameter: Det gjøres oppmerksom på at resultatet kan påvirkes av tiden mellom prøvetakning og analyse. Prøven bør derfor ha ankommet lab snarest mulig etter prøvetakning.</p> <p>Dersom ikke annet er angitt er analysen startet innen gjeldene tidsfrist i henhold til analysemetoden.</p>
3	<p>Sulfat i vann</p> <p>Metode: ISO 10304-1, EN 16192 Måleprinsipp: Ionekromatografi Rapporteringsgrenser (LOQ): 0,060 mg/l Måleusikkerhet: 15%</p>
4	<p>«V-3B Bas + Hg» Metaller i forurenset vann, etter oppslutning.</p> <p>Metode: Analyse med ICP-SFMS utføres i henhold til ISO 17294-1,2 (mod), samt EPA-metode 200.8 (mod). Analyse med ICP-AES utføres i henhold til ISO 11885 (mod), samt EPA-metode 200.7 (mod). Kvikksølv (Hg) analyseres med AFS, utføres i henhold til ISO 17852.</p> <p>Prøve forbehandling: 12 ml prøve blir surgjort med 1.2 ml suprapur HNO₃ og kjørt i autoklav. Ved</p>

Metodespesifikasjon																									
	<p>analyse av W blir ikke prøven surgjort før analyse. Ved analyse av Ag blir prøven konserveret med HCl.</p> <p>Rapporteringsgrenser:</p> <table> <tr><td>As, Arsen</td><td>0,5 µg/l</td></tr> <tr><td>Ba, Barium</td><td>1 µg/l</td></tr> <tr><td>Cd, Kadmium</td><td>0.05 µg/l</td></tr> <tr><td>Co, Kobolt</td><td>0.2 µg/l</td></tr> <tr><td>Cr, Krom</td><td>0.9 µg/l</td></tr> <tr><td>Cu, Kobber</td><td>1 µg/l</td></tr> <tr><td>Mo, Molybden</td><td>0.5 µg/l</td></tr> <tr><td>Ni, Nikkel</td><td>0.6 µg/l</td></tr> <tr><td>Pb, Bly</td><td>0.5 µg/l</td></tr> <tr><td>V, Vanadium</td><td>0.2 µg/l</td></tr> <tr><td>Zn, Sink</td><td>4 µg/l</td></tr> <tr><td>Hg, Kvikksølv</td><td>0.02 µg/l</td></tr> </table> <p>Rapporteringsgrensene kan variere med forurensningsgrad for innsendt vann.</p> <p>Måleusikkerhet: Måleusikkerheten (MU) beregnes individuelt for hver enkelt prøve og er direkte koplet til den aktuelle målingen. Dette betyr at rapportert MU gjelder ved den aktuelle prøvens målte konsentrasjon. Måleusikkerheten kan variere med matriksinterferens, fortynninger og lav prøvemengde.</p> <p>Annen info: Prøver som har et høyt innhold av klorid kan gi forhøyet rapporteringsgrense for As. Prøver som har et høyt innhold av Mo kan gi forhøyet rapporteringsgrense for Cd.</p>	As, Arsen	0,5 µg/l	Ba, Barium	1 µg/l	Cd, Kadmium	0.05 µg/l	Co, Kobolt	0.2 µg/l	Cr, Krom	0.9 µg/l	Cu, Kobber	1 µg/l	Mo, Molybden	0.5 µg/l	Ni, Nikkel	0.6 µg/l	Pb, Bly	0.5 µg/l	V, Vanadium	0.2 µg/l	Zn, Sink	4 µg/l	Hg, Kvikksølv	0.02 µg/l
As, Arsen	0,5 µg/l																								
Ba, Barium	1 µg/l																								
Cd, Kadmium	0.05 µg/l																								
Co, Kobolt	0.2 µg/l																								
Cr, Krom	0.9 µg/l																								
Cu, Kobber	1 µg/l																								
Mo, Molybden	0.5 µg/l																								
Ni, Nikkel	0.6 µg/l																								
Pb, Bly	0.5 µg/l																								
V, Vanadium	0.2 µg/l																								
Zn, Sink	4 µg/l																								
Hg, Kvikksølv	0.02 µg/l																								
5	<p>Redokspotensial i vann</p> <p>Metode: DIN 38404-C6 Måleprinsipp: Redokstitrering</p>																								
6	<p>Metaller i vann, tillegg til hovedpakke</p> <p>Metode: Se analysebeskrivelse for øvrige elementer. Enkelte elementer er ikke standard med i pakkene og blir bestilt som tillegg til hovedpakkene. Rapporteringsgrense varierer med pakken.</p>																								

Godkjenner	
SAHM	Sabra Hashimi

Utf ¹	
F	AFS
Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige	

¹ Utførende teknisk enhet (innen ALS Laboratory Group) eller eksternt laboratorium (underleverandør).

	Utf ¹
H	ICP-SFMS Ansvarlig laboratorium: ALS Scandinavia AB, Aurorum 10, 977 75 Luleå, Sverige
1	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group Norway AS avd. Sarpsborg, Yvenveien 17, 1715 Yven
2	Ansvarlig laboratorium: ALS Laboratory Group, ALS Czech Republic s.r.o, Na Harčě 9/336, Praha, Tsjekkia Lokalisering av andre ALS laboratorier: Ceska Lipa Bendlova 1687/7, 470 03 Ceska Lipa Pardubice V Raji 906, 530 02 Pardubice Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon
3	Ansvarlig laboratorium: GBA, Flensburger Straße 15, 25421 Pinneberg, Tyskland Lokalisering av andre GBA laboratorier: Hildesheim Daimlerring 37, 31135 Hildesheim Gelsenkirchen Wiedehopfstraße 30, 45892 Gelsenkirchen Freiberg Meißner Ring 3, 09599 Freiberg Hameln: Brekelbaumstraße 1, 31789 Hameln Hamburg: Goldschmidstraße 5, 21073 Hamburg Kontakt ALS Laboratory Group Norge, for ytterligere informasjon

Måleusikkerheten angis som en utvidet måleusikkerhet (etter definisjon i "Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement", JCGM 100:2008 Corrected version 2010) beregnet med en dekningsfaktor på 2 noe som gir et konfidensintervall på om lag 95%.

Måleusikkerhet fra underleverandører angis ofte som en utvidet usikkerhet beregnet med dekningsfaktor 2. For ytterligere informasjon, kontakt laboratoriet.

Måleusikkerhet skal være tilgjengelig for akkrediterte metoder. For visse analyser der dette ikke oppgis i rapporten, vil dette oppgis ved henvendelse til laboratoriet.

Denne rapporten får kun gjengis i sin helhet, om ikke utførende laboratorium på forhånd har skriftlig godkjent annet. Resultatene gjelder bare de analyserte prøvene.

Angående laboratoriets ansvar i forbindelse med oppdrag, se aktuell produktkatalog eller vår webside www.alsglobal.no

Den digitalt signert PDF-fil representerer den opprinnelige rapporten. Eventuelle utskrifter er å anse som kopier.