Notat

OPPDRAG	Varhaug - hydrogeologisk og geoteknisk vurdering av utbygging med kjeller	DOKUMENTKODE	10273736-01-TVF-NOT-001
EMNE	Hydrogeologisk og geoteknisk vurdering	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Hå kommune	OPPDRAGSLEDER	Magnus Vestad
KONTAKTPERSON	Rolf Aleksander Svensen Mellgren	UTARBEIDET AV	Live Aasen Frosta, Magnus Vestad
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10232014 Ingeniørgeologi Sør

SAMMENDRAG

Multiconsult er engasjert av Hå kommune for å vurdere hvorvidt utgraving av standard kjelleretasje for bolighus kan påvirke setningspotensialet i samme området.

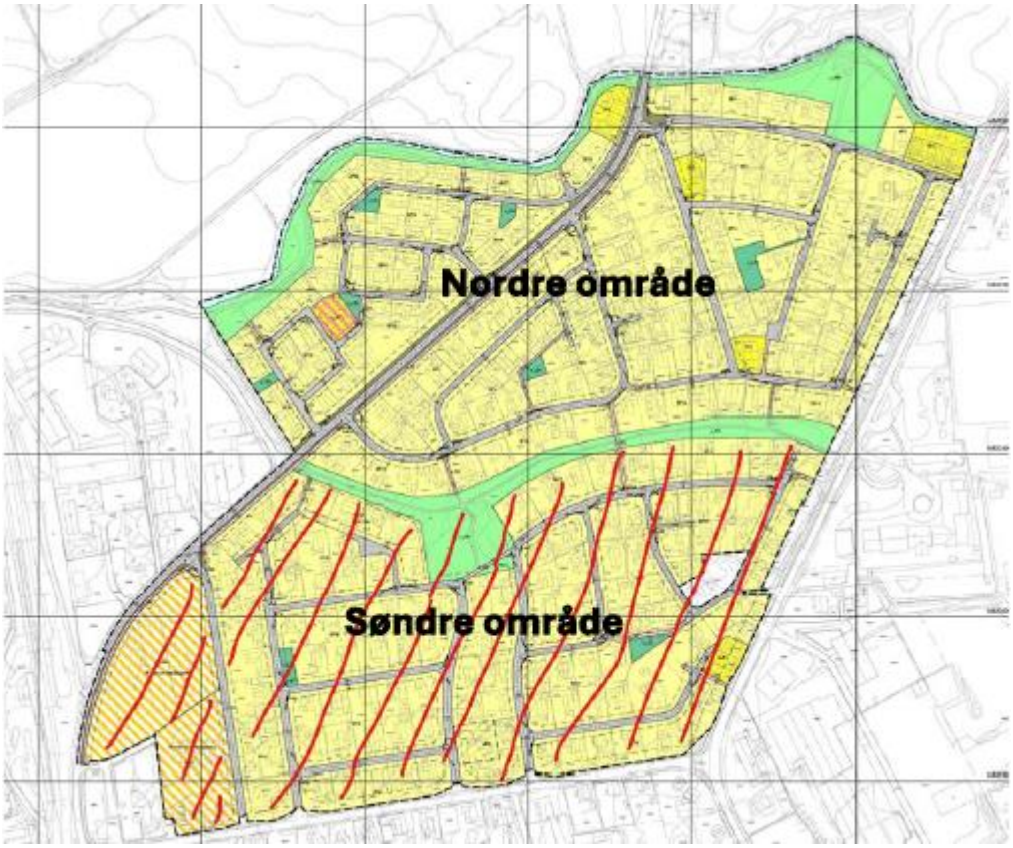
Det er utført vurderinger av hydraulisk konduktivitet og influensavstand, samt setningspotensiale basert på utførte grunnundersøkelser.

Utførte beregninger viser at en kan forvente setninger på omtrent 10-20 mm i en avstand 1-20 m fra kjelleren, dersom grunnvannstanden blir senket med 2-3 m.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
00	26.05.2026	Første utgivelse	LAF/MAGV	PAP/SRL	MAGV

1 Innledning / Bakgrunn

Multiconsult er engasjert av Hå kommune for å vurdere hvorvidt utgraving av standard kjelleretasje for bolighus kan påvirke setningspotensialet i samme området. Vurderingene omfatter et boligområde på Varhaug, der tidligere grunnundersøkelser er lagt til grunn for hydrogeologiske- og geotekniske vurderinger. Vurderingsområdet er begrenset til området markert med røde linjer i figur 1, merket «Søndre område».



Figur 1: Utsnitt av reguleringsplan. Vurderingsområdet er begrenset til det søndre området, markert med røde linjer.

2 Geologi

2.1 Kvartærgeologi

Området er ifølge NGUs løsmassekart dominert av tykke moreneavsetninger, definert av NGU til å ha en varierende tykkelse, fra under én meter til flere titalls meter, se Figur 2. Det kan forventes alt fra leir til stein og blokk, og løsmassene er vanligvis hardt sammenpakket (NGU, n.d.).



Figur 2: Kvartærgeologisk kart over området, med et mørkere polygon som viser vurderingsområdet «Søndre område». Figur hentet fra rapport 10267310-RIG-RAP-001 (Multiconsult, 2025).

2.2 Grunnundersøkelser

Det ble utført geotekniske grunnundersøkelser i 2025 i forbindelse med sanering av VA-anlegg på Varhaug. Det ble utført følgende undersøkelser:

- 10 stk. totalsonderinger avsluttet i løsmasser
- 4 stk. elektriske piezometere m/minne
- 7 stk. prøveserier tatt opp med naverbor (poseprøver)
- 7 stk. prøveserier med opptak av ø54 mm sylinderprøver (stål)
- Forboring med naverbor og totalsondering

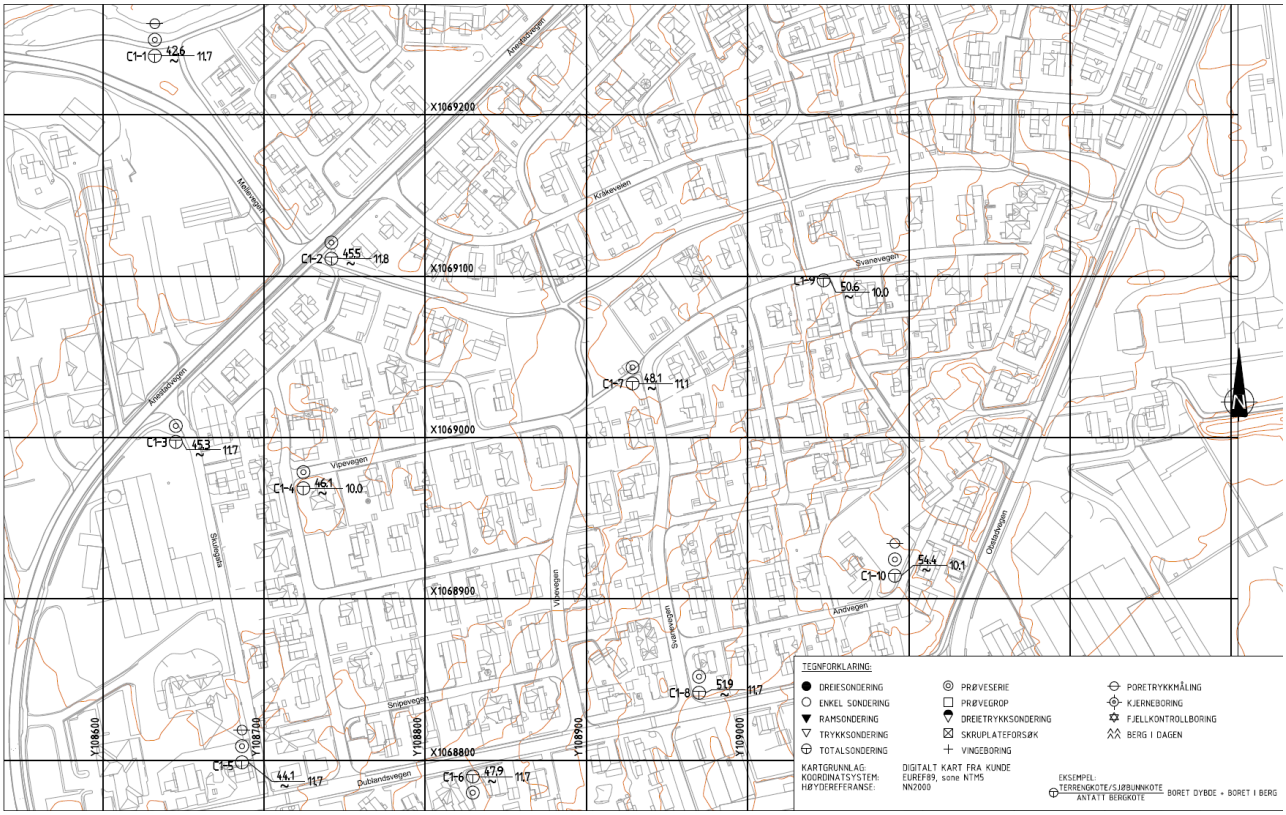
Kart med plassering og navngivning av borpunkter er vist i vedlegg 1.

Undersøkelsene viser at det i alle sonderingene ble registrert middels faste masser ned til ca. 2-5 m dybde, overliggende faste masser. Med unntak av organiske eller organiskholdige lag i tre borpunkter, viser prøvetaking at grunnen generelt, i utvalgte intervaller inntil 5 m dybde, består av siltig og sandig leire som kan inneholde gruskorn (Multiconsult, 2025).

De øverste meterne under terreng er mest relevant for videre undersøkelser ettersom poretrykksendring vil skje ned til dybde der kjeller skal etableres. Grunnundersøkelsene viser at:

- Prøvene i borpunktene nr. C1-1, C1-6 og C1-8 viser at grunnen ned til 0,5-2,5 m består av organiske masser blandet med sand og silt, og til dels grus og leire.
- Fra 2,5 meter til 4 meter i C1-8 C1-2 til C1-5, C1-7 og C1-10 viser prøvene siltig, sandig leire som kan inneholde gruskorn.

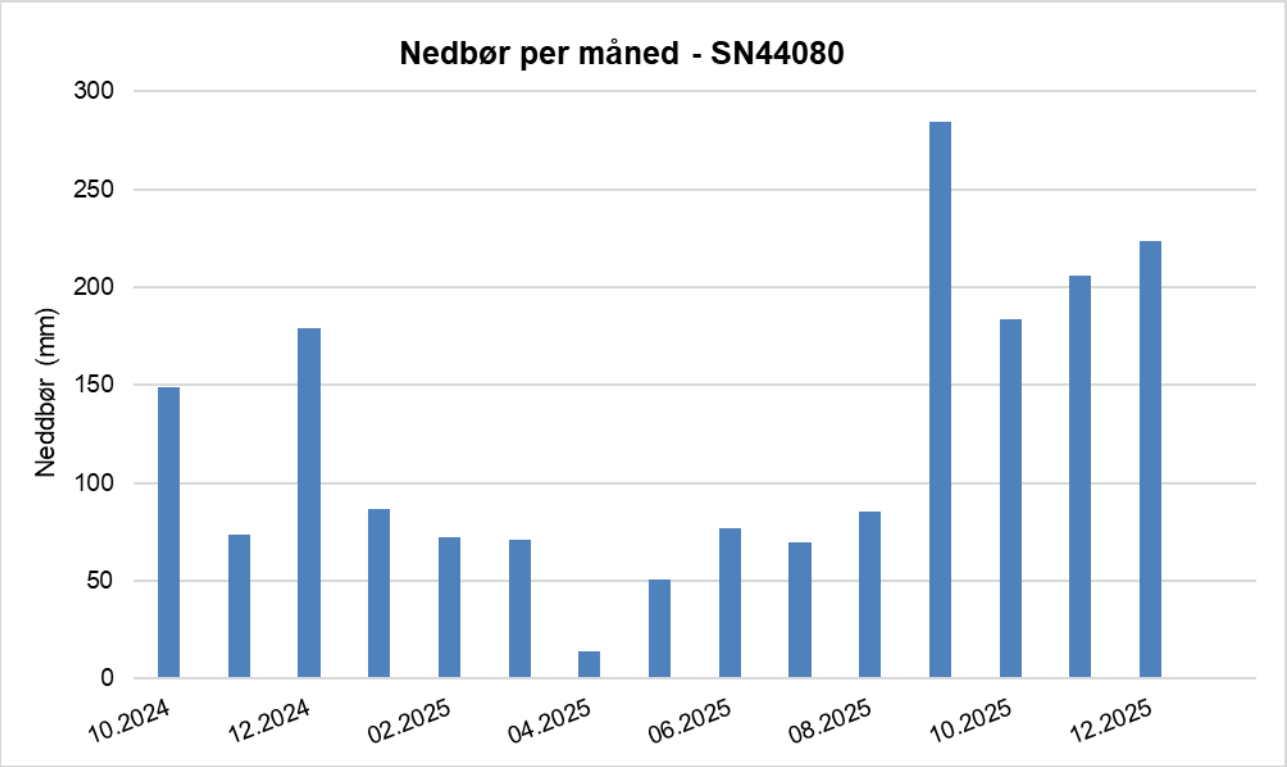
- I borpunkt nr. C1-7 i 3,0-3,5 m dybde viser prøven grusig og sandig materiale



Figur 3: Utsnitt fra tegning, vist i vedlegg 1.

3 Hydrologi

Månedsnedbør hentet fra Seklima ved stasjon SN344080 er vist i Figur 4 for perioden oktober 2024 til desember 2025 (Norsk klimaservicesenter, n.d.). Nedbørsmengden varierer fra 14mm til 285 mm. Det er betydelig høyere nedbørsmengder på høsten, i månedene september til desember.



Figur 4: Nedbør per måned i perioden oktober 2024 til desember 2025, hentet fra målestasjon SN44080 Obrestad Fyr (Norsk klimaservicesenter, n.d.).

4 Metodikk

4.1 Influensavstand

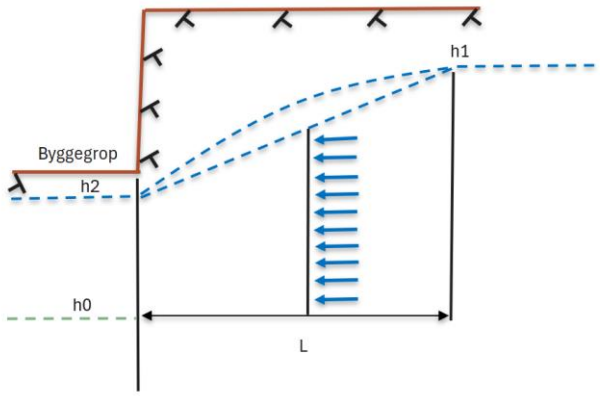
Influensavstand defineres som den maksimale distansen fra et tiltak til registrert grunnvannspåvirkning relatert til tiltaket. Dette kan omfatte både oppstuvende effekt og dermed økt grunnvannsnivå/poretrykk, og senkningen av grunnvannsnivået/poretrykk. Avstanden kan estimeres basert på empiriske likninger. Den vanligste metoden er basert på Sicharts formel og benyttes i videre beregningene (Fetter, 2001). Likningen er gitt ved:

$$L = 3000 * (h_1 - h_2) * \sqrt{K}$$

Der

K er hydraulisk konduktivitet
h1 er opprinnelig grunnvannsnivå
h2 er grunnvannstand etter senkning, i praksis vil dette være bunn av kjellernivå
L er influensavstand

Figur 5 viser en prinsippskisse av situasjonen, der byggegropen representerer kjelleren. Figuren illustrerer grunnvannsnivå før og etter utgraving (h1 og h2), samt strømningsretning og avstand L mellom grunnvannsnivå før og etter.



Figur 5: Prinsippskisse som viser endringer i grunnvannsnivå som følge av byggegrop/kjeller.

4.2 Setningspotensial

Det er utført overordnede beregninger for setningspotensial som følge av senkning av grunnvannsnivået. Beregningene er utført etter Janbu-teori for elastoplastisk materiale. Størrelsen på setningene bestemmes av gjennomsnittlig tøyningsendring i jorden som følge av endring av grunnvannstanden:

$$\delta = \varepsilon_{midl} * H$$

Der

δ = setninger

ε_{midl} = gjennomsnitllig tøyningsendring

H = beregningsdybde

Tøyningen i jorden gis gjennom følgende formel:

$$\varepsilon = \frac{2}{m}\left(\sqrt{\frac{\sigma_0' + \Delta\sigma'}{\sigma_a}} - \sqrt{\frac{\sigma_0'}{\sigma_a}}\right)$$

Der:

m = løsmassebasert modul-tall

σ_0' = effektivspenning

$\Delta\sigma$' = endring i effektivspenning

σ_a = referansespenning = 100 kPa

Beregningene er uført med en dybde på 11 m, der forventet løsmassefordeling i er 3 m med organisk sand/silt med modultall m = 100, og 8 m med fastere masser med modultall m = 250. Beregningene er utført for en løsmassemektighet på 11 m ettersom undersøkelsene ble avsluttet i denne dybden. Løsmassemektigheten er større enn 11 m siden totalsonderingene ikke ble avsluttet i berg, men spenningsendriger i denne dybden vil være neglisjerbare og setningsbidrag fra denne dybden er derfor ikke tatt med i beregningene, Det er utført en beregning for grunnvannssenking på 2 m og en beregning for grunnvannssenking på 3 m.

5 Resultater

5.1 Influensavstand

Beregningene tar utgangspunkt i poretrykksmålinger fra tre piezometere, i en måleperiode fra slutten av juni 2025 til slutten av september 2025. For å få et konservativt estimat, er høyeste målte grunnvannsnivå i perioden benyttet for å estimere grunnvannssenkning. Det antas at grunnvannet senkes til nivå med kjeller, 3 m under terrengnivå. Ettersom løsmassenes hydrauliske konduktivitet er usikkert, er det gjort beregninger for tre ulike scenarier der hydraulisk konduktivitet er 10^{-7} m/s, 10^{-6} m/s og 10^{-5} m/s.

Det må poengteres at logger C1-PZ10 har en feil i oppgitt maksimalt nivå, og det er i videre beregningene lest av omtrentlig høyeste poretrykksnivå fra respektiv graf.

Beregningene og benyttede inputverdier er presentert i Tabell 1 – Tabell 3.

Tabell 1: Beregning av influensavstand, basert på Sicharts formel og en hydraulisk konduktivitet K=10^{-7}m/s.

BP	h2 (Kote kjeller)	h1 (kote GV max)	Dybde spiss under terreng	Influensavstand
C1-PZ1	39,7	42,47	3,1 m	2,6
C1-5	41,4	42,5	5,0 m	1,0
C1-PZ10	51,4	53,3	7,1 m	1,8
C1-PZ10_2	51,4	53,28	5,1 m	1,8

Tabell 2: Beregning av influensavstand, basert på Sicharts formel og en hydraulisk konduktivitet K=10^{-6}m/s.

BP	h2 (Kote kjeller)	h1 (kote GV max)	Dybde spiss under terreng	Influensavstand
C1-PZ1	39,7	42,47	3,1 m	8,3
C1-5	41,4	42,5	5,0 m	3,3
C1-PZ10	51,4	53,3	7,1 m	5,7
C1-PZ10_2	51,4	53,28	5,1 m	5,6

Tabell 3: Beregning av influensavstand, basert på Sicharts formel og en hydraulisk konduktivitet K=10^{-5}m/s.

BP	h2 (Kote kjeller)	h1 (kote GV max)	Dybde spiss under terreng	Influensavstand
C1-PZ1	39,7	42,47	3,1 m	26,3
C1-5	41,4	42,5	5,0 m	10,4
C1-PZ10	51,4	53,3	7,1 m	18,0
C1-PZ10_2	51,4	53,28	5,1 m	17,8

5.2 Setningspotensiale

Utførte setningsberegninger tilsier at en kan forvente største setninger mellom 10-20 mm som følge av en grunnvannssenking på 2-3 m. Influensavstanden vil avta eksponentielt med avstand fra tiltaket, og tilsvarende vil setningene være størst i nærområdet og avta gradvis utover. Det er utført en kontrollberegning i en avstand 6 m fra kjeller for mest kritisk hydraulisk konduktivitet K=10^{-5} m/s. Beregningen viser at man kan forvente setninger på mellom 7-16 mm i en avstand 6 m fra utgravd kjeller. For de resterende verdiene for hydraulisk konduktivitet vil setningene i en avstand på 6 m fra kjeller ikke være til stede eller være neglisjerbare.

6 Vurderinger

6.1 Hydrogeologisk vurdering av grunnvannspåvirkning

Metoden for beregning av influensavstand er empirisk utviklet og kan i praksis underestimere den maksimale senkningen. For vurderingene i foreliggende dokument anses imidlertid metoden å være god nok til å estimere senkning av betydning, ettersom påvirkningen vil skje i øvre del av løsmasselaget og dermed ha begrenset risiko for omfattende setningsutvikling.

Det er imidlertid usikkerheter tilknyttet representativt grunnvannsnivå. Beregningene er basert på poretrykksmålinger fra en måleperiode fra slutten av juni 2025 til slutten av september 2025. Grunnvannsnivået vil være preget av nedbørsmengdene i forkant av perioden, som utfra nedbørsdata er de tørreste månedene (januar til august). Dette tyder på at grunnvannsnivået sannsynligvis ligger lavt i måleperioden og ikke reflekterer høyeste grunnvannsnivå. Det kan derfor forventes høyere grunnvannssenkning enn beregningene estimerer. For setningsberegningene vil en høyere grunnvannssenking tilføre høyere setninger. I prinsipp vil 1 m grunnvannssenking tilsvare en last 10 kPa, men ettersom vannstanden i flere måneder har vært lav, kan en anta at setningene fra en høyere vannstand allerede er unnagjort.

6.2 Setningspotensiale

Metoden for beregninger av setninger kan ansees som overordnet. Verdiene for modul-tall er erfaringsbaserte og kan ha stor påvirkning på setningspotensialet som følge av grunnvannssenkingen. Selv om det er usikkerhet knyttet til beregningene kan estimert størrelsesordenen ansees som realistisk. Videre vil de største setningene være i umiddelbar nærhet til nybygget kjeller og avta eksponentielt utover influensavstanden.

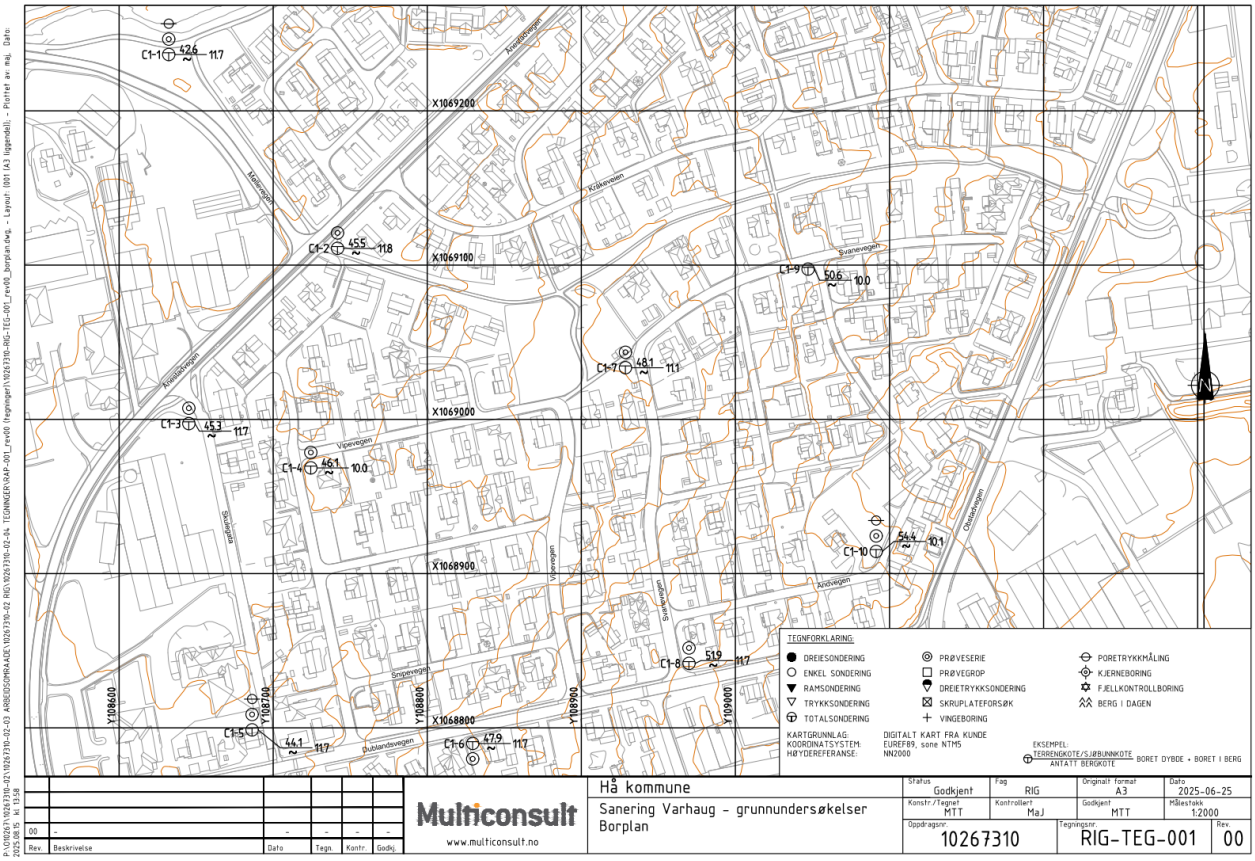
Det bemerkes at C1-PZ1 som ligger i nærheten av en elv i «Nordre område» på figur 1, er inkludert i grunnlaget for beregningen for grunnvannssenking på 3 m, som ikke nødvendigvis gir et representativt resultat for setningsomfanget i hele området. Grunnet C1-PZ1 sin plassering i det nordre området, samt nærhet til elv utgår den som grunnlag for beregninger i foreliggende dokument.

For å fjerne de største usikkerhetene ved beregningene vil det være nødvendig å utføre supplerende grunnundersøkelser og laboratorieundersøkelser for å kunne tolke både modul-tall og hydraulisk konduktivitet i løsmassene.

7 Konklusjon

For utbygging av standard kjeller i bolighus til en dybde på 3 m, kan en forvente at grunnvannstanden vil senkes med omtrent 2-3 m. En slik grunnvannssenkning kan medføre setninger på omtrent 10-20 mm. Setningene vil være størst i nærheten av kjelleren og avta jo lengre unna kjelleren man kommer, der beregningene indikerer en influensavstand på 1 – 20 m avhengig av massenes vannledningsevne (hydraulisk konduktivitet, K). Det bemerkes at vurderingene baseres på et begrenset antall borpunkt, og det kan derfor ikke utelukkes at både influensområdet og omfanget av setninger kan bli større hvis massene lokalt viser seg å være annerledes enn det som er lagt til grunn for beregningene. For å gi en mer nøyaktig vurdering av setningene og influensavstanden vil det være nødvendig med supplerende grunnundersøkelser.

8 Vedlegg


C1-1 426 ~ 11.7
C1-2 455 ~ 11.8
C1-3 453 ~ 11.7
C1-4 461 ~ 10.0
C1-5 441 ~ 11.7
C1-6 479 ~ 11.7
C1-7 481 ~ 11.1
C1-8 519 ~ 11.7
C1-9 506 ~ 10.0
C1-10 544 ~ 10.1
X1069200
X1069100
X1069000
X1068900
X1068800
Y108600
Y108700
Y108800
Y108900
Y109000
Kvernavegen
Kvisslavegen
Vigevegen
Skulevegen
Snipevegen
Dublandsvegen
Kråkevegen
Svanevegen
Ånavegen
Olsdalsvegen
Sandvegen
N
TEGNFORKLARING:
DREIESONDERING
ENKEL SONDERING
RAMSONDERING
TRYKKSONDERING
TOTALSONDERING
PRØVESERIE
PRØVEGROP
DREIETRYKKSONDERING
SKRUPLATEFORSØK
VINGEBORING
PORETRYKKMÅLING
KJERNEBORING
FJELLKONTROLLBORING
BERG I DAGEN
KARTGRUNNLAG: DIGITALT KART FRA KUNDE
KOORDINATSYSTEM: EUREF89, sone NTM5
HØYDEREFERANSE: NN2000
EKSEMPEL:
TERRENGKOTE/SJØBUNNKOTE
ANTATT BERGKOTE
BORET DYBDE + BORET I BERG
Multiconsult
www.multiconsult.no
Hå kommune
Sanering Varhaug - grunnundersøkelser
Borplan
Status Godkjent
Fag RIG
Originalt format A3
Dato 2025-06-25
Konstr./Tegnet MTT
Kontrollert MaJ
Godkjent MTT
Målestokk 1:2000
Oppdragsnr. 10267310
Tegningsnr. RIG-TEG-001
Rev. 00
Rev. Beskrivelse Dato Tegn. Kontr. Godkj.
00 - - - - -

9 Referanser

Fetter, C., 2001. *Applied Hydrogeology.* Fourth Edition red. s.l.:Prentice-Hall Inc. Upper Saddle River, New Jearsey.

Multiconsult, 2025. *Sanering Varhau - grunnundersøkelser.* s.l.:s.n.

NGU, u.d. *Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase.* [Internett]
Available at: https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/
[Funnet 2026].

Norsk klimaservicesenter, u.d. [Internett]
Available at: https://seklima.met.no/
[Funnet 05 2026].