Flomsikring i Nesbyen kommune

Forprosjektrapport for sikring av Nesflata

31.01.2025

Revidert 28.02.2025

Oppdragsgiver: **NVE**

Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Forfatter: Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Billerberg 10
82266 Inning am Ammersee

ea-NVE-014-01 / BeSa

Dokumentoversikt

Rapport

Vedlegg 1: Geoteknisk datarapport 50517-01-R, Romerike Geoteknikk AS
Vedlegg 2: Vurderingsmatrise 29.05.2024, Notat vurderingsmatrise 22.07.2024
Vedlegg 3: Hydraulikk sikring Nesflata
Vedlegg 4: Kvalitetssikring bunndata Hallingdalselva
Vedlegg 5: Samtidighetsanalyse
Vedlegg 6: Kostnadsoverslag
Vedlegg 7: Etablering av grunnvannsbrønner og pumpetester 25.04. - 09.05.2024
Vedlegg 8: Tegninger i henhold til tegningsoversikt

Rapport

1. Prosjektansvarlig 1
2. Bakgrunn og formål med prosjektet 1
2.1 Prosjektets beliggenhet 1
2.2 Bakgrunn og formål med flomsikring 2
2.3 Tidligere studier og undersøkelser 2
2.4 Deltakere i prosjektet 3
3. Datagrunnlag 3
4. Eksisterende forhold 4
4.1 Generelt / planleggingsprinsipper 5
4.2 Samfunnsstruktur 5
4.3 Hydrologiske data 6
4.3.1 Hydrologi 6
4.3.2 Flomverdier 6
4.3.3 Samtidighet av flom og lokal nedbør 7
4.4 Geologiske og hydrogeologiske forhold 9
4.4.1 Innledning og datagrunnlag 9
4.4.2 Geologi 10
4.4.3 Borprofiler 12
4.4.4 Hydrogeologi 13
4.5 Spesifikasjoner for hydraulisk dimensjonering 15
4.5.1 Dimensjonerende vannføringer 15
4.5.2 Fribord 15
4.5.3 Massetransport, erosjon og avsetninger 15
4.6 Verneområder 16
4.7 Landbruk 16
4.8 Eksisterende flomsikring 16
4.9 Infrastruktur for forsyning 16
4.10 Infrastruktur for samferdsel 16
4.11 Kabler, ledninger og teknisk infrastruktur 17
5. Hydraulisk modell og hovedfunn 18
5.1 Hydraulisk modellering 18

5.2 Resultater for dimensjonerende vannføring 18
6. Undersøkelse av ulike alternativer for flomsikring 20
6.1 Generelt 20
6.2 Delprosjekter for planlegging av tiltak 20
6.2.1 Hallingdalselva, sikring av Nesflata 20
6.2.2 Rukkedøla 20
6.2.3 Bru over Rukkedøla – Hajem bru 21
6.2.4 Rukkedøla oppstrøms 21
6.3 Beskrivelse av alternative traséer for sikring av Nesflata 22
6.3.1 Alternativ 1 (Liten løsning) 23
6.3.2 Alternativ 2 (Middels løsning) 23
6.3.3 Alternativ 3 (Stor løsning) 23
6.3.4 Alternativ 2+ og 3+ (Middels / Stor løsning pluss) 23
6.4 Sammenligning av alternativene 23
7. Valgt alternativ 25
7.1 Håndtering av bakvann 27
7.1.1 Drenssystem 27
7.1.2 Pumpestasjoner 28
7.1.3 Sammendrag av håndtering av bakvann 29
7.2 Flomsikring ved voll 30
7.3 Landskapsarkitektonisk utforming 33
7.4 Økologi 35
7.5 Kostnadsoverslag 36
8. Virkninger av sikringstiltakene 37
8.1 Overskridelse av dimensjonerende flom 37
8.2 Konsekvenser oppstrøms og nedstrøms 37
8.3 Grunnerverv 37
8.4 Bolig-, bosettings- og utviklingsplanlegging 37
8.5 Offentlig sikkerhet og samferdsel 37
8.6 Miljø 38
8.7 Landbruk 38
8.8 Teknisk infrastruktur 38
8.9 Kabler og ledninger 38

9. Utførelse av byggearbeidet 39
10. Sammendrag og konklusjoner 40

Liste over forkortelser

BA	Byggetrinn
BØ	Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH
D	Varighet av nedbørhendelse
Fv.	Fylkesvei
IVF	Intensitet-varighet-frekvens (IVF)
MET	Meteorologisk institutt
moh	Meter over havet
m.u.t.	Meter under terreng
NGU	Norges Geologiske Undersøkelser
Rv. 7	Riksvei 7

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig for flomsikring av Nesbyen er:

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)
Region sør

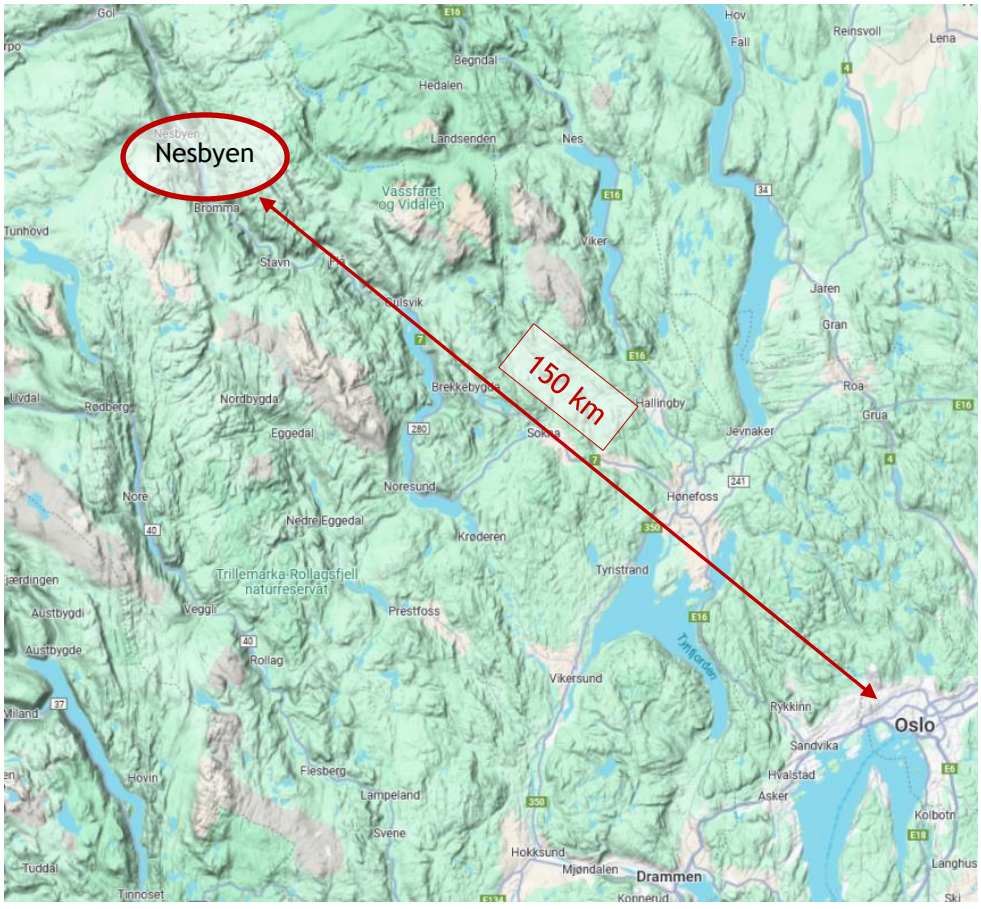
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

NVE fungerer som teknisk og kontraktsmessig kontakt for konsulentene og Nesbyen kommune, som deltar i prosjekteringsgruppa.

2. Bakgrunn og formål med prosjektet

2.1 Prosjektets beliggenhet

Nesbyen kommune ligger i Hallingdal ved samløpet mellom elvene Rukkedøla og Hallingdalselva, ca. 150 km nordøst for Oslo (Figur 2.1).



Figur 2.1: Oversiktskart med prosjektets beliggenhet (kilde: Google Maps)

2.2 Bakgrunn og formål med flomsikring

I Hallingdal kan det oppstå flommer hele året, og de største flommene kommer vanligvis i forbindelse med snøsmeltingen om våren. Store flommer kan også oppstå som følge av kraftige nedbørshendelser. Et eksempel på dette er ekstremværet "Hans" i 2023 (Figur 2.2).

I begynnelsen av august 2023 førte nedbør forårsaket av ekstremværet Hans til store skader bl.a. på Østlandet. Historiske nedbørsrekorder ble slått, noe som førte til katastrofale forhold i Skandinavia og Baltikum pga. jordskred, flom og skader på infrastruktur og eiendom.

Figur 2.2: Dronebilde av Nesbyen under flommen i august 2023 (kilde: NVE, foto: Thomas Mørch)

På bakgrunn av denne hendelsen skal Nesbyen i Hallingdal sikres mot flom. Målet med forprosjektet er å finne frem til mulige flomvolltraséer og konsepter for flomsikring av Nesbyen, og å komme frem til en egnet løsning for helhetlig flomsikring. Den best egnede flomsikringen (foretrukket, valgt alternativ) vil deretter bli anbefalt til politikerne og lagt frem fagmyndighetene til behandling. Det valgte alternativet utarbeides videre i detaljprosjekteringsfasen og vil etter godkjenning av reguleringsplanen, som utarbeides parallelt til flomsikringsprosjektet, bli fulgt opp videre mot gjennomføringsfasen.

Denne forprosjektrapporten omhandler sikring av Nesbyen sentrum mot flom i Hallingdalselva og området sør for Rukkedøla ved samløpet med Hallingdalselva. Området langs Rukkedøla, og eventuelt sikring av området nord for Rukkedøla ved samløpet, er behandlet i egen prosjektfase og er foreløpig ikke inkludert i denne rapporten.

2.3 Tidligere studier og undersøkelser

- Flomberegning, NVE: «Flomberegning for Hallingdalsvassdraget (012.CZ)», rapport nr. 8/2024
- Geotekniske undersøkelser: Geoteknisk datarapport 50517-01-R, «Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune», Romerike Geoteknikk AS, 10.10.2024
- Prøvespunting september 2024
- Notat – Vurderingsmatrise flomsikring Nesbyen, BØ 22.07.2024

2.4 Deltakere i prosjektet

På oppdrag av NVE utvikler Dr. Blasy-Dr. Øverland Ingenieure GmbH sammen med Rambøll Norge AS og deres partner Henning+Larsen for landskapskonseptet, planleggingen av flomsikringstiltak for tettstedet Nesbyen. I tillegg til NVE er representanter for aktuelle tekniske fag fra Nesbyen kommune involvert i prosjekteringsgruppa.

Siden landbruk og særlig den begrensete ressursen matjord spiller en viktig rolle i Norge, er konsulentfirmaet Sweco Norge AS involvert for vurderinger rundt konsekvenser av planlagte sikringstiltak for landbruksareal. Sweco jobber også med vurderinger rundt fagområdet natur.

Andre prosjektdeltakere, som energileverandører og veimyndigheter og deres konsulenter, blir konsultert i planleggingsprosessen ved behov.

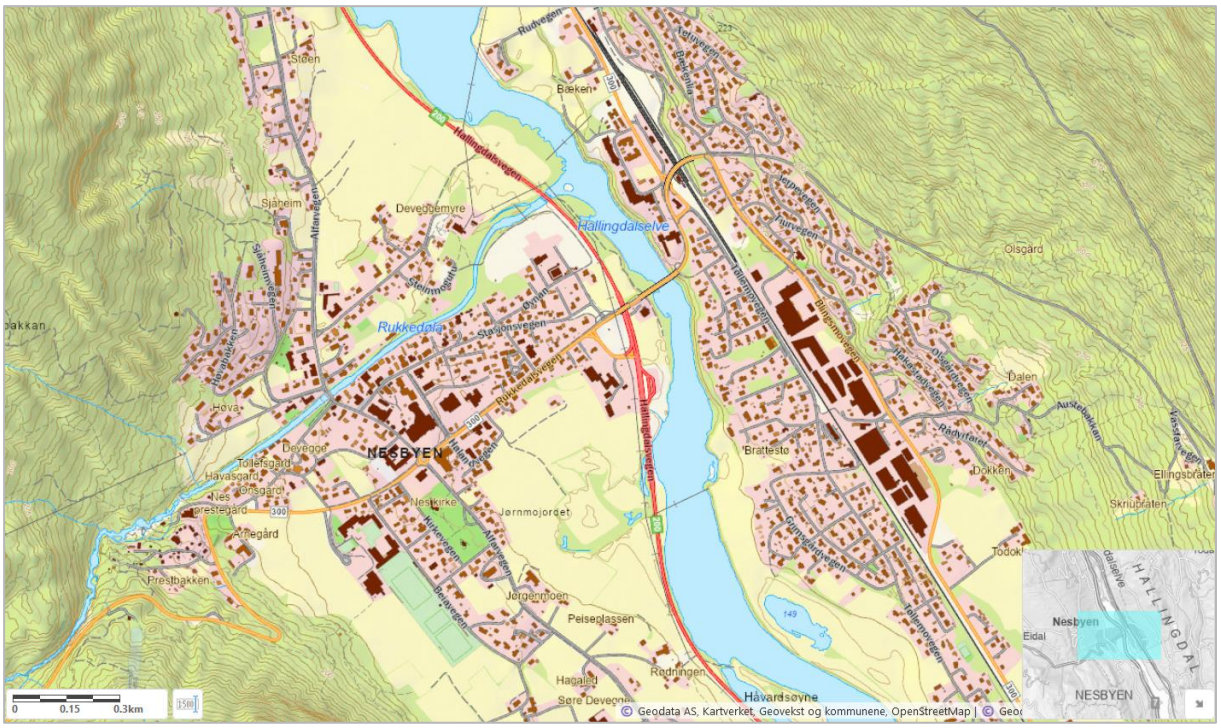
3. Datagrunnlag

Følgende dokumenter ble brukt til å utarbeide rapporten og planen:

- Digital terreng modell 17.05.2024
- Oppmålinger / drone-flygninger fra april, mai, oktober og november 2024
- Data for avløpsnettet i Nesbyen kommune, sist oppdatert 30.09.2024

4. Eksisterende forhold

Nesbyen kjennetegnes av sammenløpet av de to elvene Hallingdalselva og Rukkedøla (Figur 4.1).



Figur 4.1: Oversiktskart over Nesbyen ved samløpet mellom Hallingdalselva og Rukkedøla (kilde: NVE-Atlas)

Mens Hallingdalselva kjennetegnes ved sitt lange løp store nedbørsfelt og til dels slak elvegradient, har Rukkedøla mer karakter av et bratt, mindre vassdrag. Rukkedøla renner gjennom et juv oppstrøms Nesbyen og ned en foss før den renner forbi sentrum og ut i Hallingdalselva gjennom fire sirkulære kulverter under rv. 7. Vannstanden i Rukkedøla stiger relativt raskt under flom. I tillegg til det raske, relativt korte flomforløpet, har elva potensialet til å føre med seg trestammer og betydelige mengder løsmasser. Det er dermed fare for økt flomvannstand som følge av avlagringer og tilstopping. Masse-avsetninger under flom på strekningen fra nedstrøms Hajem bru til samløpet med Hallingdalselva er tidligere observert, sist under «Hans». Fare for avsetning og tilstopping er stor ved kulvertene under rv. 7 (Figur 4.2). Når det er store vannføringer i begge elver samtidig er konsekvensen imidlertid begrenset, siden Hallingdalselva overtopper riksveien uansett, og Rukkedøla treffer på bakvannet lengre oppstrøms. Etter «Hans» ble masseavsetningene i Rukkedøla gravd ut med mål å gjenskape nivået fra før flommen.

Figur 4.2 Rukkedøla, kulverter under riksvei 7. Foto: BØ, mai 2024.

Ettersom tiltaket ble utviklet som følge av katastrofen forårsaket av stormen Hans, er det bare begrenset med langsiktige analyser tilgjengelig. Mye av dataene ble nylig samlet inn og analysert som en del av planleggingsprosessen.

4.1 Generelt / planleggingsprinsipper

I tillegg til å oppnå sikringsformålet handler planleggingen også om å innpasse flomsikringstiltakene i bybildet og fremtidig utvikling av Nesbyen kommune. Det skal også tas hensyn til interesser i forhold til private eiendommer og bevaring av verdier. I tillegg skal det jobbe for å finne bærekraftige løsninger. Inngrep og arealbruk på privat eiendom og landbruk skal minimeres så langt mulig.

Ettersom Nesbyen er preget av turisme, må det også tas hensyn til dette behovet, og flomsikringen skal innlemmes i landskapet. Utarbeidelse av landskapskonseptet og landskapsarkitektonisk tilpasning av den tekniske løsningen gjennomføres av landskapsarkitektene i Hennig+Larsen.

Generelt er de tekniske løsningene basert på prinsippene om kostnadseffektivitet og bærekraft. Det er også viktig å utvikle en ressursbesparende løsning og å vurdere balansen mellom kostnad og nytte.

4.2 Samfunnsstruktur

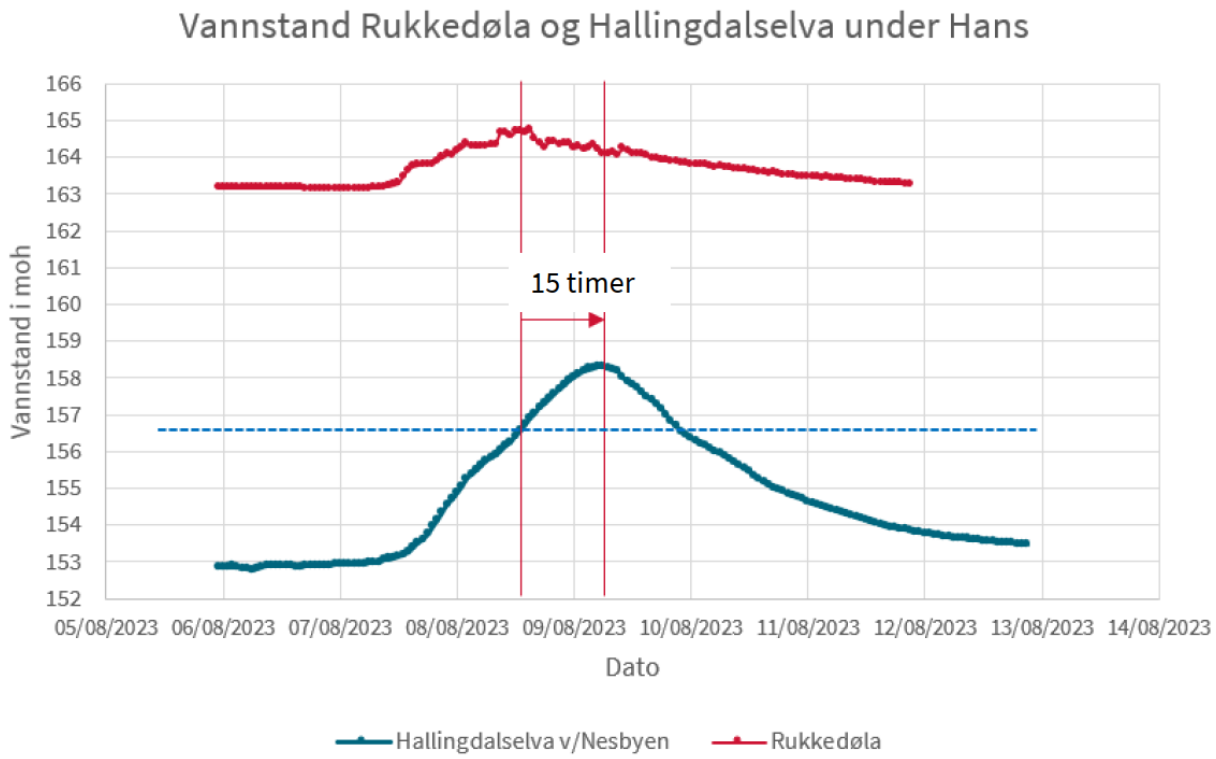
Nesbyen kommune ligger i det norske fylket Buskerud. Med 3300 innbyggere og et areal på 810 km^2 er befolkningstettheten 4 innbyggere per km^2.

Kommunen er preget av jordbruk, skogbruk og småbedrifter. En annen bærebjelke i Nesbyen er turismen, som er attraktiv for friluftsaktiviteter gjennom hele året.

4.3 Hydrologiske data

4.3.1 Hydrologi

I perioden fra 7. august til 9. august 2023 kom mellom 50 og 60 mm nedbør per døgn i et nedbørfelt på 3600 km² for Hallingdalselva og 300 km² for Rukkedøla ved Nesbyen. Samlet sett kom det mellom 90 og 160 mm nedbør i løpet av de tre dagene. Gjennomsnittlig nedbør var 127 mm i denne perioden. Flomtoppene for Rukkedøla og Hallingdalselva nådde størrelser på henholdsvis rundt 185 m³/s og 1400 m³/s, noe som tilsvarer en 100-årsflom i begge elver. Observerte vannstander ved Nesbyen vises i Figur 4.3.



Figur 4.3: Vannstand Rukkedøla og Hallingdalselva under ekstremværet Hans (kilde: NVE)

4.3.2 Flomverdier

Vassdraget, beregning av flomverdier på ulike steder i Hallingdalselva samt sidefelt, flomsituasjonen i august 2023, påvirkningen av reguleringen av vassdraget med mere er beskrevet og vurdert i detalj i NVE-rapport nr. 8/2024 "Flomberegning for Hallingdalsvassdraget (012.CZ)".

Nærmeste vannmerke ligger i Hallingdalselva ved Bergheim, ca. 15 km nedstrøms tettstedet Nesbyen. Målestasjonen 12.97 Bergheim har observert vannføring siden 1920. Vannføringskurven er vurdert av NVE til å være bra ved store vannføringer. Vassdraget har vært påvirket av vannkraftregulering siden 1941. Den største observerte flommen er den under ekstremværet «Hans» i august 2023.

Flommer forekommer typisk i månedene mai til oktober. Ofte er det flom om våren i forbindelse med snøsmelting. Men store flommer har også forekommet både om sommeren og høsten.

Flomverdier er oppsummert i Tabell 4.1. Verdiene for punktet Hallingdalselva før samløp med Rukkedøla er beregnet ved å trekke Rukkedølas flomverdier fra dem for punktet Hallingdalselva nedenfor Rukkedøla.

Tabell 4.1: Kulminasjonsvannføringer [m³/s] i Hallingdalsvassdraget for aktuelle beregningspunkter uten og med klimapåslag (kilde: NVEs flomberegning rapport 8/2024)

Uten klimapåslag	**QM**	**Q5**	**Q10**	**Q20**	**Q50**	**Q10**	**Q200**	**Q500**	**Q1000**
Rukkedøla ved Hallingdalselva	69	99	126	146	179	199	218	245	266
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	436	558	654	753	873	1160	1254	1558	1644
Hallingdalselva ved Bergheim	530	687	814	937	1095	1405	1521	1857	1966
Med klimapåslag	**QMk**	**Q5k**	**Q10k**	**Q20k**	**Q50k**	**Q10k**	**Q200k**	**Q500k**	**Q1000k**
Rukkedøla ved Hallingdalselva	86	129	152	183	214	238	262	294	319
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	541	716	850	1165	1324	1624	1733	1870	1973
Hallingdalselva ved Bergheim	656	882	1043	1394	1589	1917	2054	2228	2359

4.3.3 Samtidighet av flom og lokal nedbør

Dersom det under en flomhendelse i Hallingdalselva inntreffer en nedbørshendelse som fører til oppstuving i avløpssystemet, er drenering av overflatevann bare mulig i begrenset grad eller ikke i det hele tatt («oppdemmingshendelse»). Oversvømmelser forårsaket av tilbakeslag kan minimeres ved hjelp av tiltak for håndtering av bakvann (avledning av lekkasjevann under flomverket og overvann gjennom drenssystem og pumpestasjoner). Ved dimensjonering av anlegg for håndtering av bakvann legges det til grunn at det ikke skal skje oftere enn én gang på 200-år at avløpssystemet overbelastes som følge av lokal nedbør under en flomhendelse. Målet er å finne mengden av lokal nedbør som systemet for håndtering av bakvann skal dimensjoneres for.

Utførte analyser

Som en del av samtidighetsanalysen (se vedlegg 5) er det gjennomført omfattende ekstremstatistiske analyser på grunnlag av tilgjengelige nedbør- og vannføringsdata for årene 1925 til 2023.

Først ble den generelle forekomsten av intens nedbør analysert. Modelleringsresultatene ble sammenlignet med intensitet-varighet-frekvens-verdiene fra Meteorologisk institutt (IVF-MET-verdier). IVF-MET-verdiene, med tilhørende 95 % konfidensintervall, er et resultat av statistisk analyse av nedbørsdata for årene 1967 til 1986. Sammenligning med de oppdaterte beregningene tillater følgende konklusjoner for returperioder på 100 til 200 år:

- For korte varigheter på 10 til 20 minutter har IVF-MET-verdiene en tendens til å underestimere de faktiske intensitetene. Det oppdaterte og utvidete datagrunnlaget indikerer nedbørsverdier som kan ligge i den øvre enden av 95 % konfidensintervallene.
- For middels og lange varigheter på 30 til 720 minutter bekreftes IVF-MET-verdiene av det oppdaterte datagrunnlaget.

For det andre ble det undersøkt kun nedbørshendelser som inntraff under tidligere flommer i Hallingdalselva. På grunn av den begrensede dataserien er det stor usikkerhet i den statistiske beskrivelsen av disse hendelsene ved tilpasning av den statistiske modellen. Ekstrapolering av nedbørsmengder med 100- eller 200-års gjentaksintervall ved bruk av de justerte ekstremverdifordelingene er ikke tillatt.

En sammenligning av de empiriske fordelingene som følger (A) av hele datasettet av nedbørhendelser og (B) av nedbørhendelser som er begrenset til perioder med oppdemming, viser følgende:

- For varigheter mindre enn 60 minutter kan det antas en betydelig reduksjon i nedbørsmengden under oppdemmingshendelsene.
- Med økende varighet konvergerer de empiriske fordelingene for begge stikkprøvene; langvarig intens nedbør og flom- eller oppdemmingshendelser inntreffer samtidig.

Utledning av dimensjonerende nedbør

Basert på de presenterte resultatene kan 200-års nedbørverdier under flomhendelser estimeres som følger, avhengig av nedbørens varighet (D) (Figur 4.4):

D = 10 min og D = 20 min:

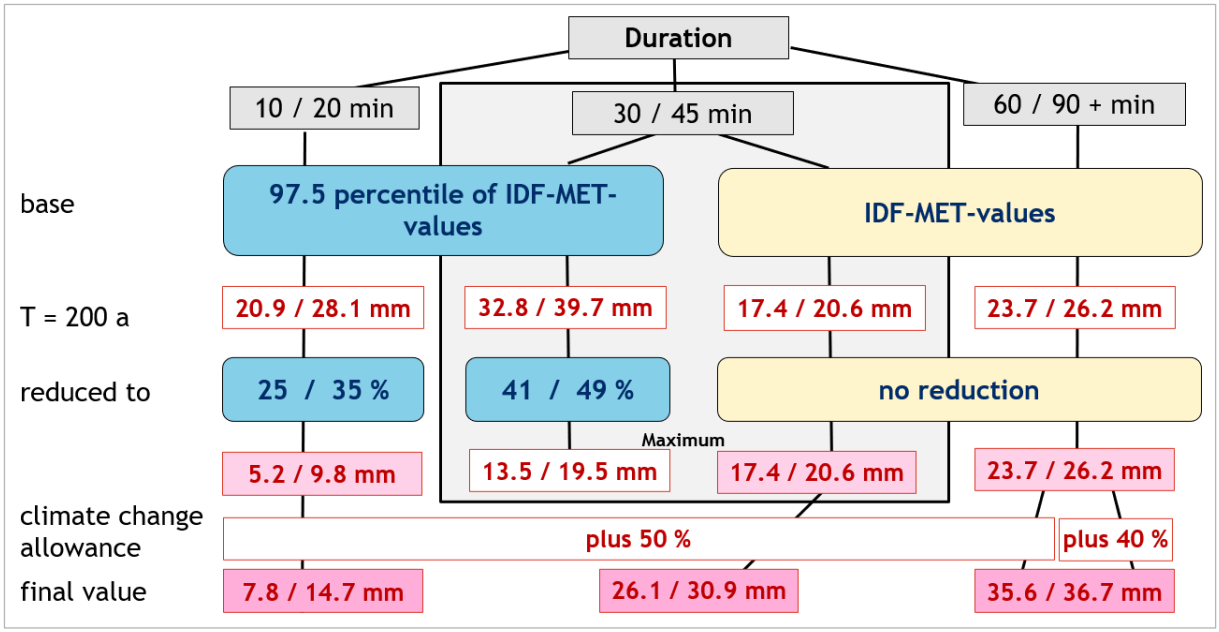
For disse varighetene kan man generelt forvente at nedbørsmengden vil nå omtrent 97,5-persentilen av IVF-MET-kurvene (henholdsvis 20,9 mm og 28,1 mm). Hvis nedbørhendelsene begrenses til periodene med oppdemming, kan man anta en reduksjon til henholdsvis 25 % og 35 % av den opprinnelige nedbørsmengden. Det betyr at 5,2 mm og 9,8 mm kan brukes som 200-årsnedbør for disse varighetene under oppdemmingshendelsener.

D = 60 min og D = 90 min (og lengre):

For disse varighetene bekrefter ekstremverdianalysene basert på utvidet datagrunnlag IVF-MET-kurvene, som beskriver den generelle forekomsten av intens nedbør. Hvis nedbørhendelsene begrenses til periodene med oppdemming, kan man imidlertid ikke lenger anta en reduksjon i nedbørsmengdene. De tilhørende empiriske fordelingene av stikkprøvene viser allerede en tilnærming av nedbørsverdiene fra et gjentaksintervall på 30 år. Det betyr at det kan antas 23,7 mm for D = 60 min og 26,2 mm for D = 90 min.

D = 30 min og D = 45 min:

For varighetene som ligger imellom velges det den maksimale nedbørsmengden som følger av resultatet for de tilstøtende varighetene. Nedbørsmengdene fra IVF-MET-kurvene på 17,4 mm (D = 30 min) og 20,6 mm (D = 45 min) benyttes her som maksimum av IVF-MET-verdiene (17,4 og 20,6 mm) og de reduserte 97,5-persentilene (13,5 og 19,5 mm).



Figur 4.4: Bestemmelse av dimensjonerende nedbør for planlegging av håndtering av bakvann ved lokal nedbør samtidig med flom i vassdraget.

Ved planlegging av sikringstiltak og infrastruktur skal nedbøren økes med et klimapåslag. Nedbør med 200-års gjentaksintervall og varighet like eller mindre enn 1 time skal økes med 50 %. For varigheter mellom 1 og 3 timer er påslaget 40 %. Dette resulterer i nedbørverdiene vist nederst i Figur 4.4, som ligger mellom 7,8 mm for D = 10 min og 36,7 mm for D = 90.

4.4 Geologiske og hydrogeologiske forhold

4.4.1 Innledning og datagrunnlag

I forbindelse med flomsikringsprosjektet ble det gjennomført feltundersøkelser for å få bedre kunnskap om de lokale geologiske og hydrogeologiske forholdene.

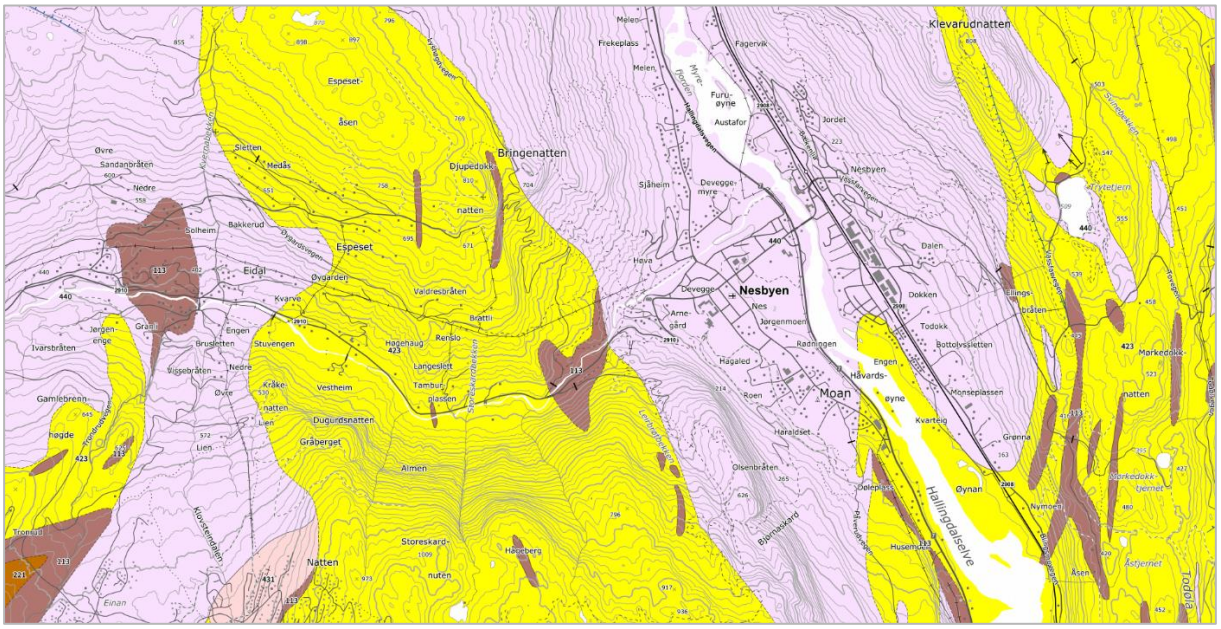
I mars 2024 ble det utført geotekniske undersøkelser ved 23 borpunkter i prosjektområdet, naveboringer til maks. 13 m dybde og totalsonderinger til maks. 15 m dybde. Det ble analysert 10 kornfordelingskurver fra prøver i seks av disse borehullene (Romerike Geoteknikk AS, vedlegg 1).

I løpet av de videre undersøkelsene mellom 25. april og 9. mai 2024 (se vedlegg 7) ble det gravd ytterligere 11 borehull ned til maksimalt 12 m under bakkenivå, som ble utbygd til grunnvannsbrønner (Brødrene Myhre AS). Ved alle målepunktene ble det utført pumpetester for å bestemme den hydrauliske permeabiliteten i undergrunnen. På grunnlag av grunnvannsmåling på en valgt dag ble det utarbeidet et kart over grunnvannsspeilet ved isolinjer for grunnvannsnivået. Målepunktene ble deretter utstyrt med dataloggere. Etter eliminering av avvik / feil med hensyn til innmålingene og referansehøydene, ble den første versjonen av kartet over grunnvannsnivået, som var basert på målingen på en valgt dag, kontrollert og korrigert noe i enkelte områder. Omfanget og resultatene av disse undersøkelsene er beskrevet i detalj i en foreløpig rapport fra etableringen av grunnvannsbrønnene og pumpetestene datert 5. juni 2024. Den følgende presentasjonen av de geologiske og hydrogeologiske forholdene i prosjektområdet er hentet fra resultatene av disse undersøkelsene.

Når det gjelder oversikt over alle borehull med mere henvises det til *Norges Geologiske Undersøkelser* (NGU) sin kartløsning på nettsiden (www.ngu.no).

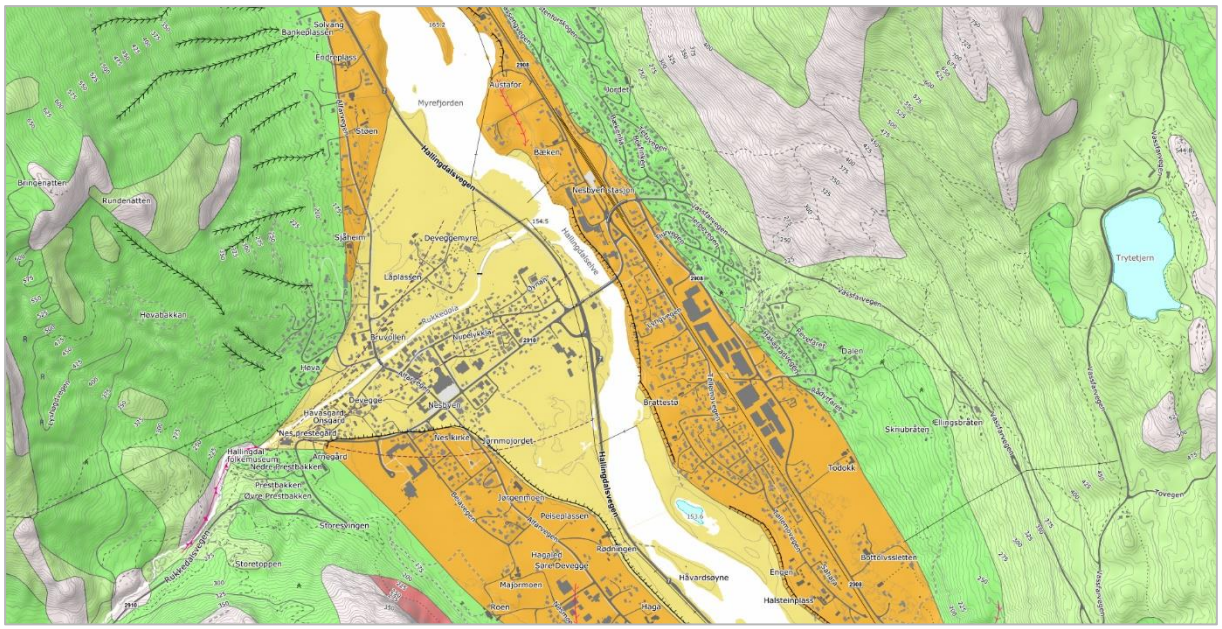
4.4.2 Geologi

Ifølge NGUs kvartærgeologiske kart er jordmassene i prosjektområdet klassifisert som elve- og bekkeavsetninger (sand og grus). Den dypere undergrunnen er dannet av bergartene i det krystallinske grunnfjellet (Figur 4.5). Berggrunnen i området ved Rukkedølas elvevifte består av migmatitter (signatur: 440; rosa). I vest er det kvartsitter (signatur 423; gul) og små områder med gabbro (signatur: 113; brun) i dalsøkket i Rukkedøla.



Figur 4.5: Berggrunnkart i prosjektområdet (kilde: www.ngu.no)

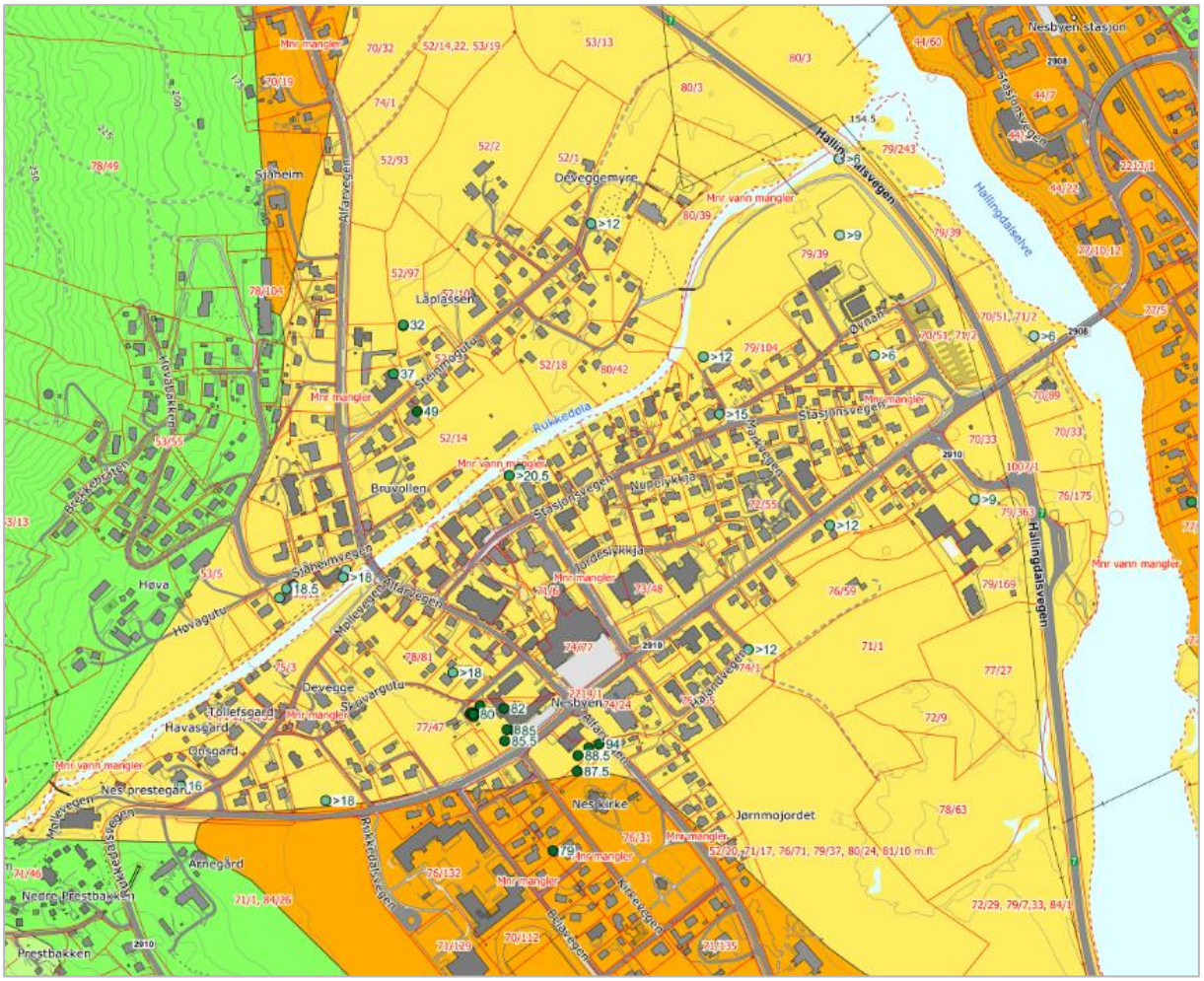
Berggrunnen er overlagret av kvartære sedimenter (Figur 4.6, løsmasser). I dalbunnen i Hallingdalselva er dette hovedsakelig glasifluviale avsetninger (signatur: 20; oransje). Den alluviale viften der Rukkedøla renner ut i Hallingdalen er bygd opp av fluviale avsetninger (signatur: 50; gul). Begge sider av Hallingdalen er dekket av moreneavsetninger (signatur: 11; grønn).



Figur 4.6: Løsmassekart (kilde: www.ngu.no)

Løsmassedekket er flere titalls meter tykt. Berg ble ikke nådd i noen av borehullene.

Figur 4.7 viser borpunktene med dyp til fjell i det undersøkte området. I ingen av borehullene som er boret inntil i dag (< 20 m maks. dyp) er det truffet på fjell. Sørvest for den store rundkjøringen på Rukkedalsveien vises flere borehull med dybde til berg på ca. 80 til 85 m under bakkenivå. Dette er borehull for energibrønner med boredybder på opptil ca. 260 m under bakken.

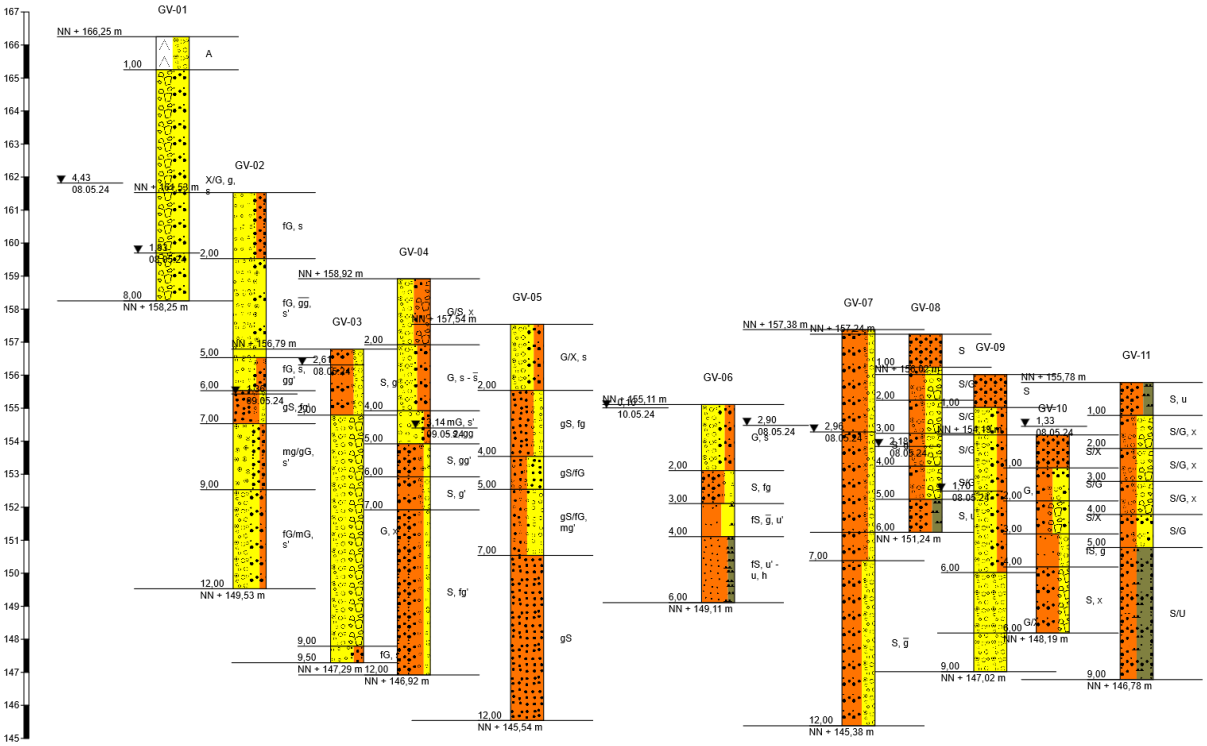


Figur 4.7: Oversiktskart fra nasjonal grunnvannsdatabase GRANADA, borehull med dyp til fjell [m] (kilde: www.ngu.no)

4.4.3 Borprofiler

Figur 4.8 viser et geologisk profil av de sedimentære dekklagene opp til ca. 12 m under bakkenivå basert på grunnvannsbrønnene boret om våren 2024.

Den ujevne vekslingen mellom sanddominerte (signatur: sand; oransje) og grus- og steindominerte profiler (signatur: grus; gul) er synlig. Noen borehull viser små til større kohesive andeler (signatur: silt; oliven-grønn).



Figur 4.8: Borehullprofiler i prosjektområdet, profil i retning sør-vest til nord-øst.

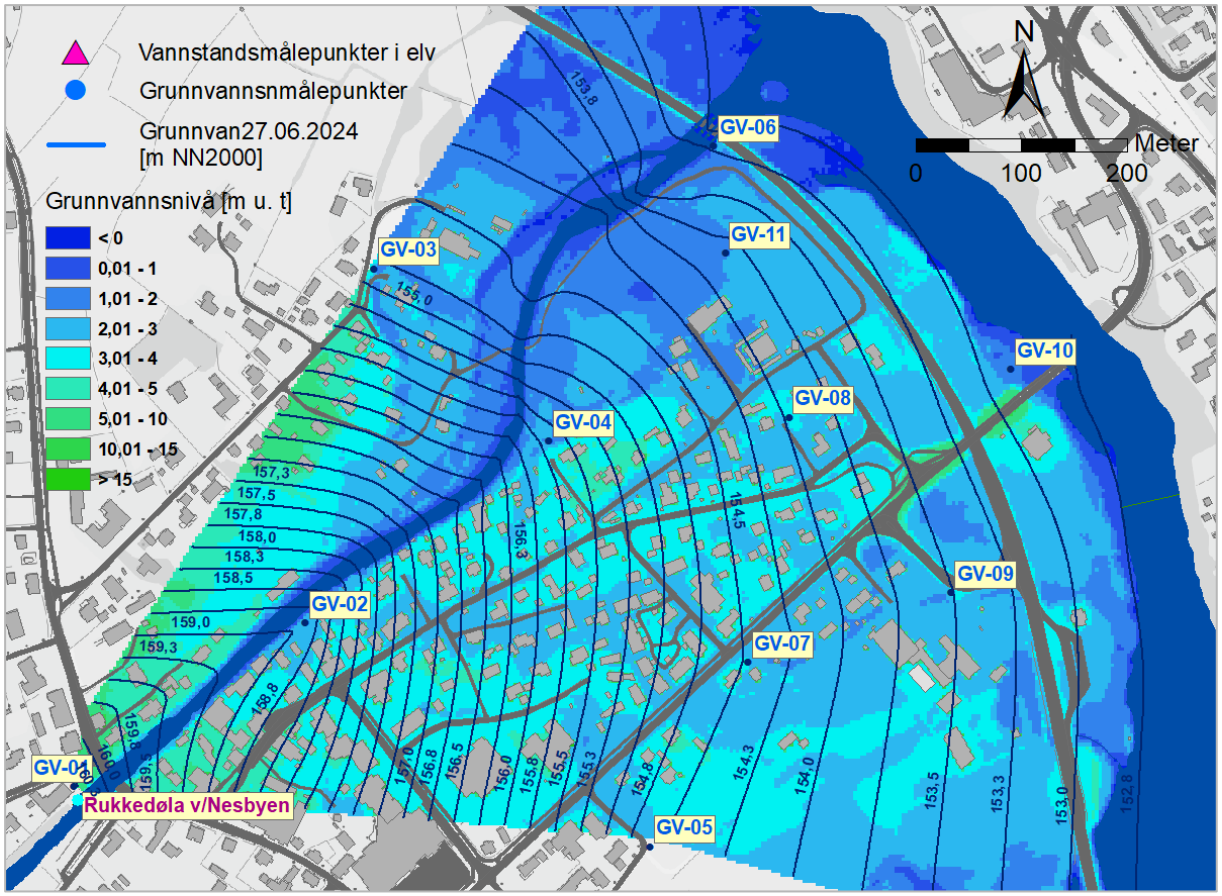
4.4.4 Hydrogeologi

Figur 4.9 viser grunnvannsnivåene per 27. juni 2024 og tilhørende grunnvannsavstand, dvs. avstanden mellom grunnvannsspeil og bakkenivå i meter under terreng (m.u.t.).

Grunnvannsnivåene målt i grunnvannsbrønnene ble interpolert over prosjektområdet. Kantene av dette området er oppstrøms bestemt av målepunkt GV01, og nedstrøms av målepunkter GV03 og GV05 samt Hallingdalselva.

Avstand til grunnvannsspeilet

Grunnvannsavstanden er stort sett mellom ca. 2 og 4 m i det bebygde området. Ved utløpet av Rukkedøla synker den til < 1 m. På grunn av det betydelig høyere terrenget mellom GV02 og GV01 øker grunnvannsavstanden til over 5 m.



Figur 4.9: Grunnvannsnivå (isolinjer, moh) og grunnvannsavstand, dvs. avstanden mellom grunnvannsspeil og bakkenivå [m.u.t.]

Grunnvannets strømningsretning

Grunnvannets strømningsretning samsvarer med helningen til Rukkedølas elvevifte og er i retning fra den trange utgangen av Rukkedalen mot nordøst til øst, til Hallingdalselva som mottar vann.

Grunnvannsgradient

Gradienten av grunnvannet er naturlig nok større i den øvre delen av elveviften, rundt 8 ‰, og mindre mot resipienten Hallingdalselva, rundt 2 ‰.

Grunnvannets tykkelse og grunnvannsbasis

Den faktiske grunnvannstykkelsen er ikke kjent på grunn av manglende data om grunnvannsbasis (øvre kant av tett lag, dvs. øvre kant av berggrunnen).

Boringene under grunnundersøkelsene ned til maksimalt 20 m under bakkenivå har vist småskala varierende lag av finkornet (fin sand) til svært grovkornet (steinet grus) materiale. I noen borehull (GV06, -08, -11) ble det også påtruffet kohesive partier (silt, leire). Det er imidlertid ingen tegn på et tett lag i det sedimentære dekklaget som ville fungere som grunnvannsbasis.

Hydrauliske parametere av undergrunnen

Hydraulisk permeabilitet

Den hydrauliske permeabiliteten ble bestemt ved hjelp av pumpetester på de 11 nyetablerte grunnvannsbrønnene (se vedlegg 7). Den gjennomsnittlige k_f-verdien er på ca. 7,3 x 10^{-04} m/s. Beregningen av k_f-verdien basert på kornfordelingsanalysene gir en noe lavere verdi på 3,7 x 10^{-04} m/s.

Porøsitet

Erfaringsmessig har grusholdig sand med en k_f-verdi på ca. 5 x 10^{-04} m/s en porøsitet på rundt 25 %.

4.5 Spesifikasjoner for hydraulisk dimensjonering

4.5.1 Dimensjonerende vannføringer

Dimensjonerende flomvannføring for sikringstiltakene i henhold til TEK 17 er 200-årsflom med klimapåslag (Tabell 4.2). I Rukkedøla ved Nesbyen og i Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla tilsvarer dette en vannføring på henholdsvis 262 m³/s og 1733 m³/s. Klimapåslaget er 20 %, med unntak av noen sidevassdrag som har 40 %.

Tabell 4.2: Kulminasjonsvannføringer med gjentaksintervall på 200 år og klimapåslag (kilde: NVEs flomberegning rapport 8/2024)

Vassdrag	Q200k [m³/s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	262
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	1733

4.5.2 Fribord

Fribordet er definert som den vertikale avstanden mellom dimensjonerende flomvannstand og den dimensjonerende høyden på sikringsanleggene. For sikringsanleggene på Nesbyen er standard fribord satt til 0,5 m og tilsvarer internasjonal standard, men tar ikke hensyn til ytterligere sikkerhetsmargin knyttet til vind eller bølger.

4.5.3 Massetransport, erosjon og avsetninger

Flommen i august 2023 viste at Rukkedøla fører med seg masser og trestammer under store flommer. Avlagringer og tilstopping eller blokkering kan føre til oppstuving og økt vannstand, og dermed til større skader. Masseavsetninger under flom på strekningen fra nedstrøms Hajem bru til samløpet med Hallingdalselva er tidligere observert, sist under «Hans». I tillegg ble gangbrua over Rukkedøla ved fossen oppstrøms sentrum ødelagt, og grunnmurer til bygninger nær elvekanten oppstrøms Hajem bru ble skadet.

For å minimere eller utelukke skader som følge av blokkering ved død vegetasjon, trestammer og lignende, vurderes det etablering av en sperre for trestammer oppstrøms i Rukkedøla, i området oppstrøms juvet før elva krysser fylkesveien (fv. 2910). I tillegg må det tas hensyn til potensialet for erosjon langs Rukkedølas bredd, transport av masser forbi Hajem bru, avlagring av masser og håndtering av disse på nedre strekning av Rukkedøla og spesielt der elvegradienten blir mindre og der elva treffer bakvannet fra Hallingdalselva, og stabilisering av elvebunnen på utsatte steder. BØ kjører hydrauliske beregninger for Rukkedøla for å finne en god løsning for utfordringene i Rukkedøla. Disse

analysene og planlegging av tilhørende tiltak gjennomføres i en separat del av prosjektet og presenteres ikke her.

4.6 Verneområder

Det er ingen utpekte verneområder i planområdet. Naturmangfold, fauna og flora er vurdert i et eget delprosjekt i forbindelse med reguleringsplanprosessen. Det henvises til dokumentene utarbeidet i dette delprosjektet.

I den videre planleggingen av sikringstiltakene på Nesflata tas det hensyn til resultatene i forhold til miljøkonsekvenser og eventuelle behov for kompenserende tiltak.

4.7 Landbruk

Jordbruksarealer er av særlig stor betydning i Norge. På grunn av topografi og lokale forhold er dyrkbar jord i Nesbyen kommune begrenset. Derfor er det viktig å minimere inngrep på landbruksareal.

Konsekvenser av sikringstiltakene for landbruk er vurdert i et eget delprosjekt. Det henvises til dokumentene utarbeidet i dette delprosjektet.

4.8 Eksisterende flomsikring

Nesbyen kommune har hittil ikke hatt noen omfattende flomsikring. Langs Rukkedøla finnes det sikringsmurer langs den sørlige elvekanten på korte strekninger, som til dels er i dårlig tilstand. I enkelte tilfeller har private huseiere opprettet sikring av sine eiendommer. Disse tiltakene virker imidlertid kun ved små til middels store flommer.

I 2014 ble det ferdigstilt «flomparken» oppstrøms Hajem bru. I tillegg til rehabilitering av terskelen ble det bygd et parkareal med sikringsmurer langs sidene.

Kommunen har et organisatorisk flomsikringstiltak ved Hajem bru som settes opp når en storflom er varslet. Det brukes betongelementer i kombinasjon med tetningsduk. Under «Hans» sørget dette tiltaket for at større skader i området rundt brua ble unngått.

4.9 Infrastruktur for forsyning

I den nordlige delen av Nesbyen ligger transformatorstasjonen til Hallingdal Kraftnett, som nylig ble omdøpt til Føie, med tilhørende lavspentledninger.

4.10 Infrastruktur for samferdsel

I prosjektområdet finnes transportanlegg av overregional betydning. Nesbyen kommune ligger ved rv. 7, som går mellom Hardangerbrua over Eidfjorden til Hønefoss. Denne viktige veiforbindelsen blir etter dialog med veimyndigheten eventuelt kombinert med flomsikringstiltak på Nesflata.

I tillegg krysser fv. 2908 Hallingdalselva øst for Nesbyen sentrum. Denne veien er forbindelsen mellom Nesbyen sentrum / Rukkedalen og østsiden av Nesbyen på andre siden av Hallingdalselva.

4.11 Kabler, ledninger og teknisk infrastruktur

Det finnes flere typer kabler og ledninger i prosjektområdet. Noen av disse krysser eller går langs traséen til det planlagte flomverket.

Det ble bedt om følgende kabler og ledninger for å sjekke om det var konflikter med det planlagte flomverket:

- Drikkevann
- Spillvann
- Overvann
- Elektrisitet

I 2024 ble det bygd ferdig en pumpestasjon for spillvann («Qvisten» pumpestasjon) mellom Rukkedalsveien /Stasjonsveien, rv. 7 og avkjøringen fra rv. 7, som pumper avløpsvann fra både tettstedet og hyttefeltet oppe på fjellet til det nye renseanlegget lengre sør i dalen.

Data for telefon / fiber er ikke tilgjengelige.

5. Hydraulisk modell og hovedfunn

5.1 Hydraulisk modellering

Det ble satt opp en todimensjonal hydraulisk modell for hovedelva Hallingdalselva og sideelva Rukkedøla, med formål beregning av vannstandskoter og flomutbredelse ved dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene (se vedlegg 3). Resultatene danner grunnlaget for fastsetting av høyden og plassering av flomvollen som er planlagt på Nesflata.

I den hydrauliske analysen er det lagt vekt på Hallingdalselva og flomvollen på Nesflata. Rukkedøla er modellert og sikring av strekningen forbi Nesbyen sentrum er forutsatt for situasjonen etter tiltak, men resultatene for sideelva lengre opp enn Nesflata er ikke del av analysen i denne fasen av prosjektet.

Resultater for dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene, 200-årsflom med klimapåslag, er presentert for situasjonen før og etter tiltak. Andre scenarier, blant annet flere flomverdier og kombinasjoner av flom med ulike gjentaksintervall i henholdsvis Hallingdalselva og Rukkedøla, er beregnet av NVE og er presentert i egen rapport.

5.2 Resultater for dimensjonerende vannføring

For situasjonen før tiltak på Nesflata og langs Rukkedøla er store deler av Nesflata og Nesbyen sentrum under vann ved 200-årsflom med klimapåslag.

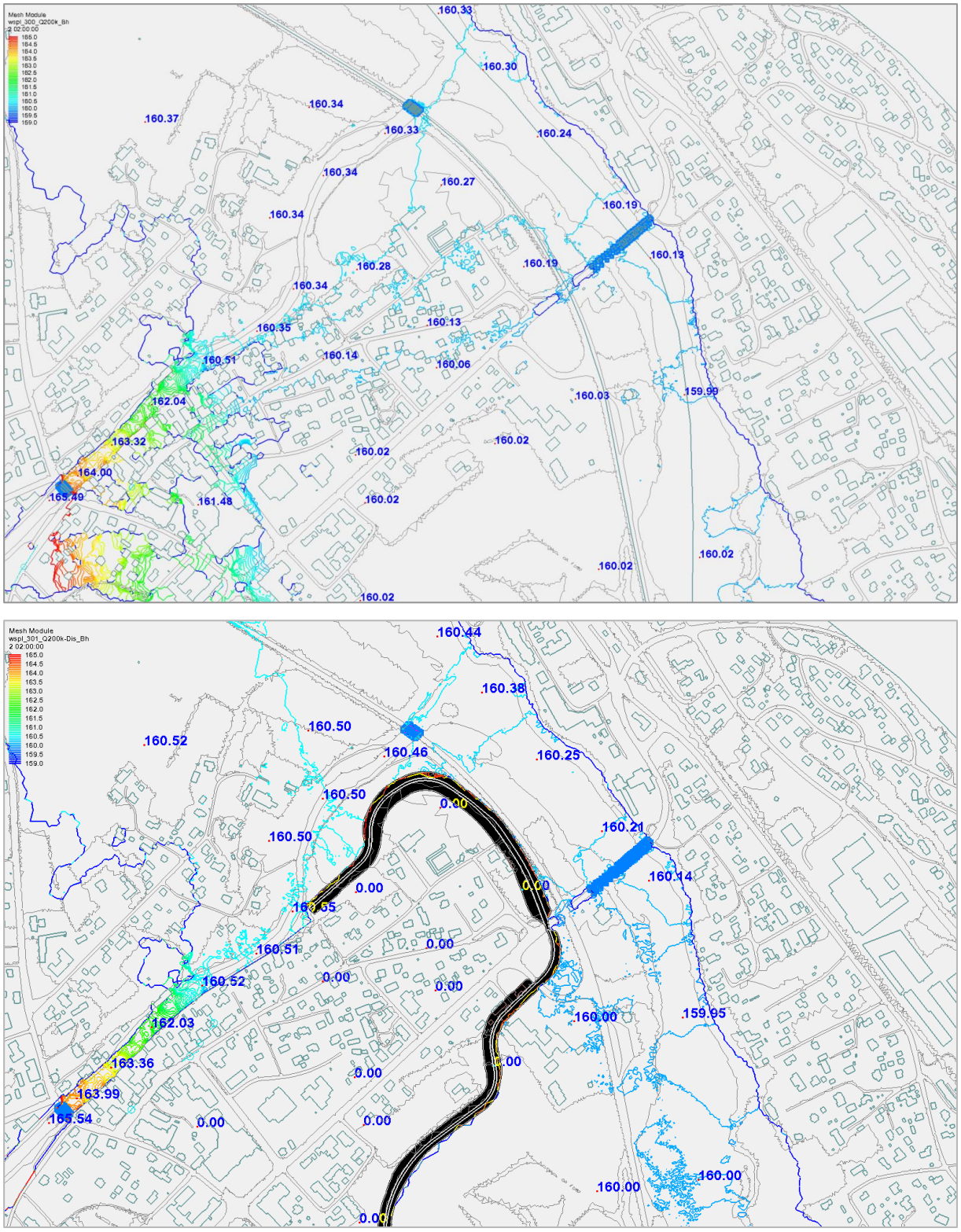
For situasjonen før tiltak strekker vannstandene langs Hallingdalselva seg fra 160,00 moh sør for Rukkedalsveien og nedstrøms Stasjonsbrua til 160,35 moh ved Steinmogutu og på stedet der Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva vest for markedsplassen (Figur 5.1).

For situasjonen etter tiltak varierer vannstander langs Hallingdalselva mellom 160,00 moh sør for Rukkedalsveien og nedstrøms Stasjonsbrua, 160,50 moh ved Steinmogutu og 160,55 moh hvor Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva. Det betyr at vannstander og vanndybder øker oppstrøms Stasjonsbrua som følge av tiltakene, med 15 cm ved Steinmogutu og med 20 cm hvor Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva. Nedstrøms Rukkedalsveien og Stasjonsbrua ligger vannstanden uforandret på 160,00 moh.

Innsnevringen av flomslettens tverrsnitt gjennom sikringstiltakene gir høyere strømningshastigheter. I Hallingdalselva øker hastigheter rundt Stasjonsbrua med ca. 0,4 m/s, og modellresultatene viser hastigheter opptil 2,6 m/s. Ved samløpet med Rukkedøla øker hastigheter med 0,6 m/s. Den største økningen opptil 1 m/s, på enkelte steder en økning på 2 m/s, finnes oppstrøms samløpet, på nederste strekning av Rukkedøla.

Rundt bebyggelsen på Steinmogutu, rundt supermarkedet og bensinstasjonen, og på Jørgenmojordet er strømningshastigheter opptil 0,3 m/s lavere enn før tiltak. På Jørgenmojordet er det stående vann.

Resultatene samt modellen er beskrevet nærmere i vedlegg 3.



Figur 5.1: Vannspeil ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før (øverst) og etter tiltak (nederst); vannstandskuver med ekvidistanse på 0,1 m; på utvalgte punkter er vannstandskoter [moh] skrevet på; plassering av planlagt flomvoll på Nesflata i svart.

6. Undersøkelse av ulike alternativer for flomsikring

6.1 Generelt

Målet med de planlagte tiltakene er å sikre bebygde områder i Nesbyen sentrum og å Nesflata mot 200-årsflom med klimapåslag. På grunn av størrelsen på nedbørfeltet og flomverdiene i Hallingdalselva, beliggenhet av prosjektområdet, og hydrauliske forhold i Hallingdalselva er det ikke teknisk eller økonomisk gjennomførbart med en løsning som reduserer flomtoppen ved Nesbyen vesentlig, for eksempel gjennom fordrøyningsmagasin, desentraliserte fordrøyningsarealer eller utvidelse av elvetverrsnittet nedstrøms. NVE har undersøkt og dokumentert slike tiltak, bl.a. i sin mulighetsstudie. Derfor undersøkes det i dette prosjektet lokale flomsikringstiltak

Flomfaren utgår fra vannføringen i de to elvene Hallingdalselva og Rukkedøla. I området hvor Rukkedøla munner ut i Hallingdalselva og hvor elva krysser rv. 7 gjennom fire sirkulære kulverter med diameter på ca. 3,6 m, er det en bakvannseffekt ved samtidig flom i elvene. Ved dimensjonerende flom er rv. 7 under vann og kulvertene er dukket. Bakvannet fra Hallingdalselva strekker seg rundt 350 m oppover i Rukkedøla.

Sammen med flommen må det tas hensyn til grunnvannsstigning over bakkenivå i områder på luftsiden av det planlagte flomverket, med bakgrunn i infiltrasjon av flomvann i permeabel grunn. Det er også fare for tilbakeslag i overvanns- og avløpsnettet ved en intens lokal nedbør samtidig med flom i vassdraget (se kapittel 4.3.3).

6.2 Delprosjekter for planlegging av tiltak

Planleggingen av flomsikringen i Nesbyen er delt inn i ulike prosjekteringsfaser- og trinn og bearbeides derfor også i ulike perioder.

6.2.1 Hallingdalselva, sikring av Nesflata

Delprosjektet med høyest prioritet tar hensyn til området mellom Rukkedøla og Hallingdalselva, og omfatter sikring av Nesflata sør for Rukkedøla mot flom i Hallingdalselva. I dette området ligger de fleste eiendommene som ble oversvømt og skadet under flommen i august 2023. Dette trinnet er hovedinnholdet i denne forprosjektrapporten.

6.2.2 Rukkedøla

Delprosjektet bearbeides parallelt til sikring av Nesflata, men prosessen er lagt opp slik at prosjektering av tiltak i og langs Rukkedøla ligger noe bak den for sikring av Nesflata. Tiltakene for sikring mot flom i Rukkedøla kombineres med tiltakene på Nesflata til et samlet sikringskonsept i løpet av prosjektet. For sikring Rukkedøla gjenstår det avslutning av de hydrauliske analysene og prosjektering av tiltak inklusive bl.a. følgende avklaringer:

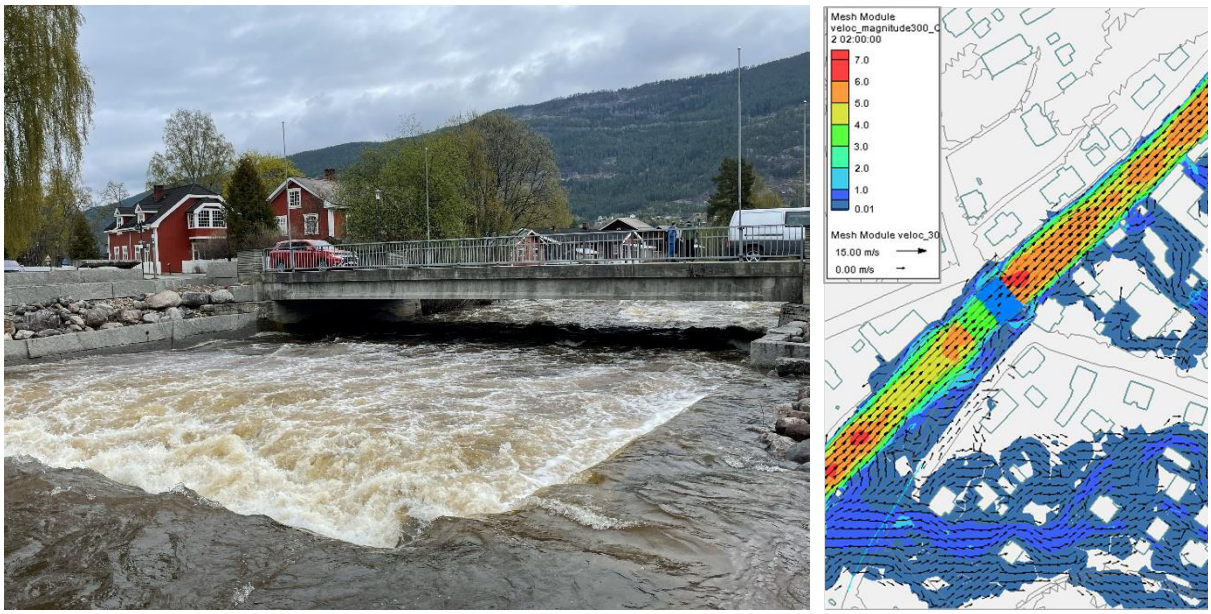
- Profil ved Hajem bru, eventuell ny plassering av utvidet profil
- Prosjektering av utvidet elveprofil nedstrøms Hajem bru
- Behov og omfang av bunnsikring
- Prosjektering av sidesikring, flomsikring samt erosjonssikring langs sørlige elvebredd, og ev. erosjonssikring langs deler av nordlige bredd
- Avklaring av konflikter ift. eksisterende bygninger nær elva
- Lekkasjevannmengder, behov for drenssystem og tetning av undergrunnen
- Vurdering av alternativer, valg av byggemetode

Supplerende merknad:

Bygging av flomvoll er vanligvis mer kostnadseffektiv enn bygging av flommur. Dette alternativet er imidlertid mer eller mindre uaktuelt med bakgrunn i forutsetningene og utfordringene langs Rukkedøla. Høyden på konstruksjonen sammen med begrenset plass som følge av eiendommer nær og til dels helt inn til elvekanten, ugunstige terrengforhold og behov for grunnerverv gjør det svært vanskelig å bygge en flomvoll som sikringstiltak langs Rukkedøla.

6.2.3 Bru over Rukkedøla – Hajem bru

Dette delprosjektet går parallelt til sikring av Rukkedøla. Nybygg av brua eller eventuell heving av eksisterende bru behandles i egen prosjektdel og omtales ikke nærmere her. Figur 6.1 viser Hajem bru fra flomparken rett oppstrøms.



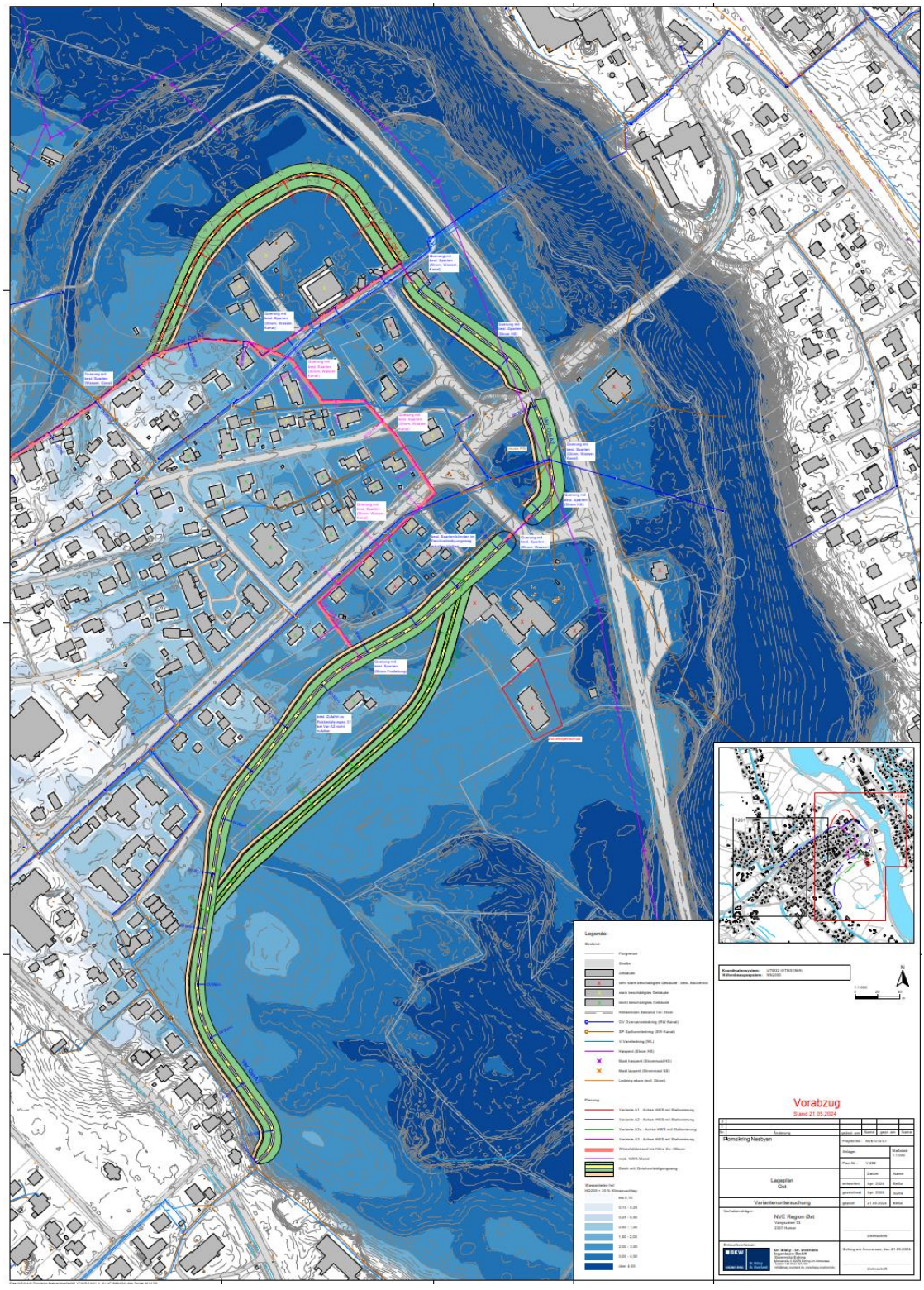
Figur 6.1: Terskel i flomparken oppstrøms Hajem Bru (venstre, foto: BØ, mai 2024), utsnitt av hydraulisk beregning (høyre)

6.2.4 Rukkedøla oppstrøms

Delprosjektet omfatter prosjektering av en mulig sperre for å fange og fjerne trestammer og død vegetasjon fra Rukkedøla i området oppstrøms juvet før elva krysser fv. 2910. Den kommer i en seinere fase av flomsikringsprosjektet.

6.3 Beskrivelse av alternative traséer for sikring av Nesflata

I løpet av forprosjektet ble det vurdert i hovedsaken tre flomvolltraséer (Figur 6.2). Utfra disse ble det utarbeidet et foretrukket alternativ som vil bli detaljprosjektert i neste fase av flomsikringsprosjektet.



Figur 6.2: Oversikt over vurderte alternativer

Utgangspunktet for alternativene som ble vurdert var skadene som flommen i 2023 førte med seg. I tillegg til «Alternativ 1 - liten løsning», ble det vurdert to andre alternativer: «Alternativ 2 - middels løsning» skiller seg fra alternativ 3 ved at markedsplassen og enkelte bygninger ikke er sikret. «Alternativ 3 - stor løsning» er tilnærmet full sikring for området sør for Rukkedøla. For alternativ 2 og 3 ble også alternativene 2+ og 3+ vurdert, som ligger lengre ut på jordet, men gir Nesbyen kommune arealer for mulig stedsutvikling.

6.3.1 Alternativ 1 (Liten løsning)

Den lille løsningen er utformet som et minimalt alternativ med sikring ved en mur gjennom boligfeltet. Denne løsningen utelukker flere hus fra flomsikring. I tillegg er dette alternativet teknisk mer krevende og innebærer enkelte utfordringer, som for eksempel integrering av hele systemet for håndtering av bakvann og avløpssystemet, egnet plassering av pumpestasjonene og kryssinger av veier med behov for bruk av organisatoriske tiltak. En fordel med flomverket utformet som mur er reduksjon av arealbruk samt kostnader for drift- og vedlikehold, og lavere sannsynlighet for svikt.

6.3.2 Alternativ 2 (Middels løsning)

Den midlere løsningen er en kombinasjon av flommur langs Oynan mot rv. 7 og flomvoll derfra langs rv. 7 og sørover. I likhet med alternativ 1 utformes dette alternative som mur i tettstedet og byr på tilsvarende utfordringer som nevnt ovenfor.

6.3.3 Alternativ 3 (Stor løsning)

Den store løsningen svinger lenger nord mot Rukkedøla slik at den sikrer markedsplassen og omtrent følger dagens gjerde langs rv. 7. Dette alternativet har sikring med flomvoll på hele strekningen. Det er tilstrekkelig med plass for plassering av pumpestasjoner og for omlegging og tilkobling av avløpssystemet. Ulemper med alternativet er høyere arealbruk og fjerning av trær / vegetasjon langs Rukkedøla.

6.3.4 Alternativ 2+ og 3+ (Middels / Stor løsning pluss)

Pluss-løsningen innebærer at flomverket flyttes lenger sør-øst ut på landbruksarealet Jørgenmojordet. Dette vil gi Nesbyen kommune rom for stedsutvikling, og et enkeltstående hus ligger innenfor flomverket. Denne utvidelsen er vurdert å ha ingen betydning for kostnadene og den tekniske gjennomførbarheten og har både fordeler og ulemper i forhold til landbruk og landskap (arealbeslag vs. fragmentering, avstand til eksisterende bebyggelse, innpasning i landskapsbildet).

6.4 Sammenligning av alternativene

Følgende kriterier ble tatt i betraktning ved valg blant alternativer:

- Flomareal / områder som skal sikres mot flom, antall sikrede bygninger
- Sikkerhet og drift- og vedlikehold, inkludert adkomst
- Teknisk gjennomførbarhet
- Påvirkning av eksisterende infrastruktur og avløpssystemet
- Drift og vedlikehold
- Tap av privat eiendom
- Tap av dyrkbar jord
- Utviklingsmuligheter for Nesbyen kommune

- Miljøaspekter og bevaring av trær
- Økonomiske konsekvenser (kostnader) ift. bygging og drift av sikringsanlegget
- Nytte-kost

Valget av anbefalt flomvolltrasé ble basert på en matrise med ulike kriterier og vekting av disse (Figur 6.3). Fremgangsmåten for å lage matrisen og resultatet av prosessen er beskrevet i notatet i vedlegg 2.

Sammenligning av forskjellige alternativer og kombinasjoner av alternativer ved hjelp av vurderingsmatrise

Flomverk, dvs. flomvoll og -mur med tilhørende anlegg som pumpestasjoner; kun sikring mot Hallingdalselva, sikring langs Rukkedøla ikke vurdert

Skalaen av verdipoengene går fra 1 poeng (=dårlig) til 5 poeng (=bra). Minst 1 alternativ får 5 poeng.
Antall poeng "Vektede poeng" beregnes som følger: verdipoeng * vekting [-]*10.

	Kriterie / påvirkning	Enhet	Vekting	Maks. verdier		Alternativ 1 Liten løsning			Alternativ 2 Middels løsning			Alternativ 3 Stor løsning			Alternativ 2+ Middels løsning pluss			Alternativ 3+ Stor løsning pluss		
				Maks. poeng	Maks. vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng
	Lønnsomhet, prissatte virkninger		**30%**																	
1	Nytte (unngåtte skader gjennom sikring)	mill. kr	30%	5	15	360	1	3.00	412	3.4	10.08	442	4.7	13.98	420	3.7	11.10	449	5	15.00
	Kostnader (investering) - uten vekt, inngår i trinn 2	mill. kr	-			130			120			110			120			110		
	Vassdragstekniske momenter		**15%**																	
2	Grunnforhold (geoteknikk, egnethet, permeabilitet o.l.)		2.1%	5	1.1		5	1.07		5	1.07		4.5	0.96		5	1.07		4.5	0.96
3	Påvirkning på grunnvannet		2.1%	5	1.1		5	1.07		5	1.07		5	1.07		5	1.07		5	1.07
4	Drenering (drensrør, overvann, pumpestasjoner, tetning)		2.1%	5	1.1		5	1.07		4.5	0.96		3.5	0.75		4.5	0.96		3.5	0.75
5	Hydraulisk virkning (konsekvenser av flomverket på andre steder)		2.1%	5	1.1		5	1.07		5	1.07		4.5	0.96		5	1.07		4.5	0.96
6	Tilgang inkl. anleggsperioden, drifts- og beredskapsvei		2.1%	5	1.1		3	0.64		5	1.07		5	1.07		5	1.07		5	1.07
7	Drift og vedlikehold		2.1%	5	1.1		4	0.86		4	0.86		5	1.07		5	1.07		5	1.07
8	Bruk av administrative flomtiltak (mobile elementer o.l.)		2.1%	5	1.1		4	0.86		4	0.86		5	1.07		5	1.07		5	1.07
	Påvirkning på infrastruktur		**5%**																	
9	Veisystem, samferdsel		2.5%	5	1.3		4	1.00		4.5	1.13		5	1.25		4.5	1.13		5	1.25
10	Omlegging av kabler, ledninger o.l. infrastruktur		2.5%	5	1.3		4	1.00		4	1.00		5	1.25		4	1.00		5	1.25
	Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark		**10%**																	
11	Tap av matjord / dyrket mark		5.0%	5	2.5		5	2.50		4	2.00		3.5	1.75		2	1.00		1.5	0.75
12	Inngrep i viktige habitater eller naturtyper		1.7%	5	0.8		5	0.83		5	0.83		4.8	0.80		5	0.83		4.8	0.80
13	Arealbeslag av flomverk (permeabel flate)		1.7%	5	0.8		5	0.83		5	0.83		4.8	0.80		5	0.83		4.8	0.80
14	Tap av trær, inngrep i kantvegetasjon		1.7%	5	0.8		5	0.83		5	0.83		5	0.83		5	0.83		5	0.83
	Påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner		**40%**																	
15	Inngrep i landskap (by- og landskapsbilde)		9.8%	5	4.9		3	2.93		4.5	4.39		5	4.88		4.5	4.39		5	4.88
16	Inngrep i kulturarv (kulturminner, fredete bygninger o.l.)		9.8%	5	4.9		5	4.88		5	4.88		5	4.88		5	4.88		5	4.88
17	Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på bomiljø		9.8%	5	4.9		2	1.95		3.8	3.71		4	3.90		4.8	4.68		5	4.88
18	Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på rekreasjon og friluftsliv		9.8%	5	4.9		2	1.95		4.5	4.39		5	4.88		4.5	4.39		5	4.88
19	Påvirkning på bomiljøet i anleggsperioden (støy, luftkvalitet, trafikk)		1.0%	5	0.5		2	0.20		4.5	0.45		5	0.50		4.5	0.45		5	0.50
	Sum		100%	95	50	-	74	**28.54**	-	85.66	**41.47**	-	89.26	**46.65**	-	87	**42.90**	-	88.6	**47.65**

Forutsatt:
A 1 er også flomvoll
A 1 tilknyttes kryss Stasjonsveien/Rukkedalsveien, uten 3 ledningskryssinger
A 1 skiller seg gjennom at Qvisten pumpestasjon ligger utenfor sikringen

Figur 6.3: Vurderingsmatrise for sammenligning av alternativene (se vedlegg 2)

Kort oppsummert tok vurderingen hensyn til økonomiske og tekniske kriterier, konsekvenser for infrastruktur, påvirkning på naturmangfold og landbruk (dyrkbar jord, matjord), og påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturarv.

Nytteverdier er hentet fra NVEs nytte-kostnadsvurdering.

Resultatet av vurderingsmatrisen viser en vektet poengsum fra 28,5 til 47,7. Den maksimale poengsummen som kan oppnås er 50 poeng. Alternativ 3+ (stor løsning pluss) oppnådde høyest totalpoengsum. Når det tas hensyn til total nytte-kost, inkludert ikke-prissatte virkninger i kostnadene, kommer alternativ 3 og alternativ 3+ ut lik med høyest nytte-kost.

Supplerende merknader:

Jordbruksarealet i det sørlige området, der flomvollen går sør-øst for bebyggelsen, har stor verdi. Derfor ble det i utredningen av alternative traséer tatt hensyn til å minimere inngrepene.

Sikring av Nesflata sør for Rukkedøla vil føre til høyere vannstand på nordsiden. En slik negativ konsekvens vil kunne påvirke den planlagte flomsikringen. Det er derfor viktig at sikring av Steinmogutu nord for Rukkedøla vurderes i en seinere fase av sikringsprosjektet.

7. Valgt alternativ

Basert på vurderingsmatrisen ble alternativ 3+ (stor løsning pluss) foreslått som den foretrukne løsningen. Denne løsningen er nærmere beskrevet nedenfor og utarbeides videre i detaljprosjekteringsfasen. Den planlagte flomvolltraséen er vist i Figur 7.1 og i tegning E 212.

Ytterligere informasjon om det valgte alternativet:

Den 19. oktober 2024 ble det bestemt at næringsområdet ved rv. 7, der supermarkedet og bensinstasjonen ligger, ikke sikres gjennom flomvollen. Hvis næringsdrift skal fortsette i dette området må eiere sørge for sikring av sine eiendommer utenfor flomverket. Det må tas hensyn til at de nedgravde tankene ved bensinstasjonen kan flyte opp, dvs. at de må sikres mot oppdrift. Ansvaret ligger hos eieren.

Næringsområdet ved rv. 7 samt boligene sør for bensinstasjonen inkluderes ikke i flomsikringen med bakgrunn i nytte-kost-vurdering. Det er vurdert at det ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt å inkludere de eiendommene i sikringen, verken gjennom flomvollen eller et enkelttiltak.

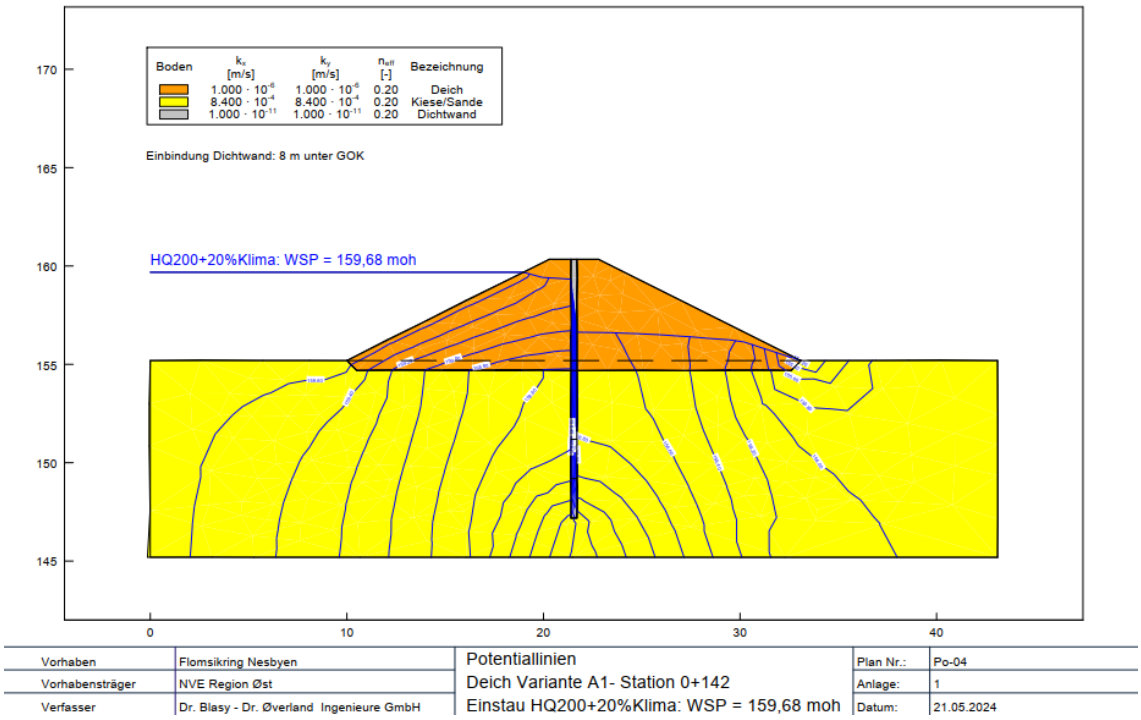
Figur 7.1: Oversikt over valgt alternativ for flomvolltrasé

7.1 Håndtering av bakvann

7.1.1 Drenssystem

For å sikre stabiliteten til flomverket ved økning av grunnvannsnivået under flom og for å hindre at grunnvann stiger over bakkenivå på luftsiden av flomsikringen, er det nødvendig med et drenssystem. Drenssystemet samler lekkasjevann og avleder det til pumpestasjoner. Pumpene sørger for at vannet transporteres til vannsiden av flomverket. På den måten håndteres lekkasjevann som kan strømme gjennom under sikringskonstruksjonen i en flomsituasjon uten at det oppstår skader. For å redusere mengden lekkasjevann og for å holde dimensjonen av pumpestasjonene på et rimelig nivå er det planlagt en ca. 10 m dyp tetning i undergrunnen.

Det ble brukt ulike tilnærminger for å bestemme lekkasjevannmengdene. Det første estimatet gir relativt høye lekkasjevannmengder på rundt 1,0 til 1,5 l/s per meter (Figur 7.2). Dette skyldes hovedsakelig at undergrunnen har en høy permeabilitet og at det er lengre perioder (dager) med høy vannstand / flom i Hallingdalselva. Det ble ikke påvist noe tett lag ved de geologiske undersøkelsene. Det må derfor gjøres konservative antakelser for dimensjonering av drenssystemet. Det er mulig at disse estimatene vil bli revidert eller justert i de påfølgende prosjektfasene.



Figur 7.2: Eksempel for beregnede potensiallinjer i vollprofil

I området ved vollen langs Hallingdalselva forventes det at den stasjonære tilstanden nås etter rundt 60 til 80 timer. Hvis det tas hensyn til at flomvannstanden stiger relativt sakte, kan det antas at undergrunnen allerede er fullstendig mettet når flomtoppen inntreffer, og at drenssystemet begynner å avlede vann relativt raskt.

Etablering av drensledninger i området der veien og terrenget heves kan utføres med mikrotunnelboring.

Det ble antatt en frostsikker dybde på 2,0 m for overdekningen av drensledninger. En oversikt over drenssystemet er vist i tegning E 311.

7.1.2 Pumpestasjoner

Bakgrunn

Pumpestasjonene brukes hovedsakelig til å pumpe lekkasjevann fra drensledningene og overvann fra overvannsnettet ut til vannsiden av flomverket. Pumpestasjonene dimensjoneres i samsvar med resultatene fra samtidighetsanalysen. Et spesialtilfelle er avledning av spillvann i tilfelle spillvannsnettet er overbelastet.

Pumpestasjonene skal plasseres ved knutepunkter i avløpssystemet og ved lavpunkter. De må være lett tilgjengelige både for drift og vedlikehold og i en flomsituasjon.

Alle pumpestasjoner må være utstyrt med redundans, dvs. at de må være konstruert for tilfelle n-1 (svikt i en pumpe). De må også ha nødstrømforsyning, f.eks. ved et mobilt nødstrømaggregat, slik at anlegget er uavhengig av forsyningen via strømnettet under flom.

Dimensjoneringen og styringskonseptet utarbeides i detaljprosjekteringsfasen, etter at konseptet for vollen og tetningen i undergrunnen er bestemt, og basert på dette, lekkasje- og overvannsmengder er beregnet. Dette resulterer i pumpenes størrelse, utforming og tilhørende bygg, og den nødvendige strømforsyningen. Detaljert prosjektering som vannstandskoter for start av pumpene, dimensjoner på trykkledninger med hensyn til bl.a. strømningshastigheter, er også del av denne planleggingsfasen.

Generelt

I henhold til gjeldende planlegging er det planlagt fire pumpestasjoner for flomsikringen av Nesbyen. Pumpestasjon 1 «Rukkedøla» ligger ved profil 0+050 og er avsatt for drensvannet langs sikringen av Rukkedøla. Prosjektering av denne pumpestasjonen tilhører delprosjektet Rukkedøla (se kapittel 6.2.2). Pumpestasjon 2 «Markedsplass» samler lekkasjevannet fra den nordlige delen av flomvollen på Nesflata langs Rukkedøla og rv. 7. Pumpestasjon 3 «Hallingdalselva» brukes til å transportere videre drensvann samt overvann fra det eksisterende avløpsnettet. Pumpestasjon 4 «Hovedpumpestasjon» samler lekkasjevann fra drensledningene og overvann langs både den østlige og sørlige delen av flomvollen. Hovedpumpestasjonen kobles til det eksisterende overvannsnettet og til den eksisterende spillvannspumpestasjonen «Qvisten» for å forhindre tilbakeslag i avløpsnettet.

Pumpestasjon 1 - Rukkedøla

Dimensjonering og utforming kan først ferdigstilles etter at flomsikringen langs Rukkedøla er prosjektert.

Pumpestasjon 2 - Markedsplass

For prosjektering og dimensjonering er det laget foreløpige estimat basert på estimering av lekkasje gjennom grunnen under flomvollen og tetning av undergrunnen. Dimensjoneringen og detaljprosjektering skjer i seinere fase av planleggingen.

Pumpestasjon 3 - Hallingdalselva

Prosjektering og dimensjonering forutsetter evaluering av resultatene fra samtidighetsanalysen og ledningsnettberegninger basert på kvalitetssikrete ledningsnettdata. Dimensjoneringen og detaljprosjektering skjer i seinere fase av planleggingen.

Pumpestasjon 4 - Hovedpumpestasjon

Prosjektering og dimensjonering forutsetter evaluering av resultatene fra samtidighetsanalysen, ledningsnettberegninger basert på kvalitetssikrete ledningsnettdata og detaljerte lekkasjevannberegninger. Dimensjoneringen og detaljprosjektering skjer i seinere fase av planleggingen.

Ytterligere informasjon

Driftsbygg

For hver pumpestasjon planlegges det et eget driftsbygg. Driftsbygget fungerer som sentralt anlegg for styring, vedlikehold og overvåking av pumpesystemet. Det er særlig de elektriske styrings- og reguleringssystemene som skal plasseres her.

Kontrollsystemet må spesifiseres for hver enkelt pumpestasjon, men samordnes med de andre pumpestasjonene. I tillegg må hver pumpestasjon fungere både uavhengig og redundant.

Elektrisk utstyr

Følgende elektrotekniske utstyr skal generelt vurderes for pumpestasjonene:

- Målerskap
- Kontrollskap for pumper, skyvespjeldstyring osv.
- Vannstandsmåling ved hjelp av trykksonder eller ultralyd
- Elektriske installasjoner i driftsbygg, for eksempel belysning og stikkontakter
- Lynsikring og potensialutjevning
- Kabelstrekk og kabellegging

Det nøyaktige omfanget av elektroteknisk utstyr bestemmes i detaljprosjekteringsfasene i tett samarbeid med en ansvarlig fagplanlegger.

Driftskonsept (måle- og styringsteknologi, strømforsyningskonsept og nødstrømforsyning)

Følgende skal tas hensyn til i driftskonseptet:

- Det er planlagt helautomatisk drift av pumpestasjonene. Pumpene styres automatisk via styresignaler fra vannstandssensorer i pumpekammeret.
- Strømforsyningen til pumpestasjonene må avklares med det lokale energiselskapet. I den videre planleggingen skal det undersøkes om strømbehovet til pumpene kan dekkes via det eksisterende lavspentnettet, eller om det er nødvendig med en separat transformator.
- Nødstrømforsyning: I tilfelle av strømbrudd under drift er det tilkoblingspunkter i driftsbygget for bruk av et mobilt nødstrømaggregat. Alternativt kan det installeres et stasjonært nødstrømaggregat.

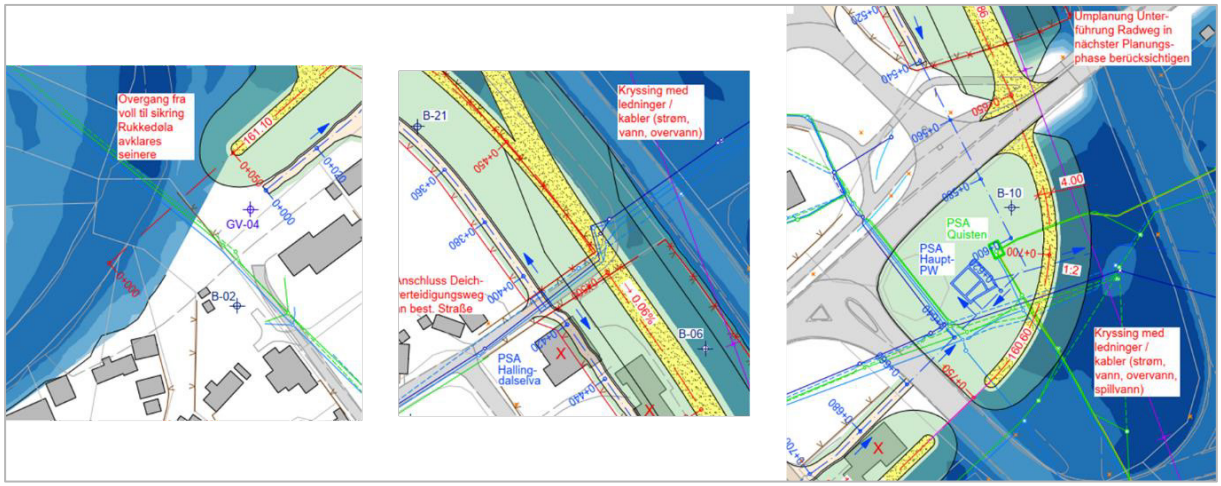
7.1.3 Sammendrag av håndtering av bakvann

På grunn av de høye permeabilitetsverdiene (k_f-verdier ~10^{-3} m/s) i den øverste delen av akviferen i hele prosjektområdet, som i stor grad reagerer med vannstander i Hallingdalselva og Rukkedøla, forventes det en betydelig lekkasje under de planlagte flomsikringstiltakene i en flomsituasjon. Konsekvenser av lekkasje under flomverkene kan være grunnvannsstigning og dermed fare for skader på eksisterende bebyggelse som følge av høyt grunnvannsnivå inntil bygninger eller oversvømmelse når vann kommer opp på overflaten. I verste tilfelle er det fare for svekkelse av tiltakenes stabilitet eller hydraulisk grunnbrudd med påfølgende svikt av byggverket.

På bakgrunn av dette er det nødvendig med en omfattende og langvarig flomsikring og et system for håndtering av bakvann. Derfor er det planlagt en drensledning langs foten av flomvollen på luftsiden, som samler lekkasjevann og avleder det til pumpestasjonene. Pumpestasjonene pumper vannet fra innsiden av flomverket, dvs. luftsiden, tilbake til vannsiden.

Grunnundersøkelsene som ble utført ned til 11 meters dybde, avdekket ikke noe tett lag i den øvre delen av akviferen. Den prinsipielle muligheten til å tette undergrunnen helt ned til et tett lag er derfor ikke et alternativ. I tillegg skal grunnvannets strømning ikke påvirkes mer enn nødvendig - se også kapittel 4.4.4.

Nesbyen kommune har separert avløpsnett (overvannsnett og spillvannsnett). I de områdene hvor den planlagte flomvollen krysser avløpsnettet, må det gjøres tilpasninger (Figur 7.3). Ved flom må overvann avledes via det planlagte systemet for håndtering av bakvann. Kumlokkene utenfor flomverket, dvs. på vannsiden må være tette. Ved kryssinger med flomverket skal ledninger sikres ved hjelp av lukkeorgan for å kunne sperre for gjennomstrømning så snart utstrømning til utsiden, dvs. vannsiden, ikke lenger er mulig. Vannet avledes da til de planlagte pumpestasjonene. I tillegg kan det forekomme kraftige nedbørshendelser under flom, se kapittel 4.3.3. Dette kan føre til oppstuving i overvannsnettet over terreng på innsiden / luftsiden av flomverket, og systemet for håndtering av bakvann må dimensjoneres for å kunne ta unna disse vannmengdene.



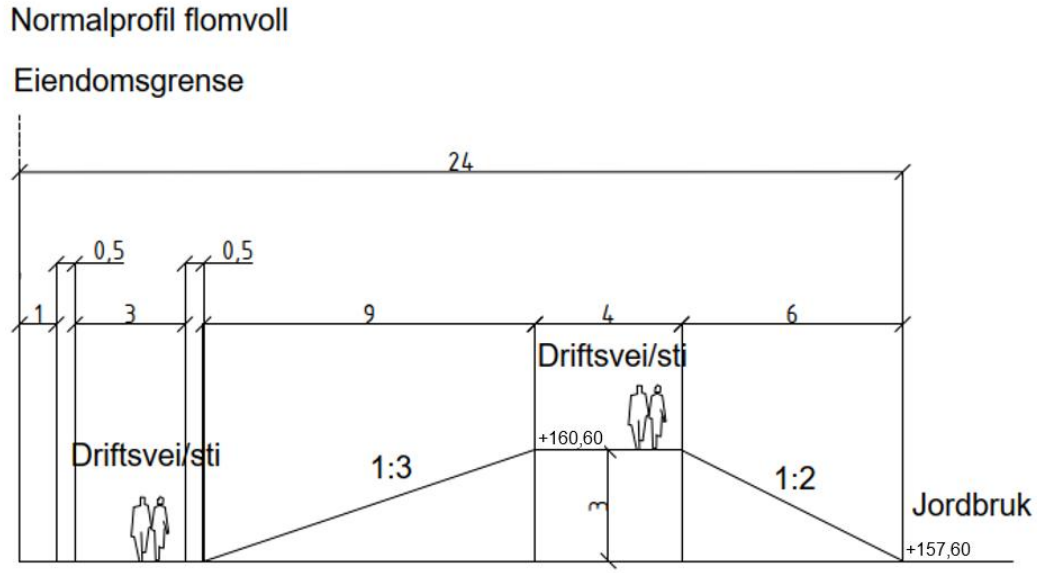
Figur 7.3: Krysspunkter av ledninger langs flomvollen på Nesflata

Utfra dagens kunnskap er resultatet derfor en løsning som omfatter plassering av pumpestasjoner ved lavpunkter og kritiske punkter i det eksisterende avløpssystemet, drensledninger langs flomvollens fot på luftsiden samt avledning til pumpestasjonene for å pumpe ut vannet. Dimensjonering av drenssystemet og pumpestasjonenes kapasitet samt styring og deres tilkobling til overvannssystemet vil bli utført seinere fase av planleggingen.

7.2 Flomsikring ved voll

Flomvolltraséen ble bestemt på grunnlag av vurderingene av ulike alternativer (se kapittel 6.3 og 6.4). Den planlagte flomvolltraséen er vist i Figur 7.1, normalprofil i Figur 7.4.

Konstruksjonen av flomvollprofiler er tilpasset til by- og landskapsarkitektoniske aspekter. Den valgte løsningen oppfyller både det primære målet om flomsikring og Nesbyen kommunes behov.



Figur 7.4: Normalprofil av flomvollen planlagt på Nesflata

Generelt er oppbyggingen av en voll tilpasset til tilgangen på fyllmasser. Kunnskap per i dag tilsier at det kun er små mengder egnet fyllmasse tilgjengelig i nærheten av Nesbyen kommune. Av denne grunn foreslås det å bygge vollen med en statisk virksom indre tetning, f.eks. spuntvegg av stålprofiler, samt støttefylling på begge sider ved bruk av tilgjengelig materiale. I detaljprosjekteringsfasen skal det gjennomføres nødvendige geologiske undersøkelser og materialanalyser samt statisk dimensjonering av vollkonstruksjonen. Utfra grove antakelser og beregninger av lekkasjevann antar BØ en spuntlengde på 14 m.

I forbindelse med planlegging av den statisk virksomme indre tetningen ble det utført prøvespunting på fire steder på Nesflata (Figur 7.5). Resultatene viste at det er nødvendig med ca. 2,5 m dyp forgraving, ettersom det finnes større steiner og blokker i det øvre laget. Under det øvre steinlaget er det mulig å spunte ned til 10 m uten problemer. Prøvespuntingen ble gjennomført både med stål- og vinylprofiler.

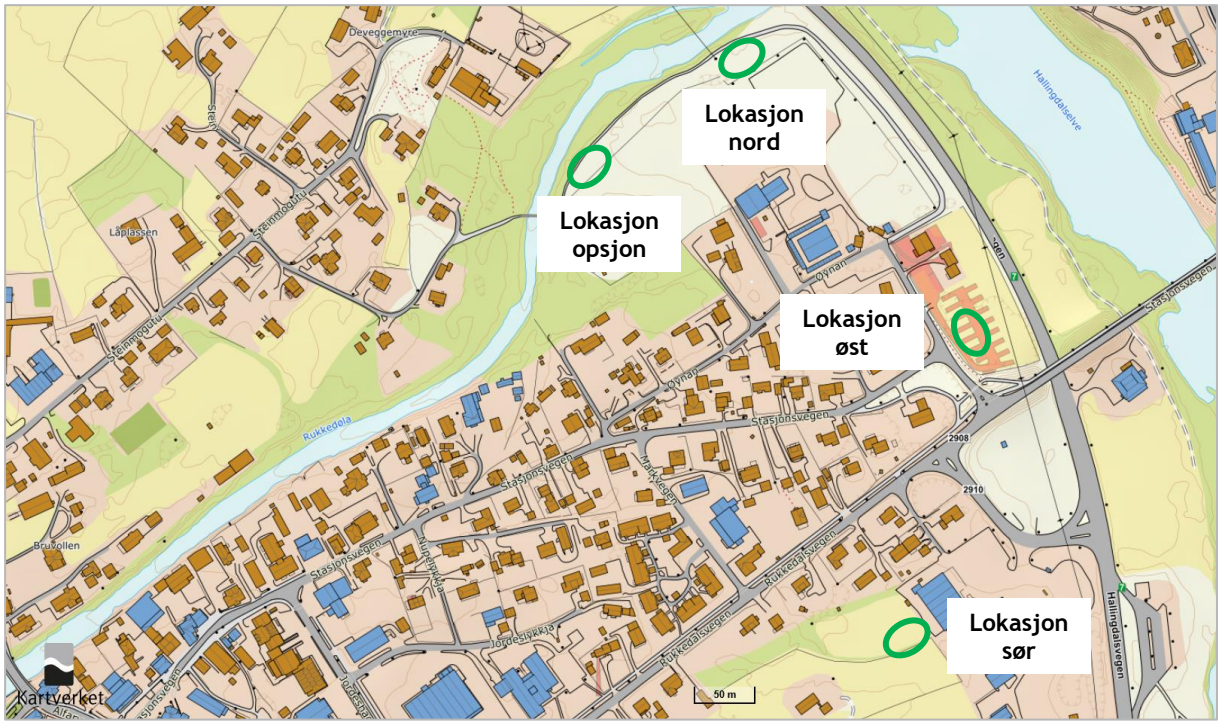
Den statiske kontrollen skal gjennomføres som en del av detaljprosjekteringsfasen. En grov, foreløpig strukturanalyse ble utført på grunnlag av de tilgjengelige parameterne. Så snart de endelige dimensjoneringsparameterne er fastsatt skal den kontrolleres for stabilitet.

I det sørlige området, fra vollens profil 1+330 til 1+500, tilkobles vollen til eksisterende terreng langs de private eiendommene ved å fylle opp terrenget for å unngå en forsenkning / grøft. På denne strekningen legges det ikke inn drensledning.

Det er planlagt adkomst til driftsveien langs foten på luftsiden av vollen og til driftsveien på vollens topp ved av- og påkjøringsramper samt snuplasser. Det er lagt til grunn normaler iht. landbruksvei klasse 5.

For adkomst til landbruksarealet Jørgenmojordet fra Halandsveien vil det i samråd med oppdragsgiver bli brukt landbruksvei klasse 3. Med bakgrunn i møter mellom grunneierne, Nesbyen kommune og Sweco og vurderinger bl.a. rundt beslag av landbruksareal ble det i begynnelsen av februar 2025 bestemt at adkomsten legges til Halandsveien ved å bygge en rampe til topp voll og ned mot jordet.

Etablering av vegetasjon og annen bruk av flomvollen er mulig på grunn av den statisk virksomme, innvendige tetningen.



Figur 7.5: Oversikt over steder der det ble gjennomført prøvespunting på Nesflata september 2024. Bakgrunnskart: Norgeskart, Kartverket.

7.3 Landskapsarkitektonisk utforming

Vurderingen av landskapsbildet er gjennomført av Rambøll Norge AS ved Henning+Larsen. Her presenteres det en oppsummering samt utvalgte illustrasjoner av prinsipputforming av flomvollen (Figur 7.6 til Figur 7.8).

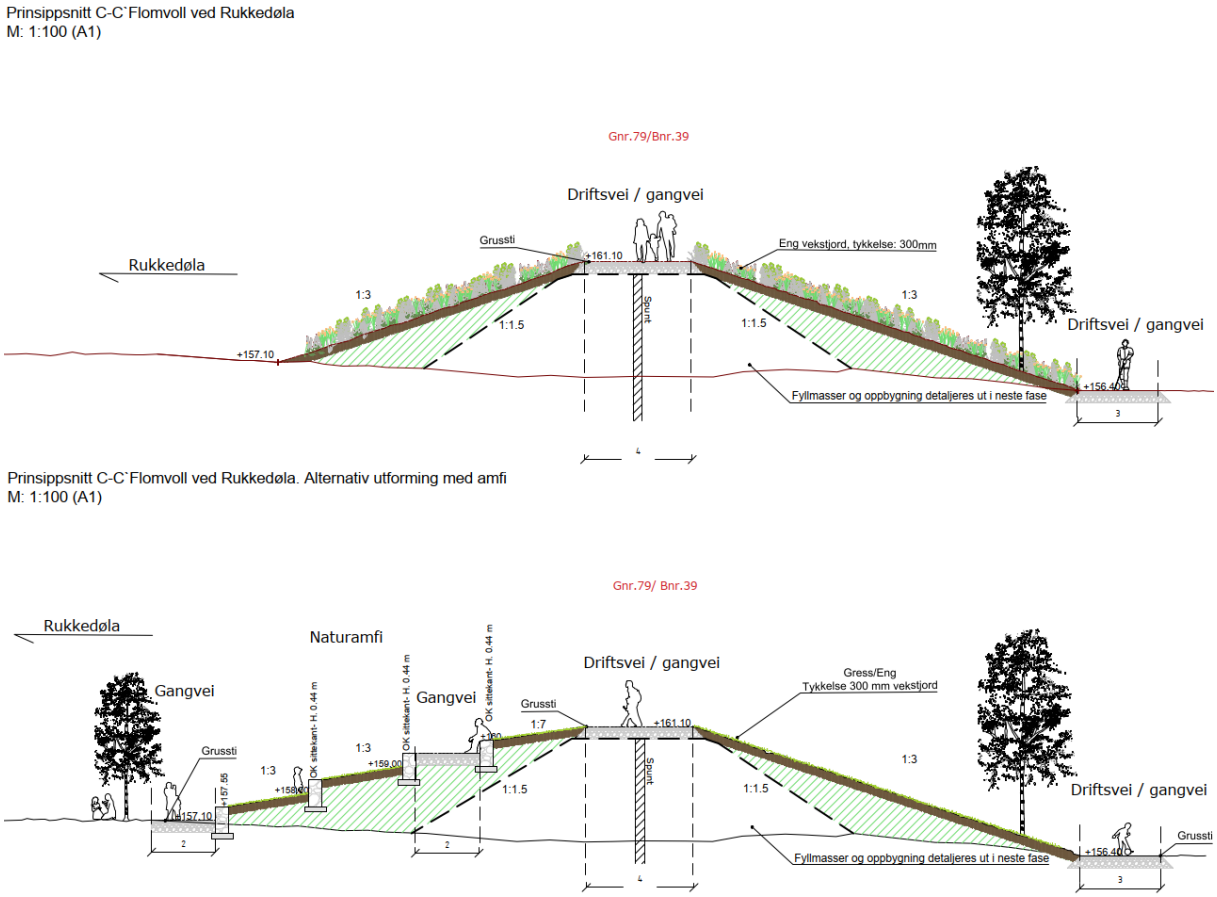
Nesbyen ligger i en dalbunn med flate elvesletter, omgitt av skogkledde åssider. Vassdragene Rukkedøla og Hallingdalselva er viktige landskapselementer og barrierer i landskapet. Elvelandskapet langs Rukkedøla, har særpreg. Elven slynger seg gjennom dalen og skaper et landskap med bratte skrenter, frodige områder med vegetasjon, og rolige vannflater. Rukkedøla har et dynamisk landskap, hvor elvebreddene er både åpne og tett vegeterte, og området gir et sterkt preg av vill og urørt natur. Nesbyen har rik grønnstruktur, flere rekreasjonsmuligheter, variert bebyggelse og et visuelt åpent kulturlandskap ved Jørgenmoen.

Ny løsning med høy flomvoll vil være et synlig og dominerende landskapselement i Nesbyen, som medfører at dagens landskapsbilde vil forandres. Det vil være viktig å integrere flomvollen godt i landskapet slik at man unngår at den blir en barriere, samtidig må prosjektet ta hensyn til Nesbyen sin identitet med vakker natur og kulturlandskap. Dette kan gjøres gjennom å sikre gode overganger mot eksisterende terreng, tilrettelegge for ferdselsårer langs med og på tvers av vollen, samt aktivisere tilstøtende areal med tilrettelagte uteoppholdsplasser. Driftsveien på flomvollen vil også fungere som en gangvei, og det tilrettelegges for møteplasser langs med vollen.

Det er planlagt at flomvollen skal knyttes til turstien «Nesbyen rundt», slik at flomvollen blir en integrert del av det eksisterende stisystemet. Slik vil tiltaket også bidra til å styrke grønnstrukturen i Nesbyens sentrum. Etter at Hans førte til ødeleggelsen av to av de eksisterende gangbroene over Rukkedøla, mangler turstien viktige forbindelser for å være komplett. For å hindre at Rukkedøla blir en barriere for rekreasjon, er det viktig å gjenopprette gangbroene over elven.

Flomsikringsprosjekter er en viktig del av klimatilpasning, da de beskytter mot økte flomrisikoer som følge av klimaendringer og ekstreme værforhold. Landskapskonseptet «Hælug» er hallingmål, og står for noe som er robust og sterkt. I overført betydning er flomvollen en robust konstruksjon som skal sikre at flomsikringen tåler naturkreftene i fremtiden, samt beskytte beboerne og Nesbyen som samfunn. Flomsikringen av Nesbyen vil gi positive ringvirkninger, og kunne gi muligheter for videre stedsutvikling.

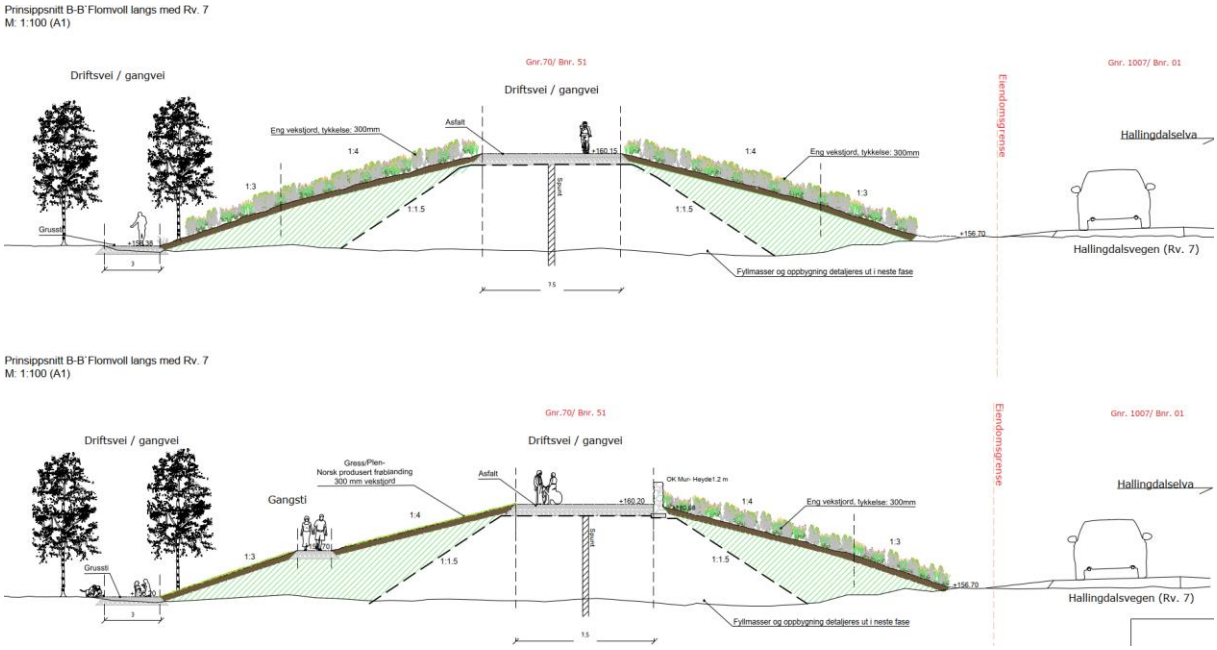
Flomvollen er utformet med et tetningssjikt av spunt, og det er ønskelig å integrere denne spunten i vollen både for å ta opp høydeforskjeller og for å skape visuell variasjon. Spunten kan fungere som synlige elementer som understreker flomvollens funksjon som beskyttelse mot flom. Den kan også benyttes som kantstein, sittekant, naturamfi eller steingjerde på ulike deler av vollen. For å harmonisere med den lokale byggeskikken i Hallingdal kan synlig spunt dekkes med naturstein, som minner om de karakteristiske steingjerdene i området. I neste fase av prosjektet bør det tilstrebes at utformingen av utearealer og tekniske bygg knyttet til flomvollen, reflekterer lokale tradisjoner og materialer. Slik at den særpregede arkitekturen i Nesbyen med eldre trehusbebyggelse videreføres i et moderne perspektiv.



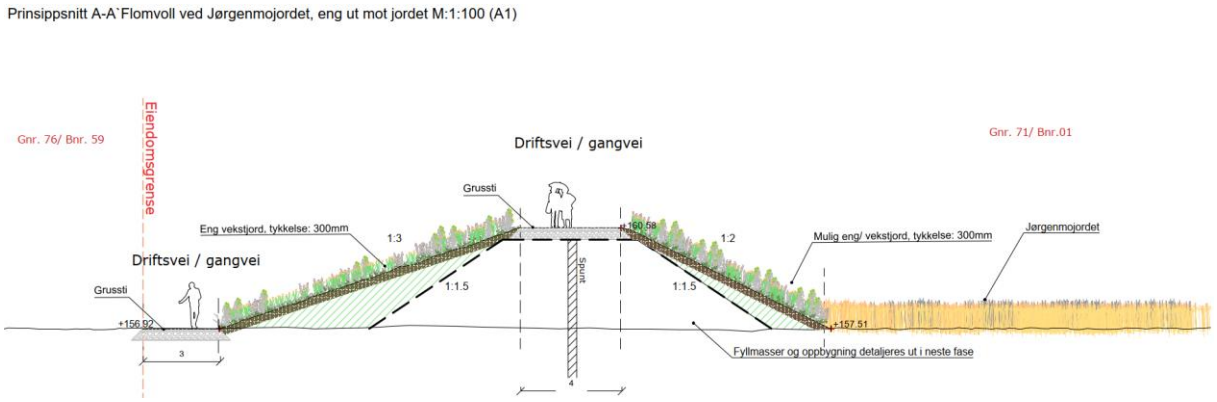
Figur 7.6: Prinsippsnitt flomvoll ved Rukkedøla, uten (øverst) og med amfi (nederst) (kilde: Rambøll Norge AS v/Henning+Larsen)

Det er planlagt at flomvollen skal ha et grønt preg, med gress eller eng. Spesielt vil det være viktig å få etablert eng på vollen som vender ut mot jordbrukslandskapet ved Jørgenmoen, da eng er en naturlig del av kulturlandskap (Figur 7.8). I tillegg vil flomvollen være svært synlig her. Trær kan ikke plantes på selve flomvollen, da røttene kan skade tetningssjiktet. Det vil bli lagt vekt på å etablere skjermende beplantning langs flomvollen mot naboeiendommer. Ved Rukkedøla finnes det muligheter for at naturen kan gjenopprettes på et større areal, og det historiske elvelandskapet med flomskog kan få tilbake sitt naturlige preg. Tiltaket vil kreve at eksisterende vegetasjon i linja fjernes. Dette gjelder også vegetasjon som står i tilknytning til tiltrengte anleggsveier/plasser i forbindelse med bygging. Prosjektet bør ha som mål å erstatte vegetasjon slik at det biologiske mangfoldet gjenopprettes/økes.

På enkelte steder vil bebyggelsen ligge nær flomsikringen. For å skape en avstand mellom bygningene og flomvollen, anbefales det å inkludere tilstrekkelig areal for en buffersone med vegetasjon. Denne vegetasjonen kan fungere skjermende, bidra til å håndtere og forsinke overvann på innsiden av flomvollen, samtidig som den forskjønner området. Flomvollen vil være synlig fra flere steder, spesielt langs Rv.7. Vegetasjon vil være et element som kan dempe det visuelle uttrykket skalamessig på flomvollen, og redusere fjernvirkningen.



Figur 7.7: Prinsippsnitt flomvoll langsmed rv. 7, uten (øverst) og med sti (nederst) (kilde: Rambøll Norge AS v/Henning+Larsen)



Figur 7.8: Prinsippsnitt flomvoll ved Jørgenmojordet, eng ut mot jordet med skråningshelning 1:2 (kilde: Rambøll Norge AS v/Henning+Larsen)

7.4 Økologi

Virkninger på naturmangfold, fauna og flora er vurdert i et eget delprosjekt i forbindelse med reguleringsplanprosessen. Det henvises til dokumentene utarbeidet i dette delprosjektet.

7.5 Kostnadsoverslag

I henhold til resultatene av det grove kostnadsoverslaget i vedlegg 6 (uten flomsikring langs Rukkedøla), kan det forventes følgende kostnader for bygging av de planlagte flomsikringstiltakene (Tabell 7.1):

Tabell 7.1: Oversikt over estimerte byggekostnader (rundet) for sikringstiltakene på Nesflata

Kostnadsoverslag	
BA 1: Hallingdalselva: Flomvoll inkl. drenssystem og veier	132 000 000 kr
BA 2: Rukkedøla: Flomsikring, inkl. drenssystem, profilutvidelse, erosjons- / sidesikring	Kommer seinere
Pumpestasjoner med styring og strømforsyning	27 200 000 kr
Hajem bru	Kommer seinere
Rukkedøla oppstrøms: Sperre for trestammer og død vegetasjon	Kommer seinere
Landskapsplaner, gangbruer	Kommer seinere
Totale kostnader - netto	**159 200 000 kr**
25 % merverdiavgift	39 800 000 kr
Totale kostnader - brutto	**199 000 000 kr**

De oppgitte verdiene er utelukkende kostnader for selve byggetiltakene. Tilleggskostnader for vedlikehold, overvåking og drift av anleggene, samt andre eventuelle kostnader som grunnerverv, erstatninger osv. er ikke inkludert. Heller ikke inkludert er tilleggskostnader med byggingen som ingeniørtjenester o.l.

8. Virkninger av sikringstiltakene

8.1 Overskridelse av dimensjonerende flom

Flomsikringstiltaket er dimensjonert for en 200-årsflom inklusive klimapåslag. De bebygde områdene er sikret mot oversvømmelse opp til denne vannføringen. Hvis denne dimensjonerende flommen overskrides, utnyttes det først fribordet. I sjeldne tilfeller kan det likevel oppstå oversvømmelser i det sikrede, bebygde området. På grunn av konstruksjonen av flomvollen som tåler overtopping (statisk virksom indre tetning) kan det imidlertid forventes at anleggene ikke har brudd og total svikt, selv om den dimensjonerende flommen overskrides og det oppstår oversvømmelser som følge av dette. De mulige skadene som følge av oversvømmelse kan derfor begrenses ved vannføring høyere enn dimensjonerende flom.

I likhet med sammenlignbare prosjekter bør man likevel være oppmerksom på at de planlagte tiltakene ikke kan gi absolutt sikring mot alle mulige ekstreme flomhendelser.

8.2 Konsekvenser oppstrøms og nedstrøms

Tapet av fordrøyningsarealer på flomsletten vurderes som lite. Det er lite sannsynlig at tiltakene påvirker flomvannstander for eiendommer oppstrøms og nedstrøms betydelig, med unntak av i nærhet av elvetverrsnittet i Hallingdalselva som snevres inn. Denne konsekvensen for eiendommer på Steinmogutu i den nordlige delen av Nesflata nord for Rukkedøla er nevnt i kapitlene 6.4 og 5.2 (se også vedlegg 3). På den ene siden undersøkes muligheten for flomsikring av denne delen av Nesflata seinere i prosjektet og (noen av) eiendommene blir muligens inkludert i flomsikringen. På den andre siden gjennomfører NVE hydrauliske beregninger, inklusive flere scenarier med forskjellige kombinasjoner av flomvannføringer i Hallingdalselva og Rukkedøla, for å undersøke disse konsekvensene nærmere (se eget notat om vannstandsendringer).

Sikring av transformatorstasjonen på Nesflata nord for Rukkedøla er imidlertid viktig på grunn av forsyningssikkerheten. Status for sikring av denne viktige infrastrukturen var at operatøren av anlegget sørger selv for flomsikring gjennom flytting av kritiske deler av anlegget til andre etasje.

8.3 Grunnerverv

Noen av flomsikringstiltakene krever privat eiendom, som må erverves for bygging og drift av anleggene samt adkomst, eller det må utarbeides avtaler om tillatelse.

Forhandlingene om konsesjonsavtalene utføres av Nesbyen kommune.

8.4 Bolig-, bosettings- og utviklingsplanlegging

Flomsikringen innebærer en forbedring for de fleste berørte naboer. Beboere oppstrøms og nedstrøms anlegget blir ikke berørt av tiltakene.

Flomsikringstiltakene gir Nesbyen kommune muligheten til stedsutvikling, f.eks. nye utbyggingsområder, fritidsanlegg og fri- / parkarealer.

8.5 Offentlig sikkerhet og samferdsel

Siden de fleste veier og adkomstveier til eiendommer ligger innenfor flomverket og sikret mot oversvømmelser, har flomsikringstiltakene en positiv virkning på trafikken under flom.

Faren for oversvømmelser i nærheten av kraftanlegg, varmesystemer eller andre forsyningsanlegg reduseres.

Innbyggere som i dag ligger innenfor flomsonen, blir sikret mot flomfare.

Gang- og sykkelveien i området ved Stasjonsbrua over Hallingdalselva skal tilpasses og innlemmes i flomsikringen i detaljprosjekteringsfasen. Det samme gjelder berørte fotstier og eksisterende turveier.

8.6 Miljø

Tiltaket tar hensyn til miljøvirkninger. Ikke alle trær i prosjektområde kan imidlertid bevares. Flomsikringsprosjektet har som mål å kompensere for eventuelle tap.

Naturmangfold, fauna og flora er vurdert i et eget delprosjekt i forbindelse med reguleringsplanprosessen.

8.7 Landbruk

Den planlagte flomvollen vil legge beslag på noen jordbruksarealer og vil påvirke dagens adkomst til de gjenværende områdene. Det ses på tre alternativer for adkomst til Jørgenmojordet ved den sørlige delen av flomvollen, bl.a. en rampe i området av dagens adkomst, en rampe fra Halandsveien over toppen av vollen.

Verdifullt jordbruksareal vil gå tapt i forbindelse med byggingen av flomvollen. I prosjekteringen av flomsikringen er det derfor lagt vekt på å minimere arealbeslaget. Konsekvenser av sikringstiltakene for landbruk er vurdert i detalj i et eget delprosjekt.

8.8 Teknisk infrastruktur

I forbindelse med bygging av flomsikringen på Nesflata må eksisterende høyspentlinje flyttes. Det anbefales at denne legges under bakken i området langsmed flomvollen. Detaljert løsning skal avklares med operatøren i detaljprosjekteringsfasen.

8.9 Kabler og ledninger

Som beskrevet i de foregående kapitlene, er det nødvendig med tilpasninger av kabler og ledninger til flomsikringstiltakene.

9. Utførelse av byggearbeidet

På grunnlag av den foreliggende planleggingen ble det utarbeidet en plan for riggområder og anleggsbelte (tegning E 801). Denne planen inneholder adkomstpunkter og tilhørende anleggsveier. Det er også lagt inn lagerområder for byggematerialer, mellomlagring av utgravde masser o.l. samt områder for oppsett av byggecontainere.

Langs flomvollens luftside går det en anleggsvei, som seinere er opparbeidet til en driftsvei. På vannsiden er det avsatt et 1 m bredt anleggsbelte som inngår i arbeidsområdet. Rampene til og fra flomverket vil senere bli bygget ut som kryssinger. Det er avsatt ca. 26 800 m^2 til rigg-, lager og anleggsområde.

Byggingen av tiltakene er delt inn i flere byggetrinn (BA). Byggetrinn 1 (BA 1) omfatter flomvollen på Nesflata langs den nederste strekningen av Rukkedøla, langs Hallingdalselva og rv. 7, og hele den sørlige delen til Jørgenmoen. BA 2 inkluderer strekningen fra BA 1 oppover Rukkedøla til Hajem bru samt ombygging av / sikring langsmed flomparken ved Mølleveien. Pumpestasjoner med styringssystem og strømforsyning samt tilkobling til overvannsnettet er en egen anleggsdel.

Før anleggsarbeidene starter må det avklares flyttingen av høyspentledningen og tilkoblingen til rv. 7 med eierne / driftsansvarlige av disse anlegg. Omlegging av avløpssystemet vil bli utført i tett samarbeid med Nesbyen kommune.

Videre må det ordnes adkomst- og bruksavtaler med grunneiere og forpaktere i landbruket. Dette gjelder først og fremst arealene på markedsplassen og hele det sørlige området, særlig i forbindelse med inn- og utkjøringer og adkomstpunkter.

Det foreligger ennå ikke tilstrekkelig planlegging for Rukkedøla. Av den grunn kan det foreløpig ikke henvises til denne.

I alle tilfeller bør man sørge for tilstrekkelig bevissikring før anleggsarbeidene starter.

Det finnes ennå ingen bestemte steder for masseuttak eller materialspesifikasjoner for fyllingen av flomvollen. Det er viktig å påpeke at sprengt materiale kun kan brukes på luftsiden av tetningen i vollkonstruksjonen.

Avhengig av værforholdene vil det være betydelige utslipp av støv og støy under fylling og oppbygging av flomvollen.

10. Sammendrag og konklusjoner

Denne rapporten oppsummerer resultatene fra forprosjektet for delen av flomsikringsprosjektet som omfatter sikring av Nesflata mot flom i Hallingdalselva, mellom Rukkedøla i nord og Jørgenmojordet i sør. Fem alternativer ble vurdert for valg av det foretrukne alternativet. Til slutt ble det besluttet å gå videre med alternativet 3+ «stor løsning pluss». Dette alternativet tilsvarer tilnærmet full sikring av de bebygde områdene ved Nesbyen sentrum, som ble rammet av flommen forårsaket av stormen «Hans» i august 2023.

Flomsikringen er dimensjonert for en 200-årsflom med klimapåslag, inkludert et fribord på 50 cm.

For å vurdere den tekniske gjennomførbarheten ble det utført analyser av tilgjengelige data, supplerende undersøkelser, og beregninger, bl.a. i forhold til hydraulikk, samtidighet, grunnvann og lekkasjevann. Sikringen av Nesflata mot flom omfatter både sikring mot vann på overflaten og bakvann inkludert grunnvannsstigning og lekkasjevann.

Flomsikringen i dette delprosjektet er planlagt som flomvoll. Både Nesbyen kommune og landskapsarkitekter har vært involvert i arbeidet med å tilpasse flomverket til by- og landskapsbildet. Det er planlagt fire pumpestasjoner for håndtering av bakvann, dvs. avledning av lekkasjevann under flomverket og overvann via drenssystem og pumper.

Oppsummert kan det sies at flomsikring langs Hallingdalselva for en klimajustert 200-årsflom er teknisk gjennomførbar. I de videre prosjekteringsfasene utarbeides den foreslåtte løsningen i detalj og dimensjoneres statisk. Negative konsekvenser av tiltakene skal vurderes og reduseres, om nødvendig kompenseres for.

For en helhetlig vurdering skal de andre, gjenværende delprosjekter videre utarbeides som en del av forprosjektet og vurderes sammen med prosjektdelen sikring av Nesflata mot flom i Hallingdalselva.

Inning am Ammersee, 28.02.2025

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Benedikt Sander-Kessels
Daglig leder

Julian Sauterleute
Prosjektleder

Vedlegg 1

Geoteknisk datarapport 50517-01-R
Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Romerike Geoteknikk AS, 10.10.2024

DATARAPPORT

Geoteknisk datarapport

Romerike Geoteknikk

Dato
10.10.2024

Oppdragsgiver
NVE – Norges Vassdrags- og Energidirektorat

Prosjekt
Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune

Dokumentnummer
50517-01-R

Revisjon
0

OPPDRAG	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune		
EMNE	Geoteknisk datarapport		
DOKUMENTNR.:	50517-01-R		
REV.:	0 10.10.2024		
OPPDRAGSGIVER	NVE – Norges Vassdrags- og Energidirektorat		**SIGN.**
UTARBEIDET AV	Carsten Hauser v/ Romerike Geoteknikk AS	Senior geotekniker / Dr.-Ing.	CH
KONTROLLERT AV	Espen Kultorp v/ Romerike Geoteknikk AS	Geotekniker / M.Sc.	EK

SAMMENDRAG

Romerike Grunnboring AS (RGB) har fått i oppdrag av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) å utføre grunnundersøkelser ifm. planlagte flomsikringstiltak i Nesbyen, i området som markert på figur 0. Romerike Geoteknikk AS (RGT) har fått i oppdrag å utarbeide tilhørende datarapport. Foreliggende datarapport presenterer resultater fra utførte geotekniske undersøkelser i felt og i laboratorium.

Figur 0: Topografi og bebyggelse rundt undersøkelsesområdet, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune. Området for utførte grunnundersøkelser er vist med rød firkant. Kilde: norgeskart.no

Innholdsfortegnelse

1. Innledning/orientering 3
2. Områdebeskrivelse 3
3. Tidligere undersøkelser 4
4. Geotekniske grunnundersøkelser 6
   4.1 Feltundersøkelser 6
   4.2 Laboratorieundersøkelser 8
   4.3 Måling av poretrykk/grunnvann 8
5. Geoteknisk evaluering av prøveresultatene 9
   5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder/planlagte undersøkelser 9
   5.2 Utførelseskvalitet 9
6. Referanser 9

Tegning

Tegning V01 Borplaner
Tegning V02 Borprofiler 0 til 23

Vedlegg

Vedlegg 1 Rapport fra feltundersøkelser
Vedlegg 2 Rapport fra laboratorieundersøkelser
Vedlegg 3 Prøvekort
Vedlegg 4 Fotodokumentasjon av borpunkter
Vedlegg 5 Fotodokumentasjon av naverprøver
Vedlegg 6 Tegnforklaringer

1. Innledning/orientering

Romerike Grunnboring AS (RGB) har fått i oppdrag av Norges Vassdrags- og Energidirektorat (NVE) å utføre grunnundersøkelser ifm. planlagte flomsikringstiltak i Nesbyen, i området som er markert på figur 0. Romerike Geoteknikk AS (RGT) har fått i oppdrag å utarbeide tilhørende datarapport.

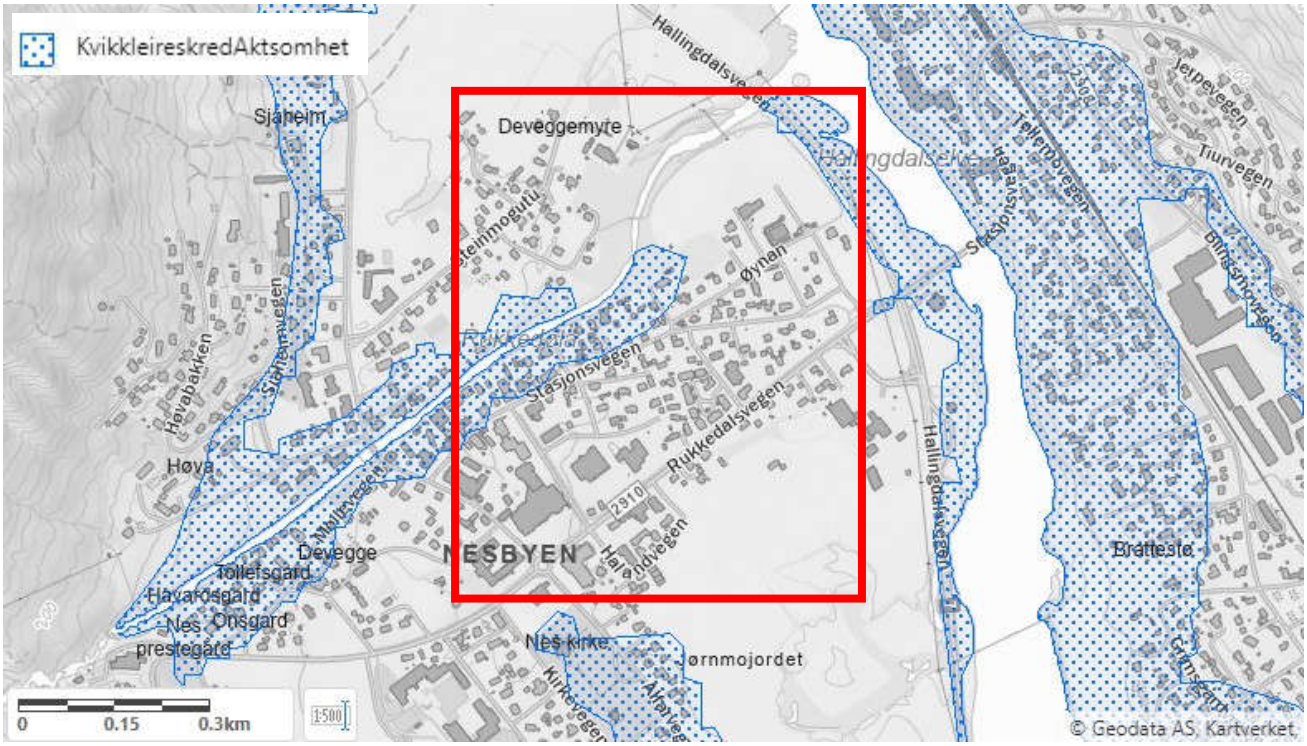
Foreliggende datarapport presenterer resultater fra utførte geotekniske undersøkelser i felt og i laboratorium.

2. Områdebeskrivelse

Undersøkelsesområdet ligger i Nesbyen sentrum i Hallingdal. Iht. NGUs kvartærgeologiske kart er jordmassene i grunnen i undersøkelsesområdet klassifisert som «*Elve- og bekkeavsetning*» (sand og grus), se utsnitt i Figur 1. Undersøkelsesområdet ligger **under marin grense** som er på rundt kote +175 m.o.h. i området, slik at det kan forekomme kvikkleire / sprøbruddmateriale i løsmassene.

Figur 1: Utsnitt kvartærgeologisk kart (kilde: NGU). Undersøkelsesområdet er markert med rød firkant.

Fra utført kartlegging av områder med potensiell skredfare (oversiktskartlegging av kvikkleiresoner) er det imidlertid ikke identifisert kvikkleirefaresoner i området, se Figur 2, og undersøkelsesområdet ligger bare delvis innenfor aktsomhetsområder for kvikkleireskred.



Figur 2: Aktsomhetsområder for kvikkleireskred (kilde: NVE-Atlas). Undersøkelsesområdet er markert med rød firkant.

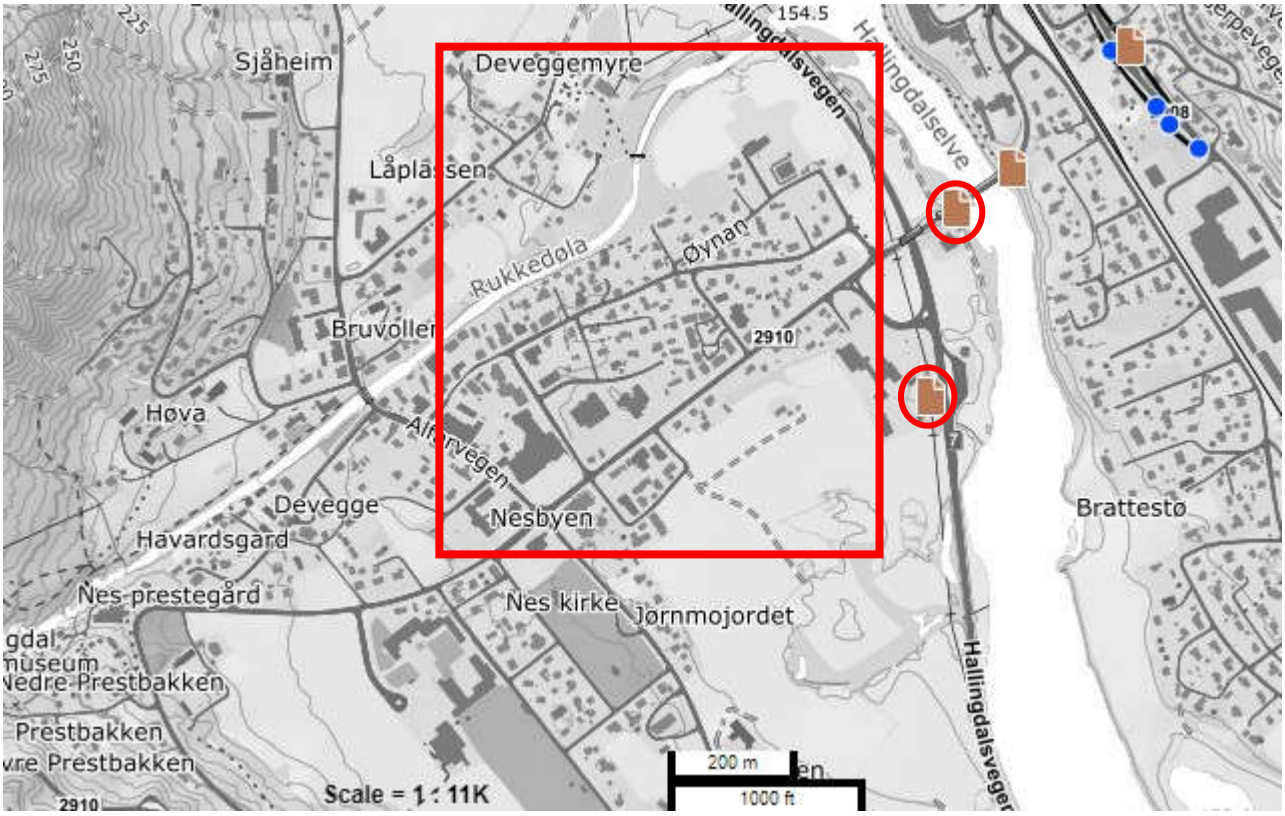
3. Tidligere undersøkelser

Det er ingen tidligere undersøkelser i undersøkelsesområdet som er registrert i Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG), jf. Figur 3. Det er to registreringer fra Statens Vegvesen som inneholder informasjon om utførte grunnundersøkelser rett øst for undersøkelsesområdet. Disse er:

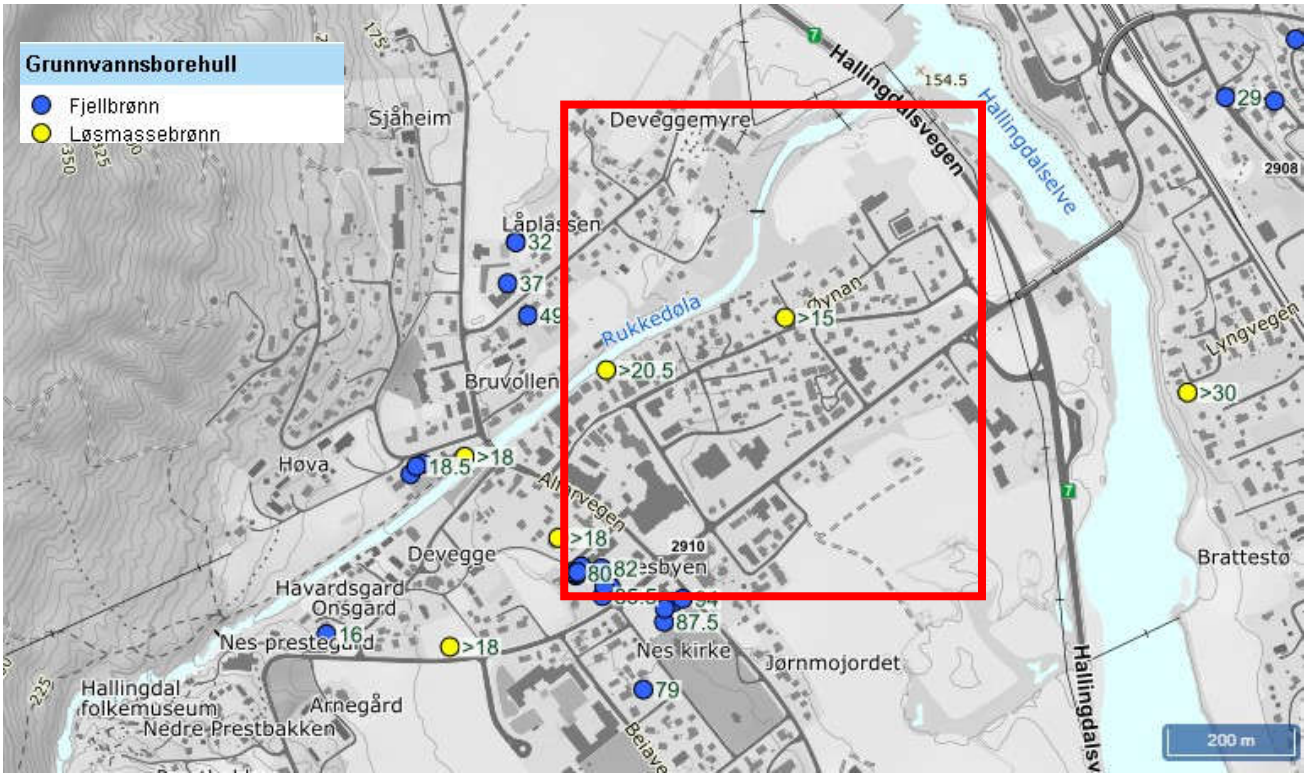
- Grunnundersøkelsesrapport for bru over Hallingdalselva, 1971 [1]
- Grunnundersøkelsesrapport for rasteplass Nesbyen, 1995 [2]

Omtrentlig plassering av disse undersøkelsene er markert med rød sirkel i Figur 3.

Registreringer av dybden til berg i området i den nasjonale grunnvannsdatabasen GRANADA, jf. Figur 4, viser forholdsvis store dybder til berg. I selve undersøkelsesområdet er det derimot få registreringer, og løsmassenebrønnene (gule sirkler) er ikke boret ned til berg.



Figur 3: Registreringer i Nasjonal database for grunnundersøkelser (kilde: NADAG). Undersøkelsesområdet er markert med rød firkant. Relevante grunnundersøkelser er markert med sirkel.



Figur 4: Registreringer i av dybden til berg i grunnvannsdatabasen (kilde: GRANADA)

4. Geotekniske grunnundersøkelser

4.1 Feltundersøkelser

Det ble utført følgende grunnundersøkelser i felt av Romerike Grunnboring AS (RGB) i perioden 04.03. til 13.03.2024:

- 24 stk. totalsonderinger utført iht. NGF melding nr. 9 [3]
- 24 stk. prøveserier (naver-/poseprøver) utført iht. NGF melding nr. 11 [4]

Omfanget og plassering av feltundersøkelser ble fastsatt av oppdragsgiver. Totalsonderingene skulle avsluttes i dybder mellom 10 og 15 m under terreng. Figur 5 gir et inntrykk av forholdene i perioden da grunnundersøkelsene ble utført.

Figur 5: Forholdene ved borerigg den 7.3.2024

Tegning V01 (oversiktstegning, borplan) viser plassering av utførte grunnundersøkelser, mens **tegning V02** viser resultater fra undersøkelsene (borprofiler fra utførte totalsonderinger).

Borpunktene ble målt inn med GPS (UTM32, NN2000), og tabell 1 gir en oversikt over koordinatene. Rapport fra feltundersøkelsene er vist i **vedlegg 1**, mens **vedlegg 4** viser bilder av borpunktene. Fotodokumentasjon av naverprøvene er vist i **vedlegg 5**.

Tabell 1: Oversikt over borpunkt og utførte undersøkelser

Borpkt.	Koordinater		Z (+m.o.h.)	TOT (dybde [m])	PR (dybde [m])
	Nord	Øst			
0	6715012,32	505946,65	157,42	15	0-11
1	6715027,34	505883,46	157,79	15	0-2
2	6715130,39	505756,99	159,17	10	0-1
3	6715185,86	505844,73	158,47	10	0-4
4	6715205,01	505936,41	156,69	10	0-2
5	6715226,85	505995,31	156,07	10	0-6
6	6715253,24	506080,85	156,42	15	0-15
7	6715194,12	506124,92	155,76	15	0-11
8	6715158,43	505976,60	156,55	15	0-11
9	6715113,95	506035,06	157,21	10	0-4
10	6715107,47	506118,90	157,47	15	0-8
11	6715024,71	506085,89	156,27	15	0-5
12	6714904,66	505921,62	156,74	15	0-10
13	6714795,89	505846,02	156,97	15	0-4
14	6714730,41	505825,22	158,05	15	0-3
15	6714626,80	505818,44	157,53	15	0-13
16	6715394,42	505637,83	156,41	10	0-1
17	6715281,97	505651,57	156,92	10	0-2
18	6715096,32	505582,83	160,16	10	0-0,5
19	6715204,60	505695,76	157,63	10	0-3
20	6715399,90	505490,80	158,39	10	0-6
21	6715319,45	505995,95	156,07	10	0-7
22	6715319,52	505863,33	155,62	10	0-4
23	6715088,96	505923,72	157,52	10	0-2

**Forklaringer: TOT = Totalsondering (angitt dybde i [m]), PR=Prøvetaking (angitt dybde i [m])*

4.2 Laboratorieundersøkelser

Prøvetaking med naver skulle i utgangspunktet utføres i alle borpunkter, og ned til samme dybde som totalsonderingen, dvs. ned til mellom 10 og 15 m under terreng. Dette lot seg ikke gjennomføre for alle punkter, pga. stopp i fastemasser eller sammenrasing av prøvehullet.

Labanalyseplan er utarbeidet av ansvarlig geolog / geotekniker engasjert av NVE (Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH) og utført iht. NGF melding 11 [4]. Laboratorieundersøkelser ble utført hos Romerike GeoLab AS. Laboratorieundersøkelsene omfatter:

- 54 stk. rutineundersøkelser (visuell beskrivelse / klassifisering og vanninnhold)
- 34 stk. bestemmelse av kornfordeling
- 34 stk. bestemmelse av humusinnhold ved glødetap

Resultatene er vist i følgende vedlegg:

- **Vedlegg 2**: Laboratorierapport
- **Vedlegg 3:** Prøvekortene

Laboratorieundersøkelene ble bestilt i to omganger. I første omgang ble noen prøver åpnet og analysert i mars 2024, dvs. rett etter utført grunnundersøkelse / prøvetaking. Resterende analyser ble bestilt mye senere, slik at de resterende prøvene ble åpnet og analysert i september / oktober 2024. Følgende prøver ble åpnet / analysert ifm. hhv. første og andre omgang:

- **Mars 2024**:
  Prøver tatt i borpunkt 8, 10, 11, 13 ,14 og 15.
- **September / oktober 2024**:
  Prøver tatt i borpunkt 0 til 7, 12 og 16 til 23.

I laboratorierapporten i **vedlegg 2** er resultatene fra de nyeste analysene vist først.

4.3 Måling av poretrykk/grunnvann

Det er ikke installert poretrykksmålere og målt vannstand / poretrykk ifm. den aktuelle grunnundersøkelsen.

5. Geoteknisk evaluering av prøveresultatene

5.1 Avvik fra standard utførelsesmetoder/planlagte undersøkelser

Borføreren noterer at det måtte avvikes fra NGF-prosedyren under utførelsen av totalsonderingene, pga. fare for stangbrudd i masser med mye stein, jf. feltrapport i **vedlegg 1**. Dette gjelder alle borpunkt.

Prøvetakingen med naver gikk ikke som planlagt i de påtrufne massene, som inneholdt mye stein og grus. Det ble store skader på prøvetakingsutstyret (naver) som satt seg fast i mange av punktene. Tapt / ødelagt utstyr fremkommer av feltrapporten i **vedlegg 1**. Pga. de stedlige massene kunne ikke prøvene tas ned til planlagt dybde, delvis pga. mye stein/grus (og at borhullet raste sammen), og delvis som følge av bløt sand. Noen prøveserier ble stoppet pga. fare for å ødelegge utstyret. Avvik i prøvedybdene gjelder nesten alle borpunktene, unntatt følgende borpunkt der prøvetakingen kunne utføres til ønsket dybde:

- Borpunkt 6 (prøver ned til 15 m dybde)

Detaljer for hvert prøvepunkt er beskrevet i feltrapporten i **vedlegg 1**.

Når det gjelder laboratorieundersøkelsene, så er det ikke utført bestemmelse av vanninnhold for prøvene som ble åpnet / analysert i september / oktober 2024. Grunnen til dette er at vanninnholdet ikke ville vært representativt lenger, ettersom prøvene da allerede hadde ligget på kjølelageret i ca. 6 måneder.

5.2 Utførelseskvalitet

Utførte grunnundersøkelser følger relevante NGF meldinger slik som referert til i gjeldene avsnitt.

Ved prøvetaking med naver er jordprøvene å anse som forstyrrede prøver.

6. Referanser

[1] Statens Vegvesen (1971), *Grunnundersøkelse for bru over Hallingdalselven ved Nesbyen. Oppdrag 47F132A. Dato 23.02.1971.*

[2] Statens Vegvesen (1995), *Grunnundersøkels for Rv7 HP: 09 Rasteplass Nesbyen. Oppdrag Fd405A, rapport nr. 1. Dato: 06.09.1995.*

[3] NGF (2018), *Norsk Geoteknisk Forening, melding nr. 9 "Veiledning for utførelse av totalsondering", rev. 1, 2018.*

[4] NGF (2013), *Norsk Geoteknisk Forening, melding nr. 11 "Veiledning for prøvetaking".*

505000 505500 506000 506500

6715500

6715000

6714500

V01-2

V01-3

Nesbyen

0 50 100m

Tittel
Borplan - Oversikt

Dato
18.04.2024

Romerike Geoteknikk

Prosjekt
Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen

Tegnet
CH

Kontrollert
EK

Prosjektnr.
50517/1919

Format/Målestokk
A3 1:5000

Tegningsnr.
V01-1

Rev.
0

505600 505800 506000 506200

6715400 6715200

20 158.39 ~ 10.05
16 156.41 ~ 10.05
17 156.92 ~ 10.05
19 157.63 ~ 10.07
18 160.16 ~ 10.10
2 159.17 ~ 10.08
22 155.62 ~ 10.05
21 156.07 ~ 10.03
6 156.42 ~ 15.05
5 156.07 ~ 10.08
4 156.69 ~ 10.05
3 158.47 ~ 10.05
7 155.76 ~ 15.05
8 156.55 ~ 5.02
9 157.21 ~ 10.05
10 157.47 ~ 15.03
23 157.52 ~ 10.05

0 50 100m

Symbolforklaring:

- Totalsondering
- Dreletrykksondering
- CPTU sondering
- Prøvetaking
- Poretrykksmåling

Tallforklaring sondering:

Terrengkote 127.09 / 121.93 Fjellkote — 5.16+3.00 Boret i fjell; Boret i løsmasse (dybde til fjell)

Tittel: Borplan - Del 1 av 2

Dato: 18.04.2024

Romerike Geoteknikk

Prosjekt		Tegnet	Kontrollert
Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		CH	EK
Prosjektnr.	Format/Målestokk	Tegningsnr.	Rev.
50517/1919	A3 1:2000	V01-2	0

505600 505800 506000 506200

6715000 6714800 6714600

1 157.79 ~ 15.05
0 157.42 ~ 15.05
11 156.27 ~ 15.05
12 156.74 ~ 15.03
13 156.97 ~ 15.05
14 158.05 ~ 15.02
15 157.53 ~ 15.08

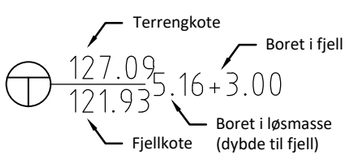
N

0 50 100m

Nesbyen

Symbolforklaring:
- Totalsondering
- Dreietrykksondering
- CPTU sondering
- Prøvetaking
- Poretrykksmåling

Tallforklaring sondering:

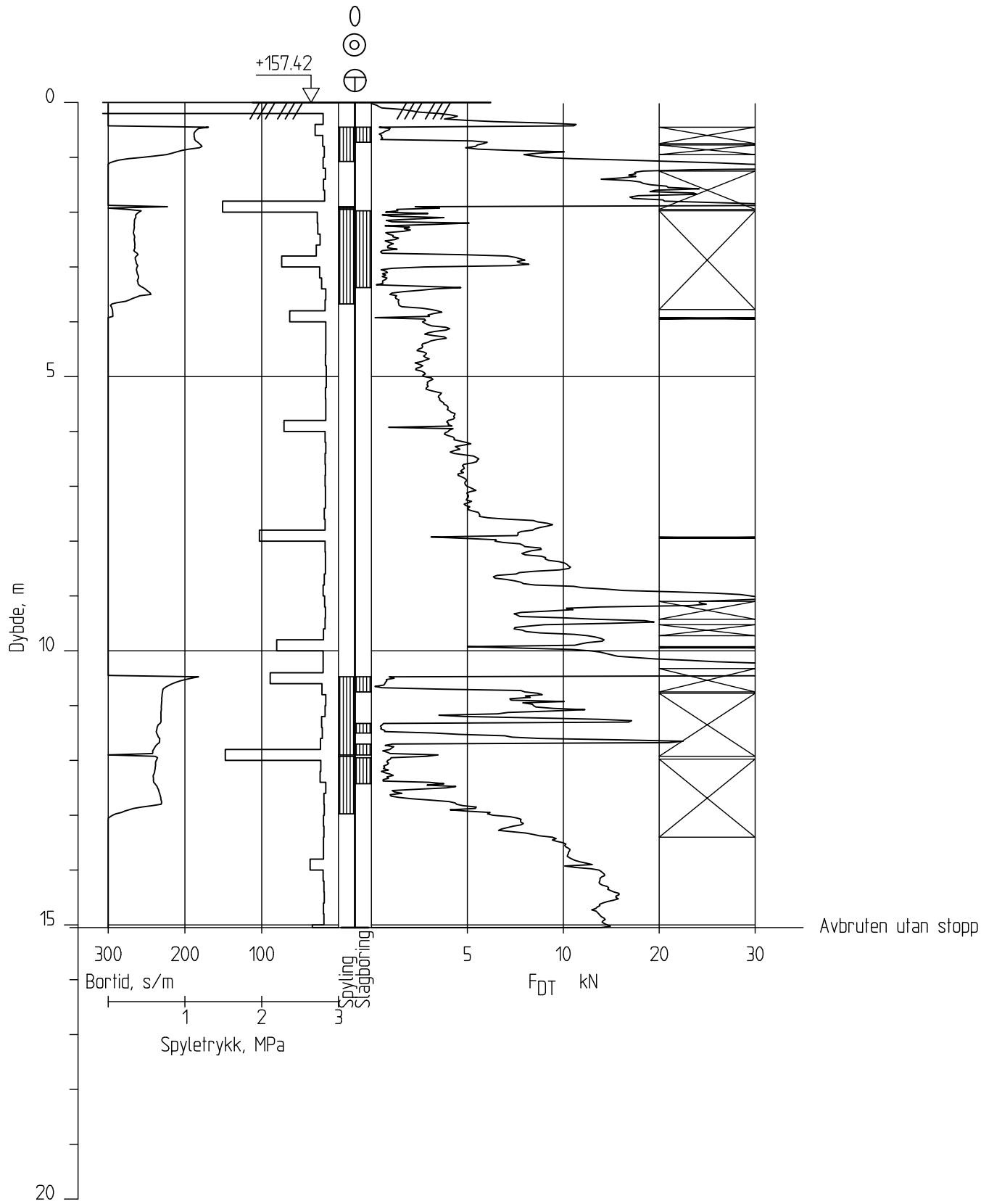


Tittel: Borplan - Del 1 av 2

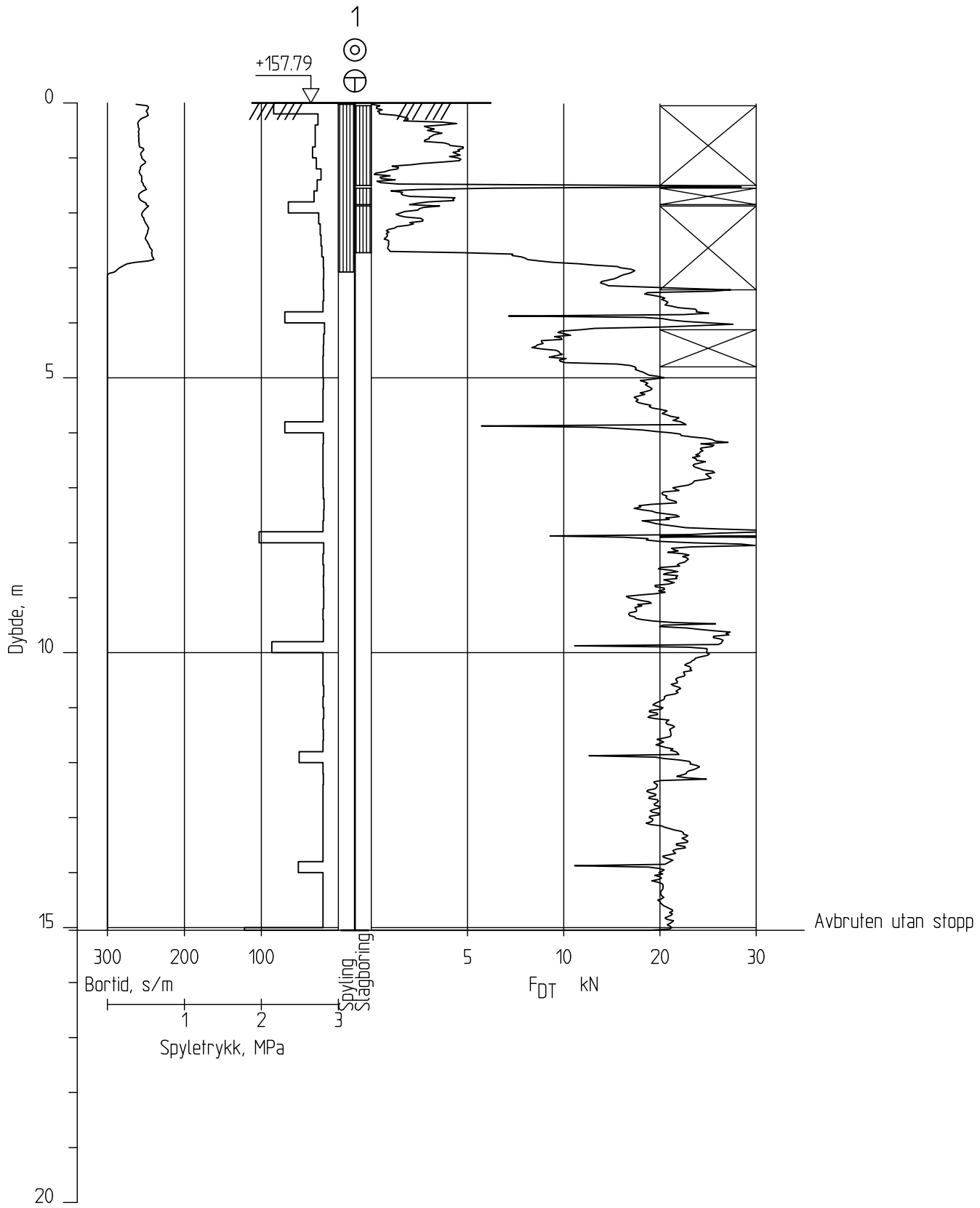
Dato: 18.04.2024

Romerike Geoteknikk

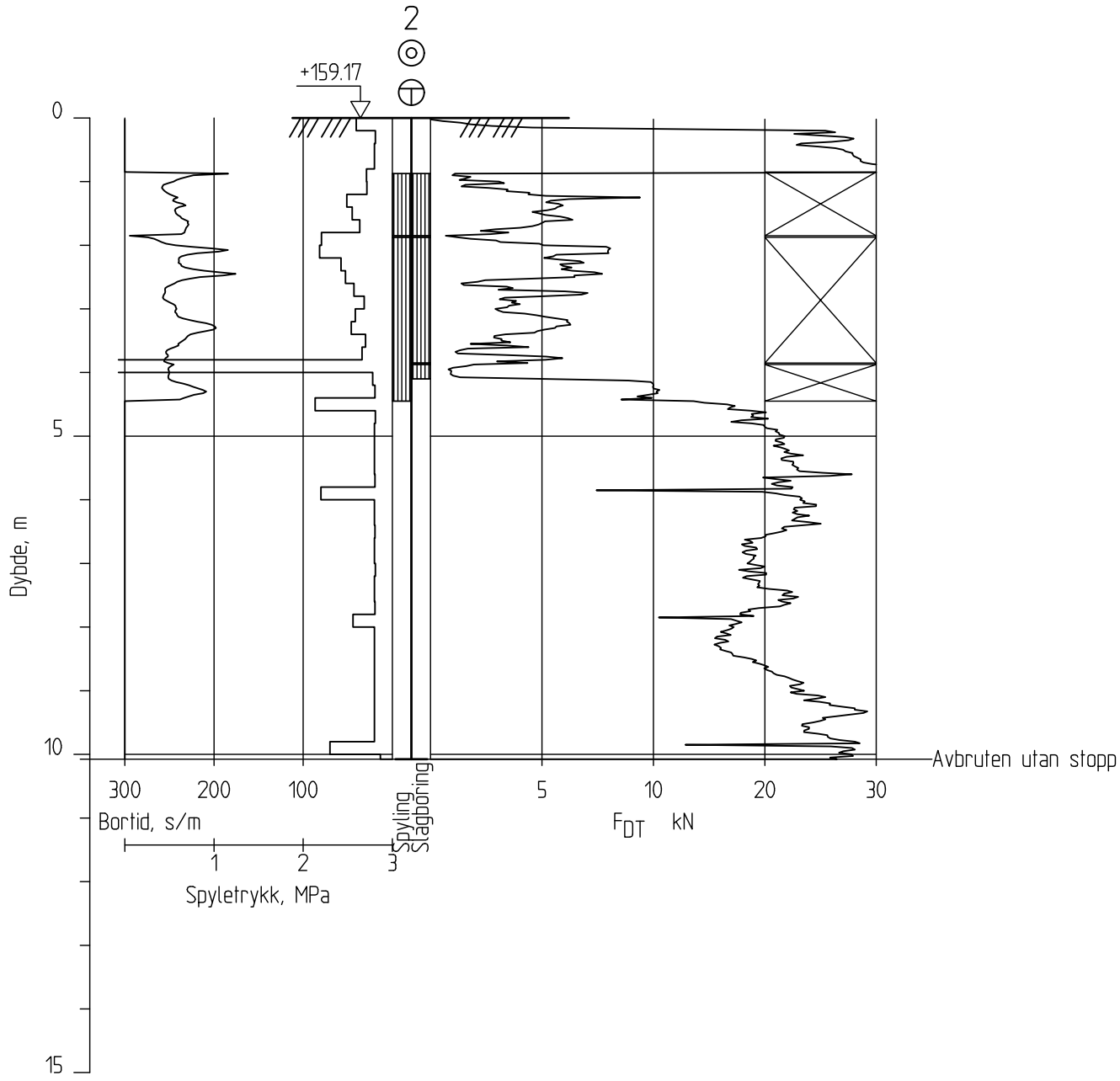
Prosjekt		Tegnet	Kontrollert
Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		CH	EK
Prosjektnr.	Format/Målestokk	Tegningsnr.	Rev.
50517/1919	A3 1:2000	V01-3	0



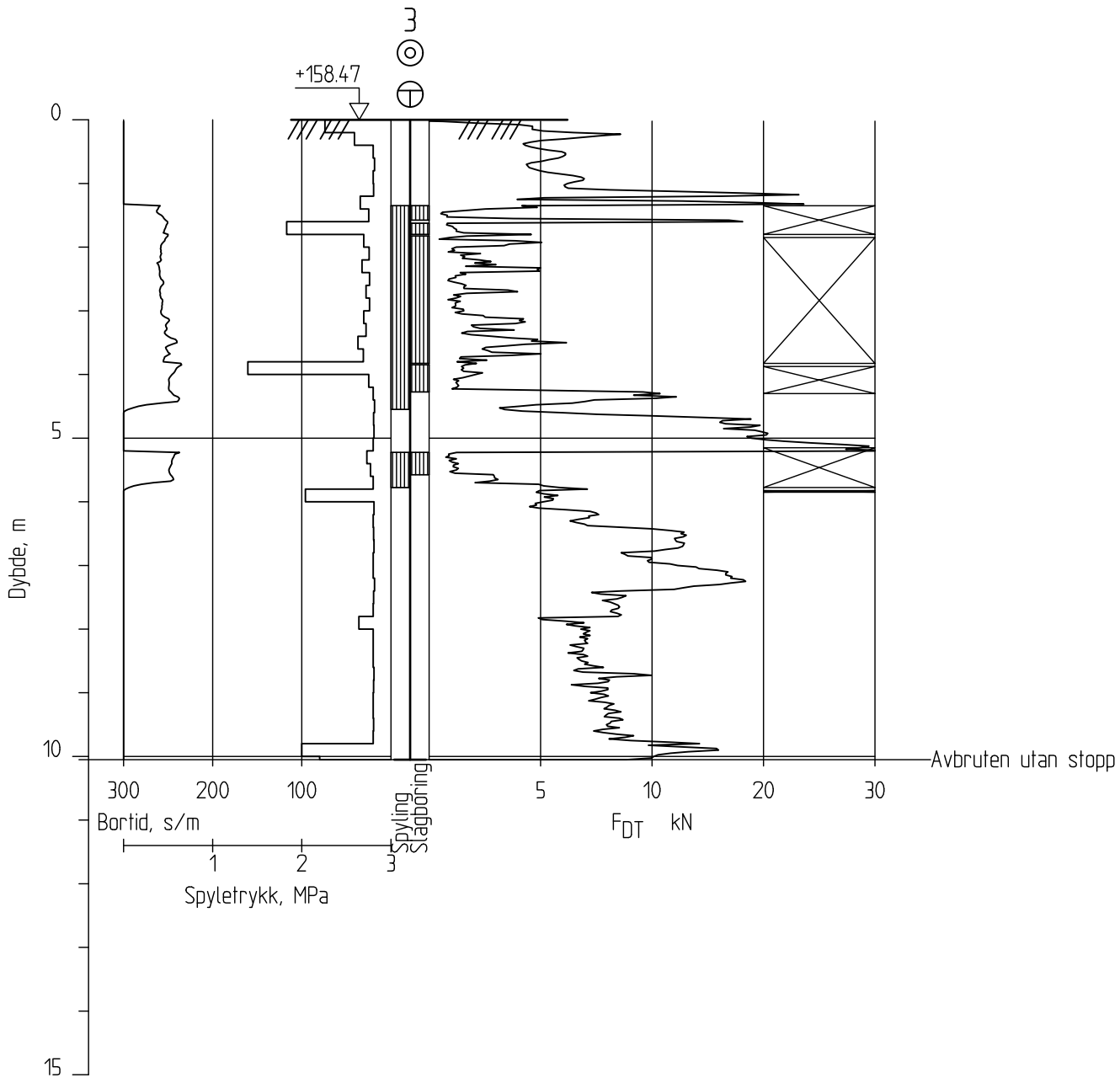
Tittel Borprofil 0			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-0	Rev. 0



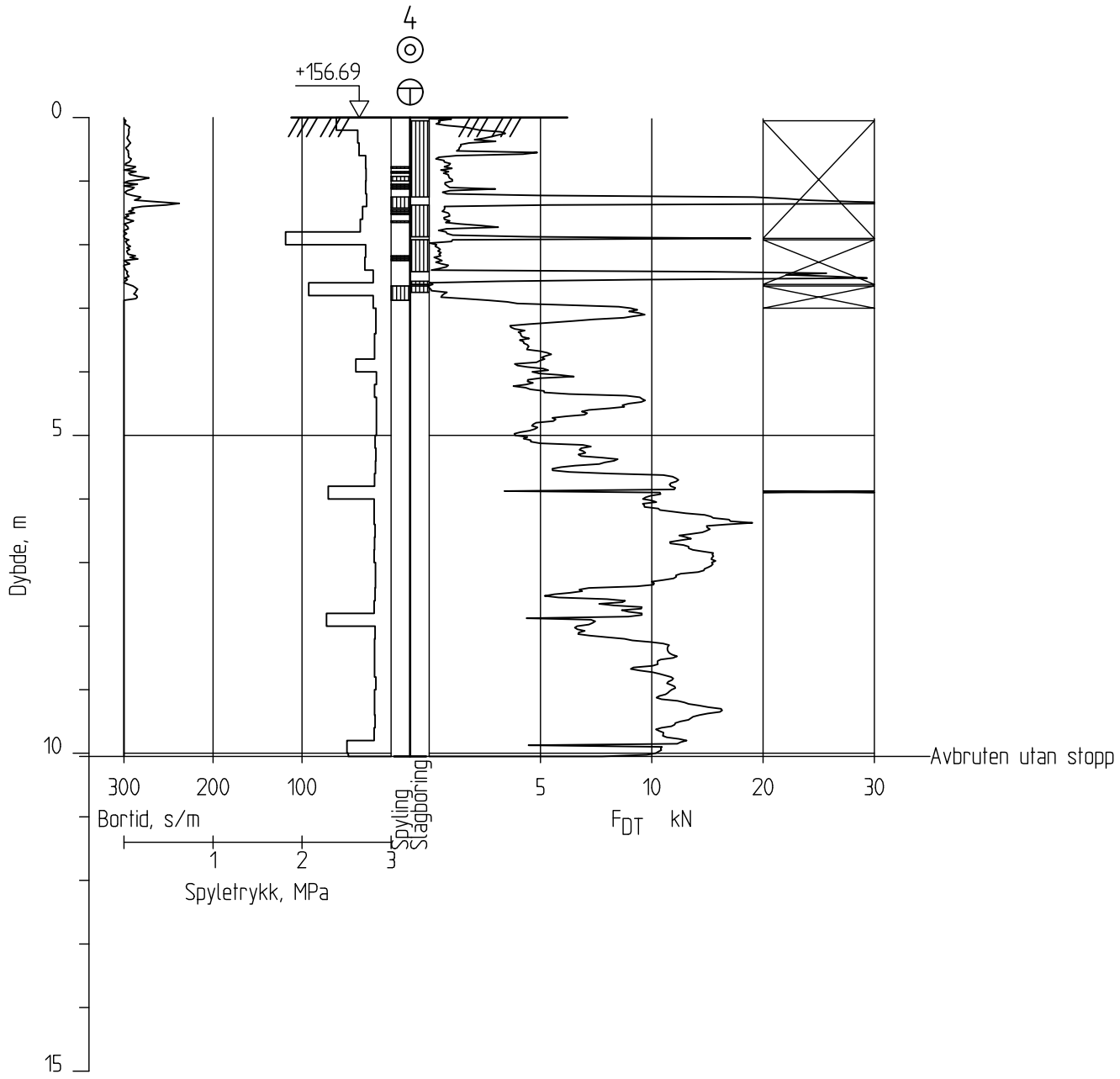
Tittel Borprofil 1			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-1	Rev. 0



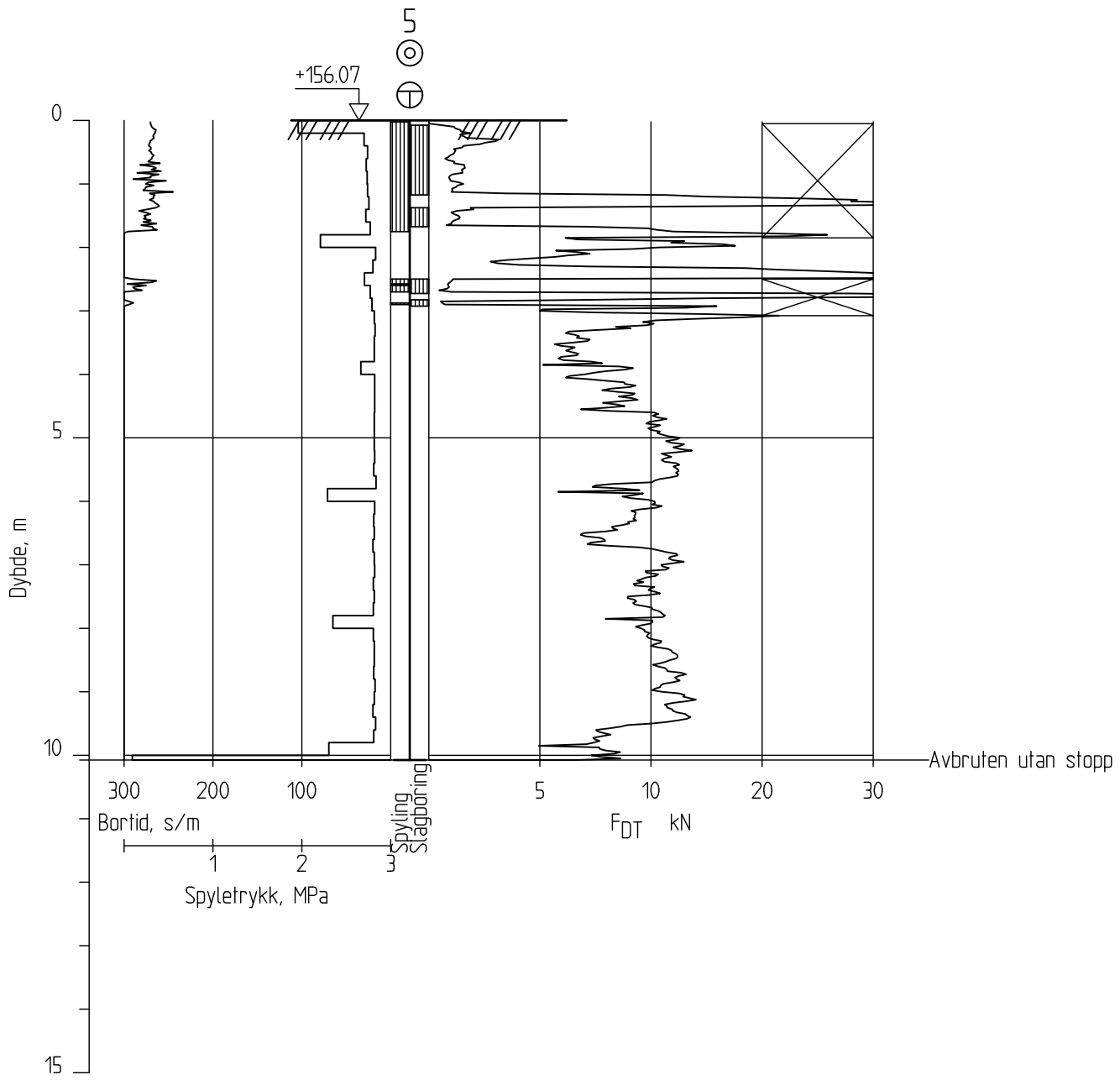
Tittel Borprofil 2			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-2	Rev. 0



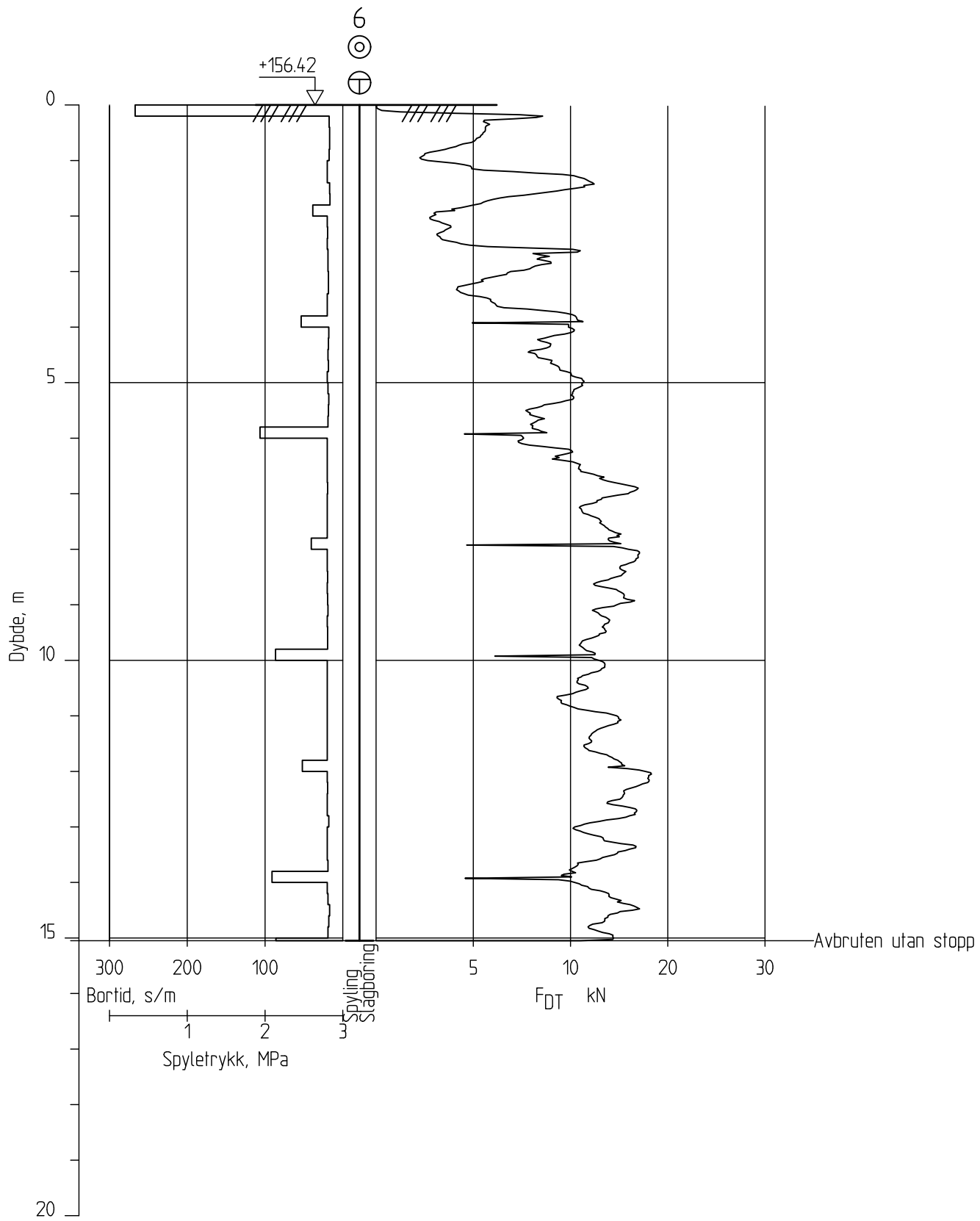
Tittel			Dato	
Borprofil 3			18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-3	Rev. 0



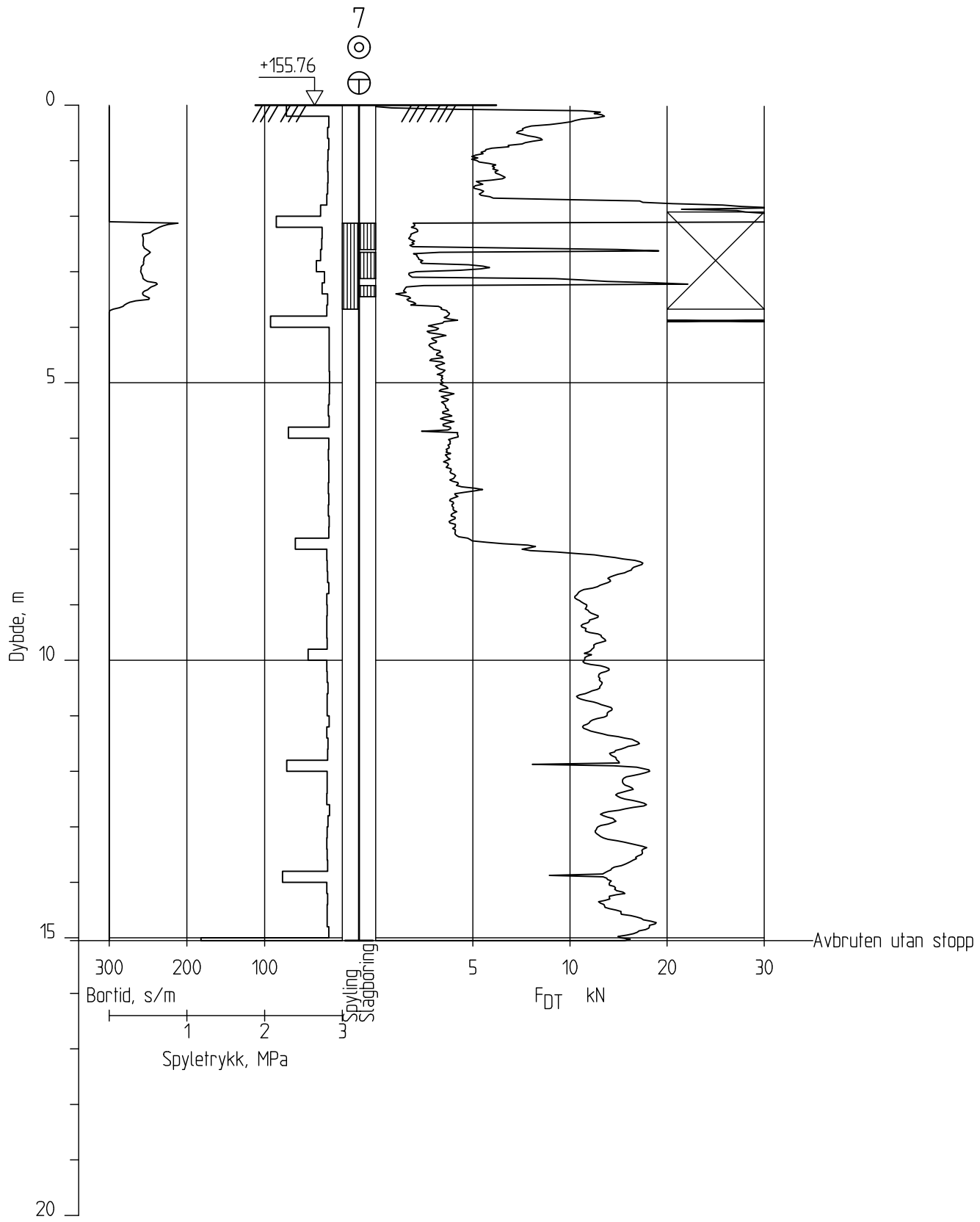
Tittel Borprofil 4			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-4	Rev. 0



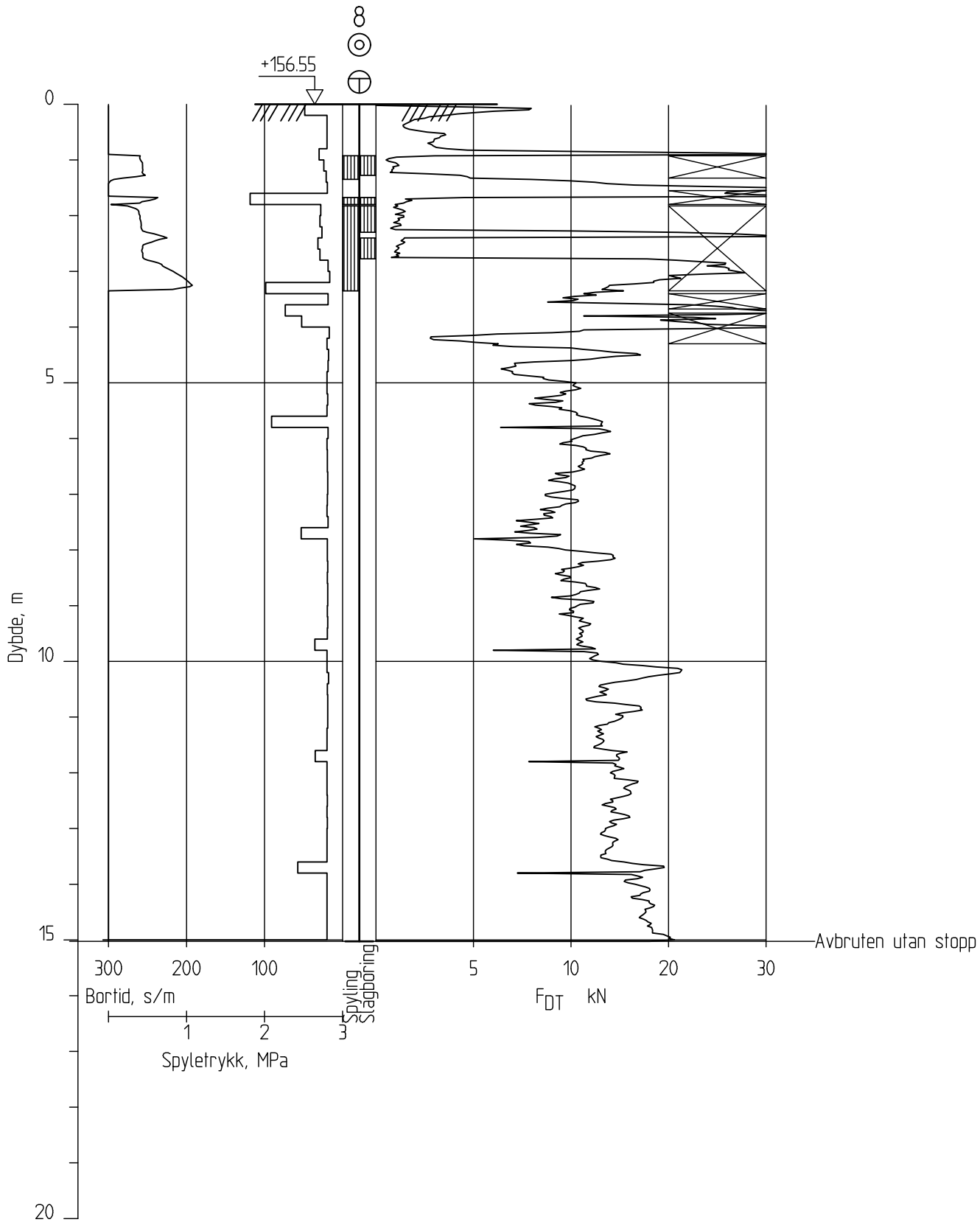
Tittel Borprofil 5			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-5	Rev. 0



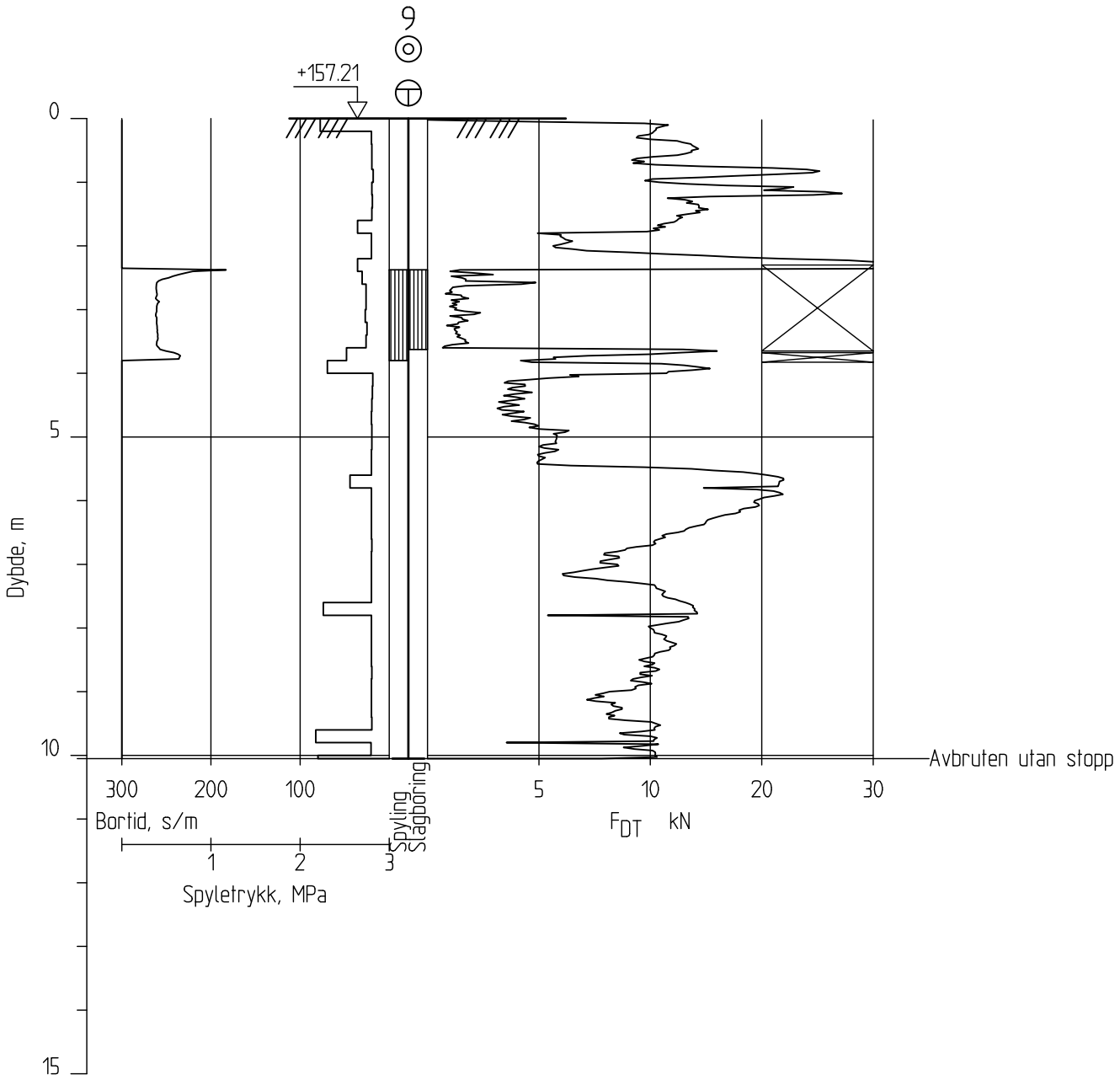
Tittel Borprofil 6			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-6	Rev. 0



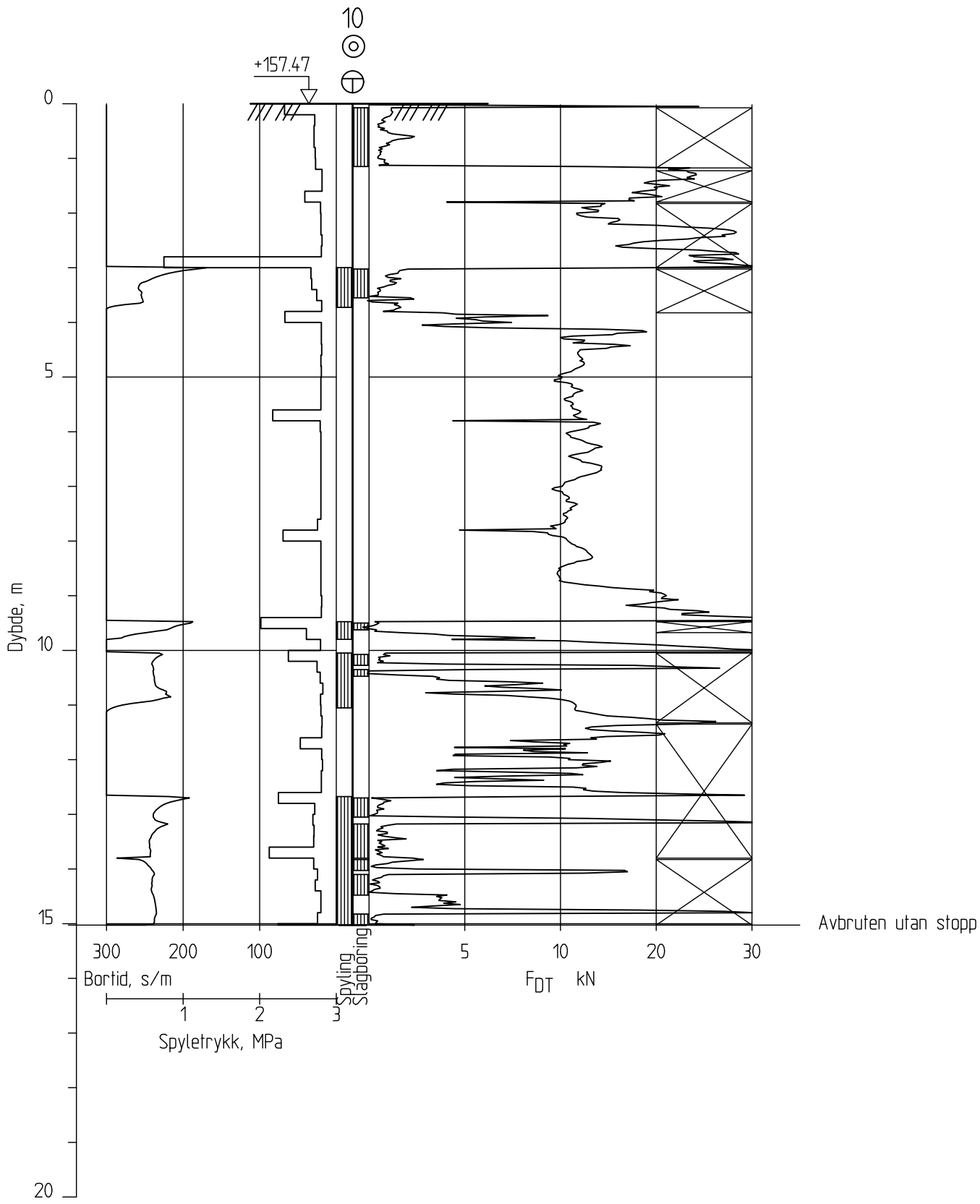
Tittel Borprofil 7			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-7	Rev. 0



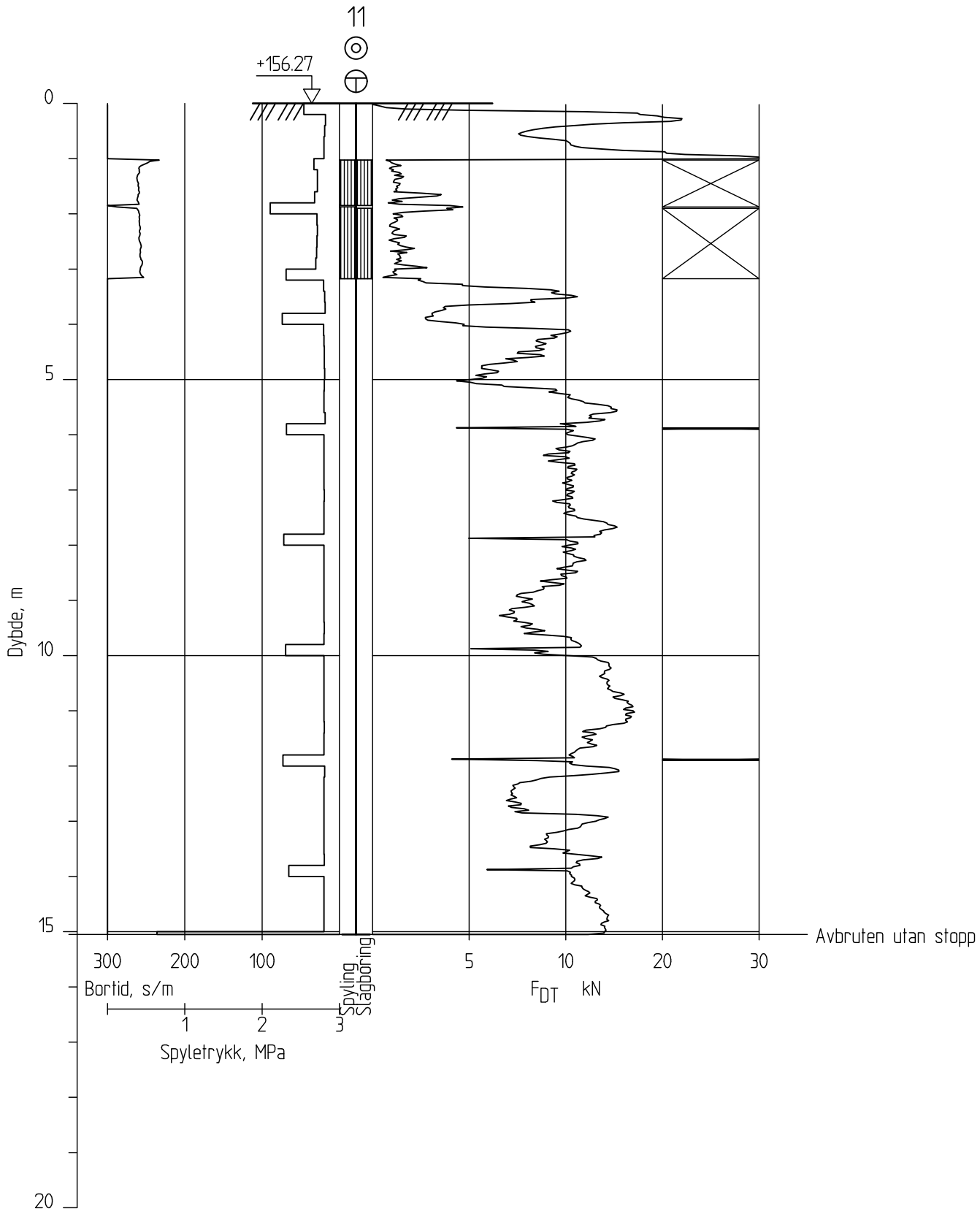
Tittel Borprofil 8			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-8	Rev. 0



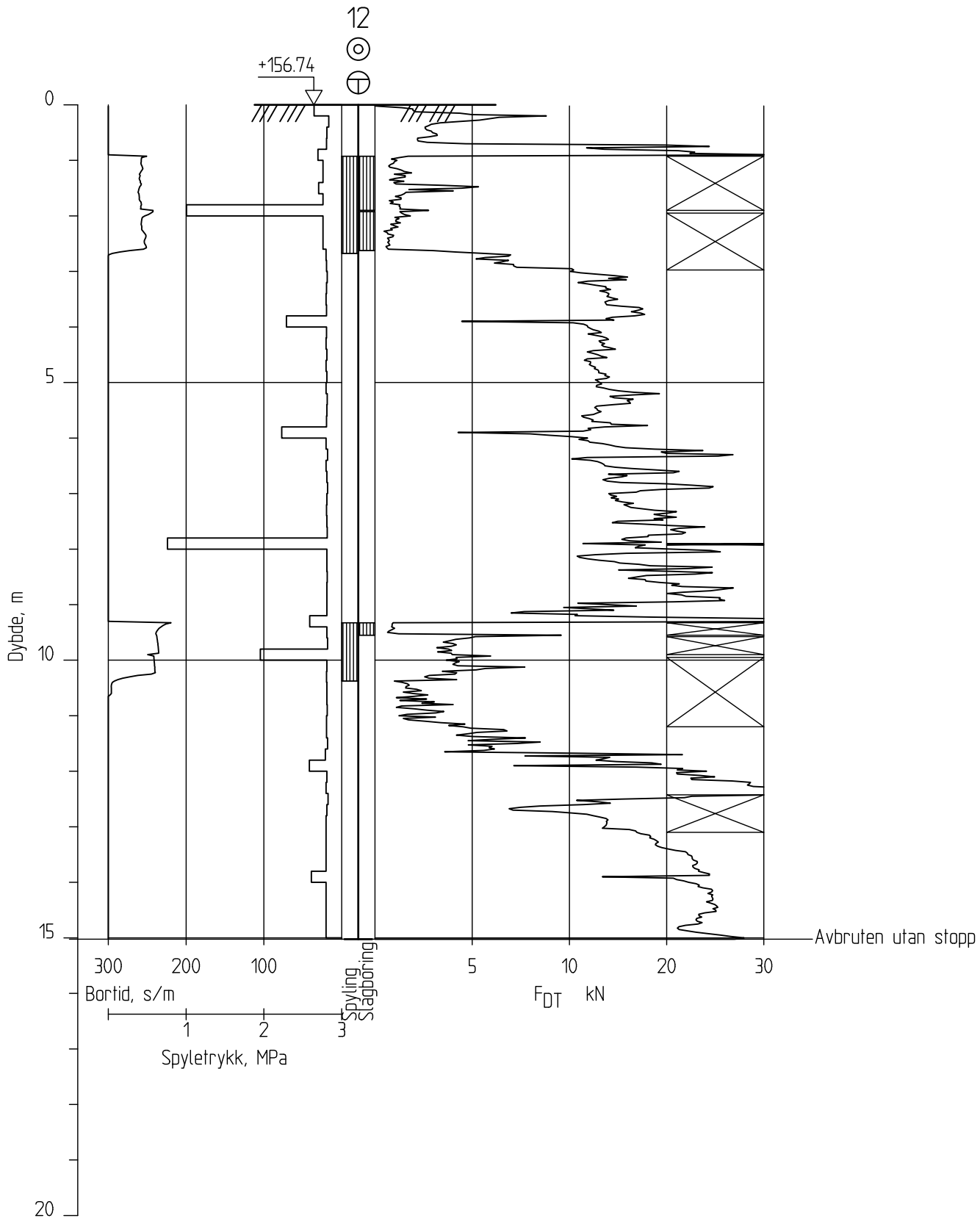
Tittel Borprofil 9			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-9	Rev. 0



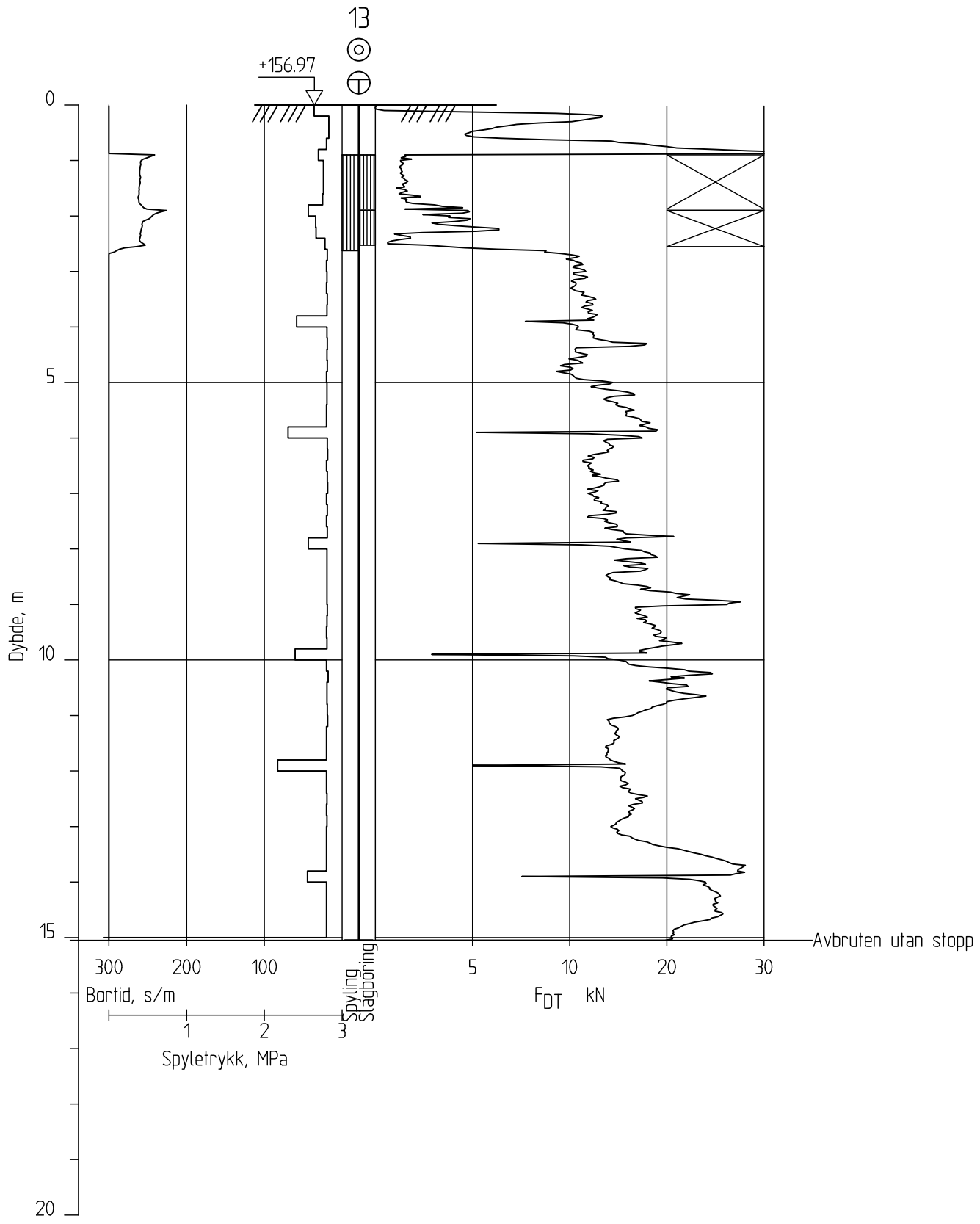
Tittel Borprofil 10			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-10	Rev. 0



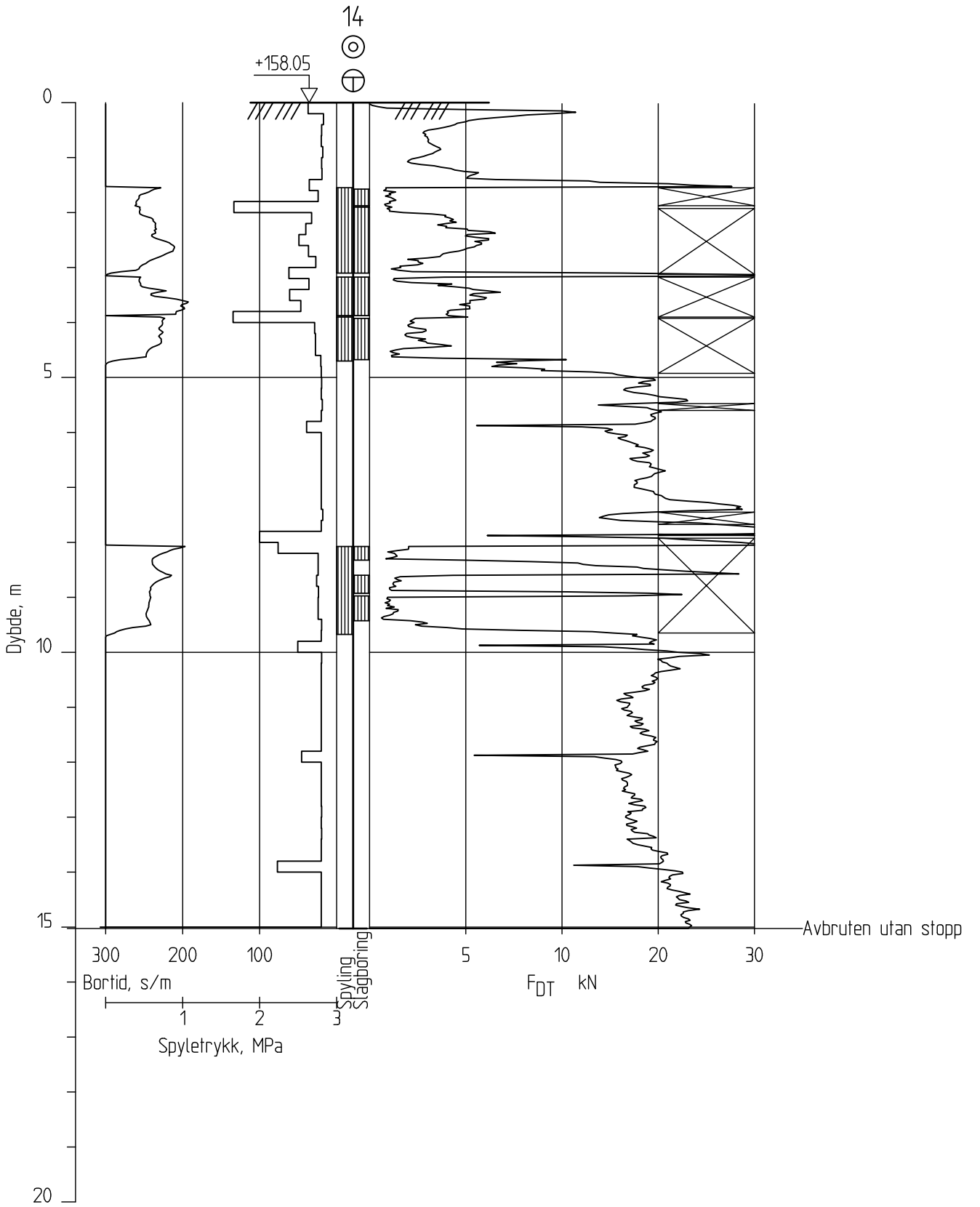
Tittel Borprofil 11			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-11	Rev. 0



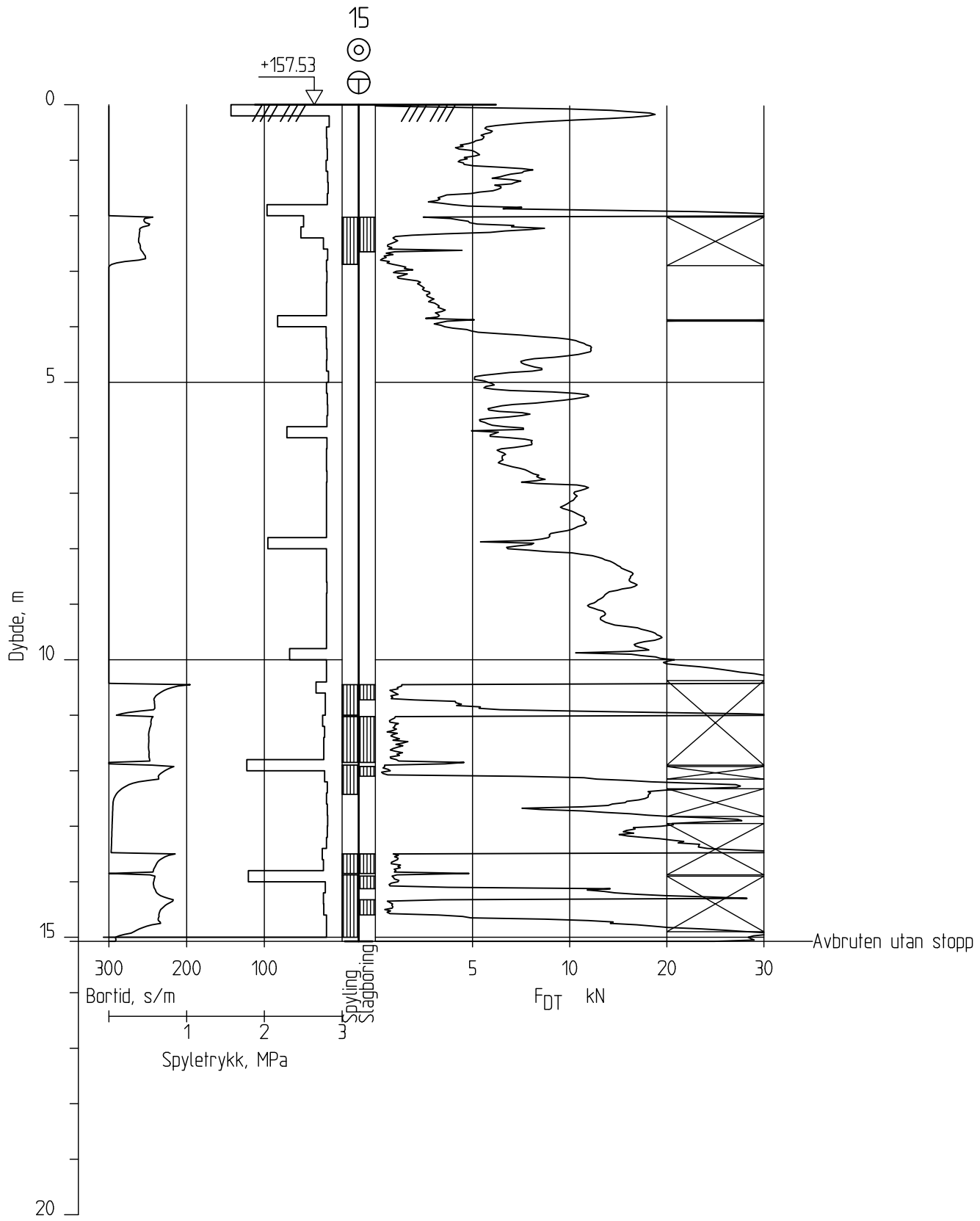
Tittel Borprofil 12			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-12	Rev. 0



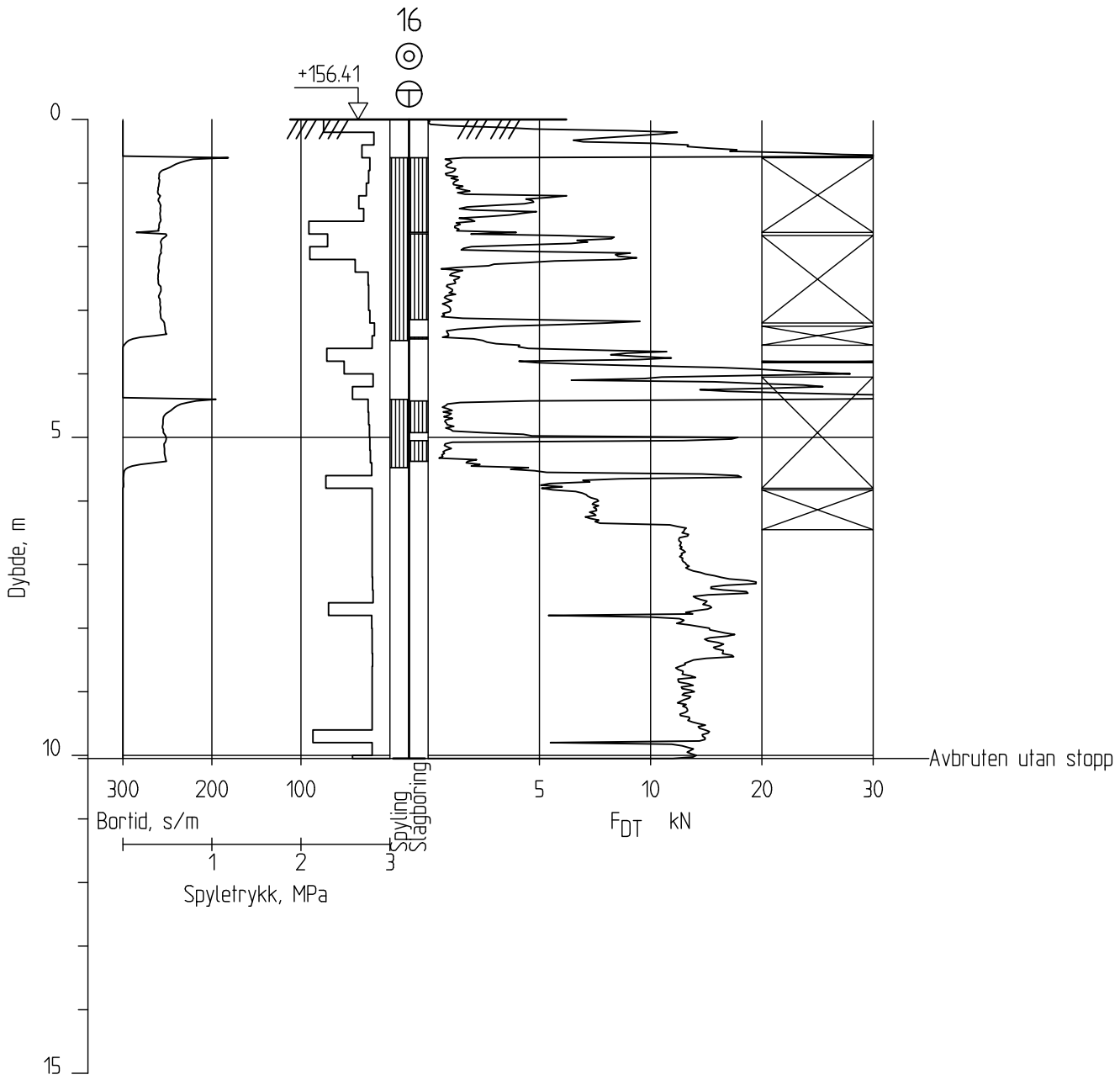
Tittel Borprofil 13			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-13	Rev. 0



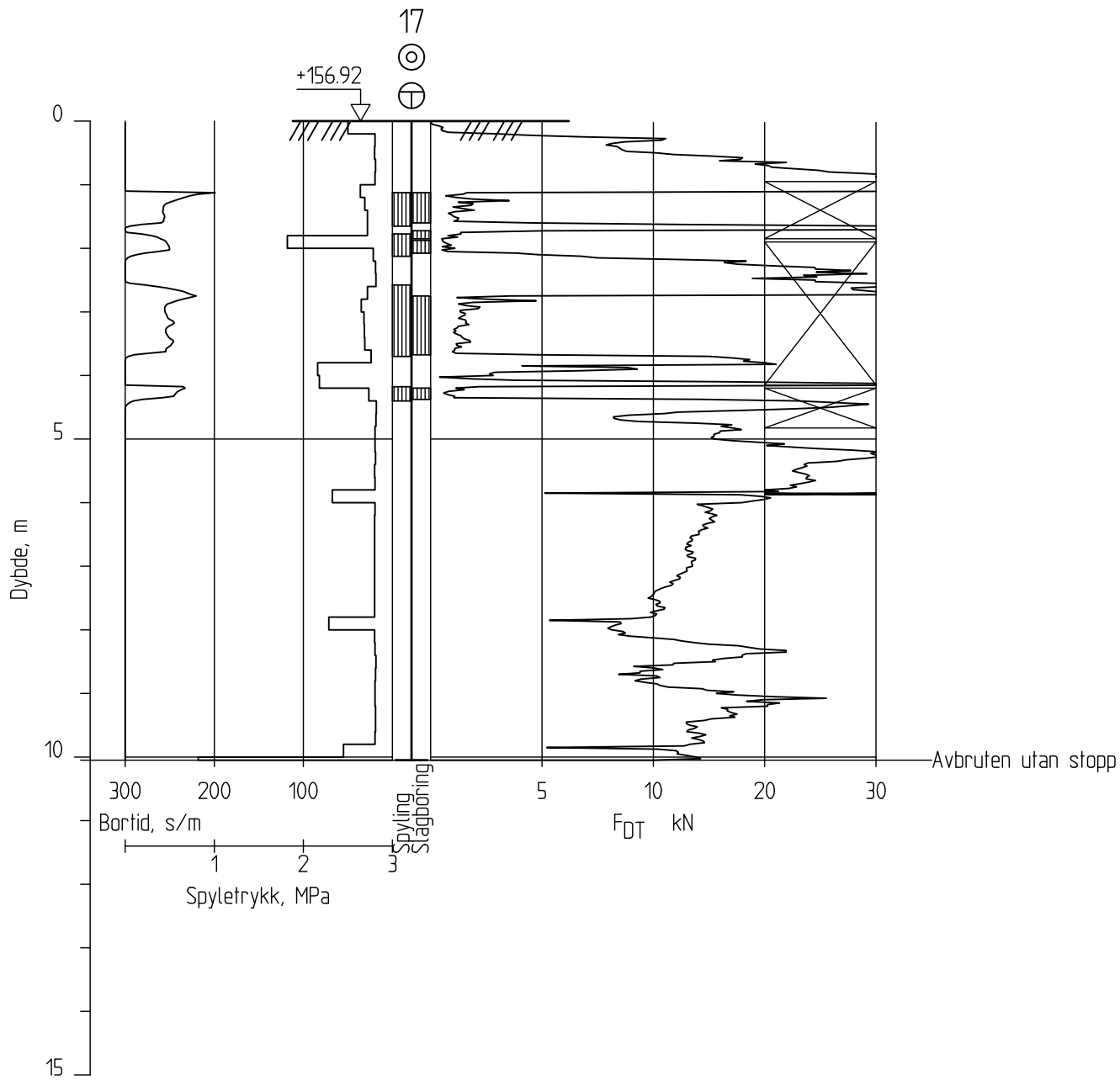
Tittel Borprofil 14			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-14	Rev. 0



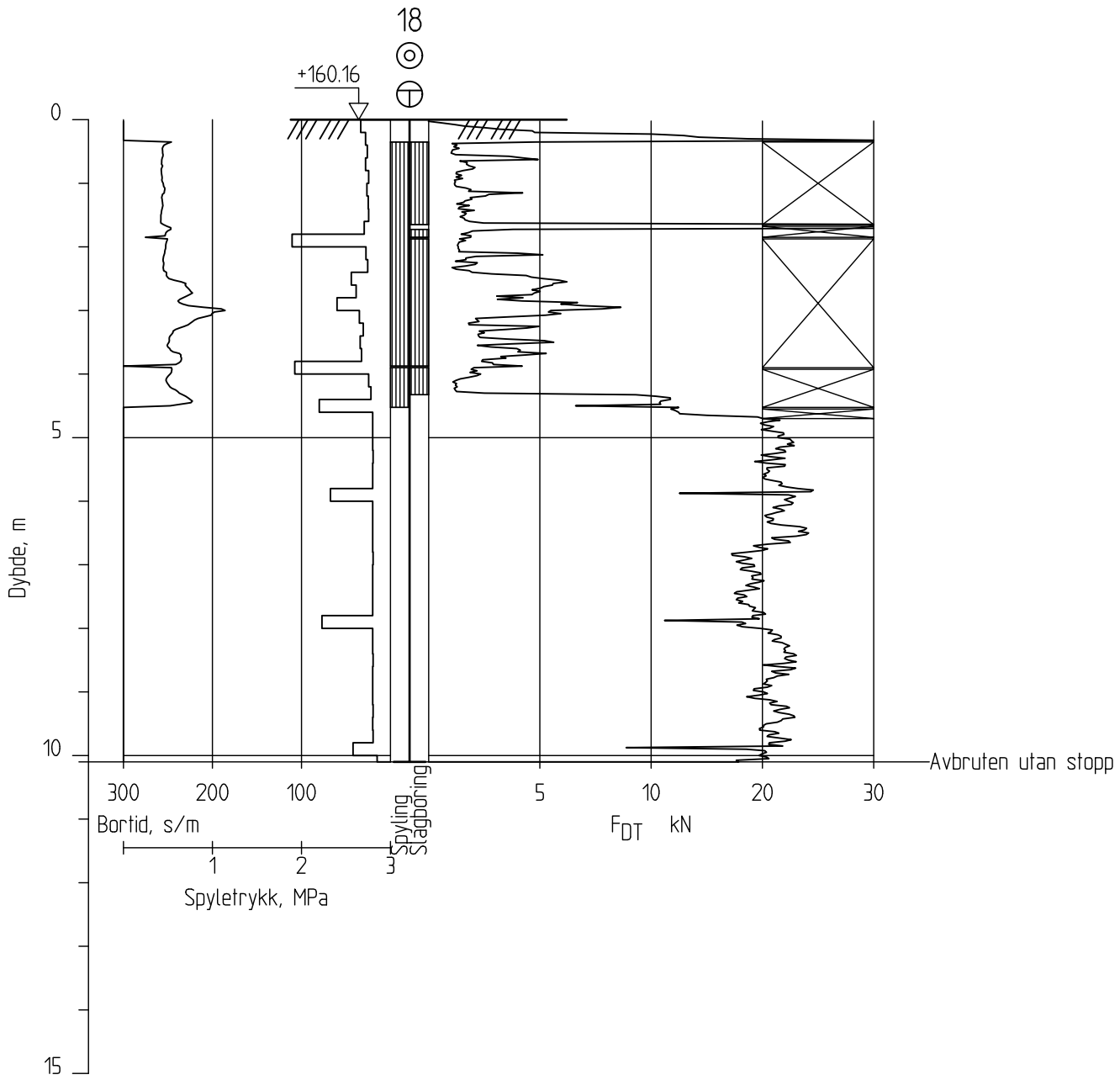
Tittel Borprofil 15			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-15	Rev. 0



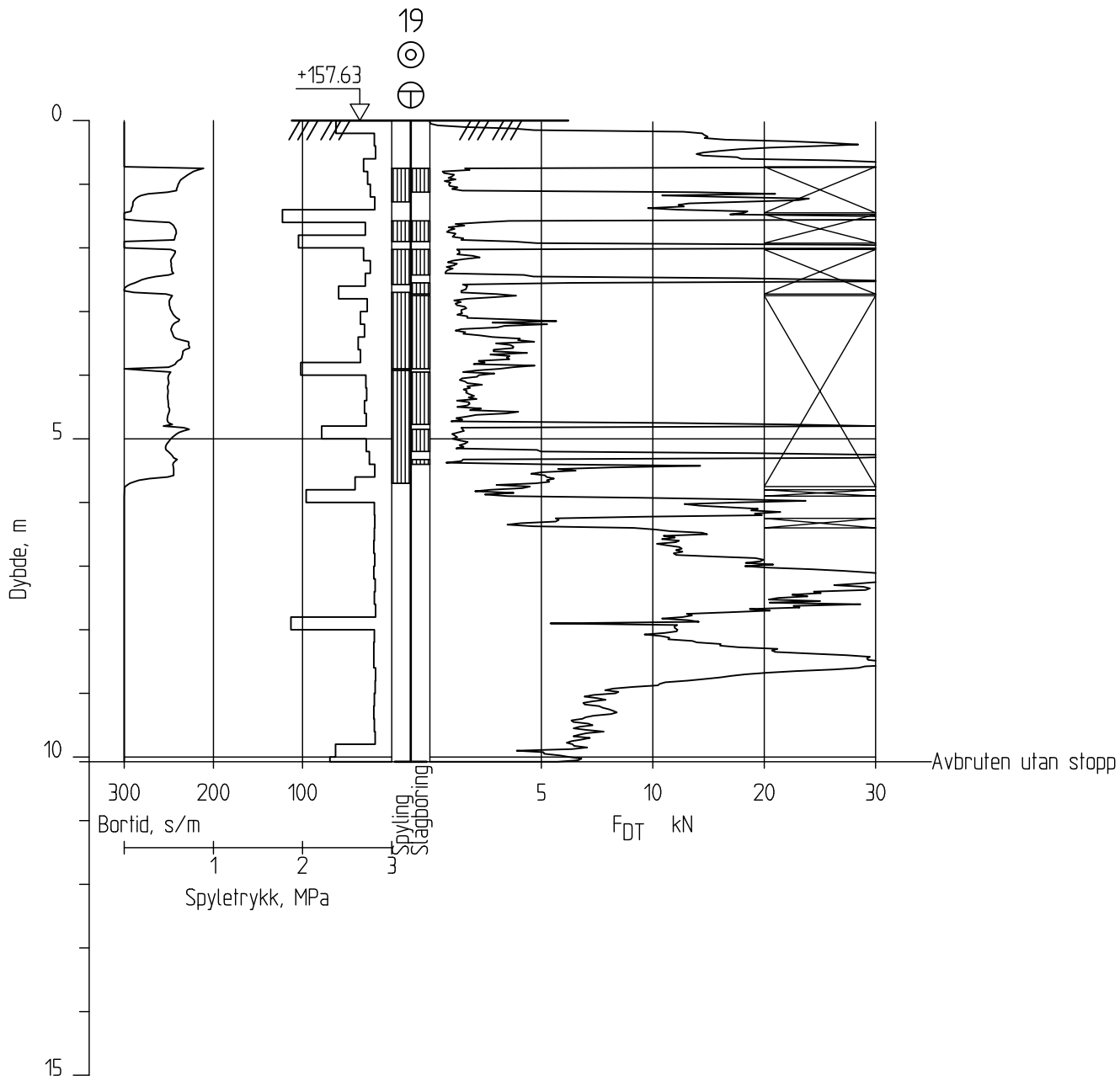
Tittel Borprofil 16			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-16	Rev. 0



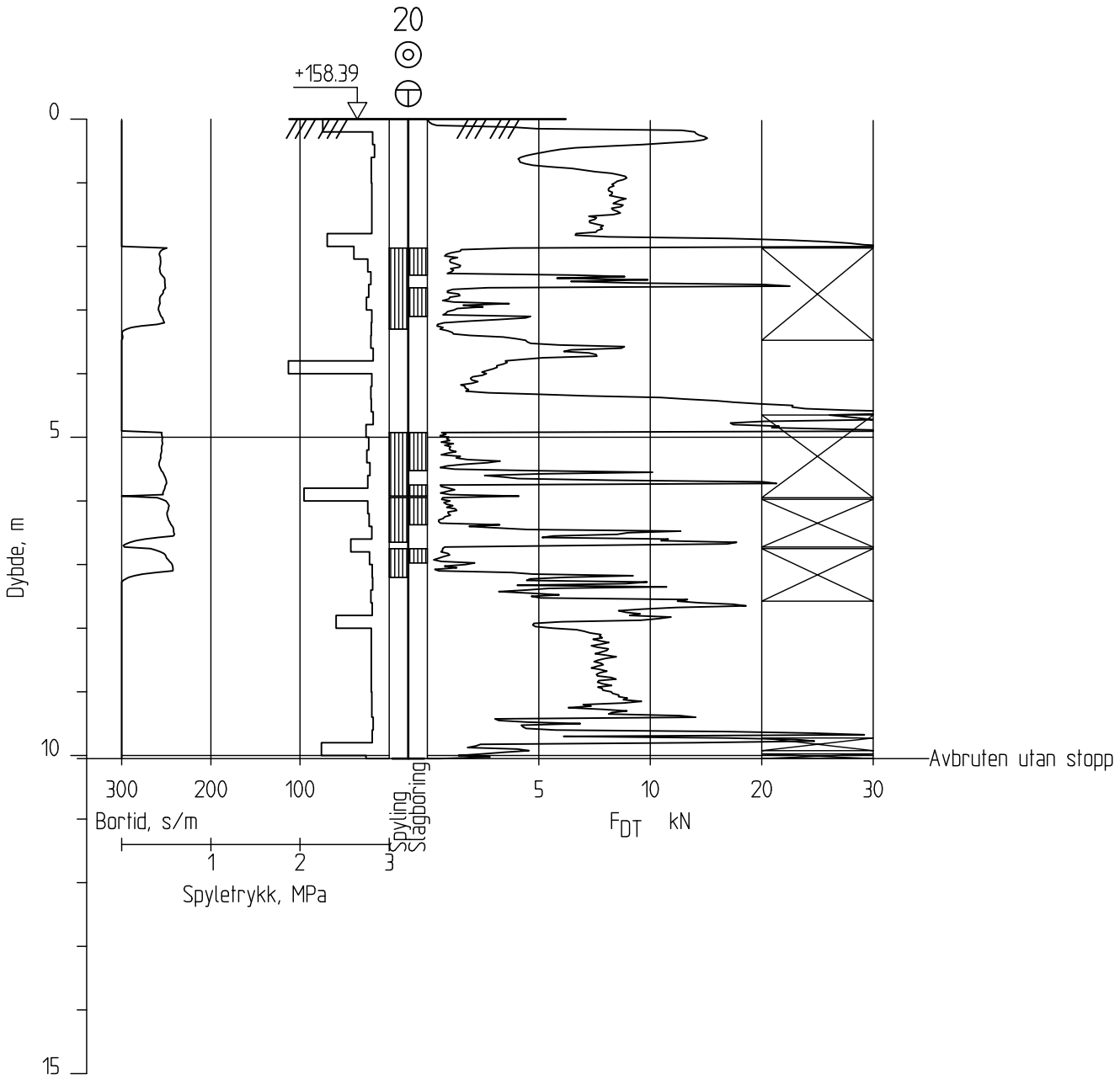
Tittel Borprofil 17			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-17	Rev. 0



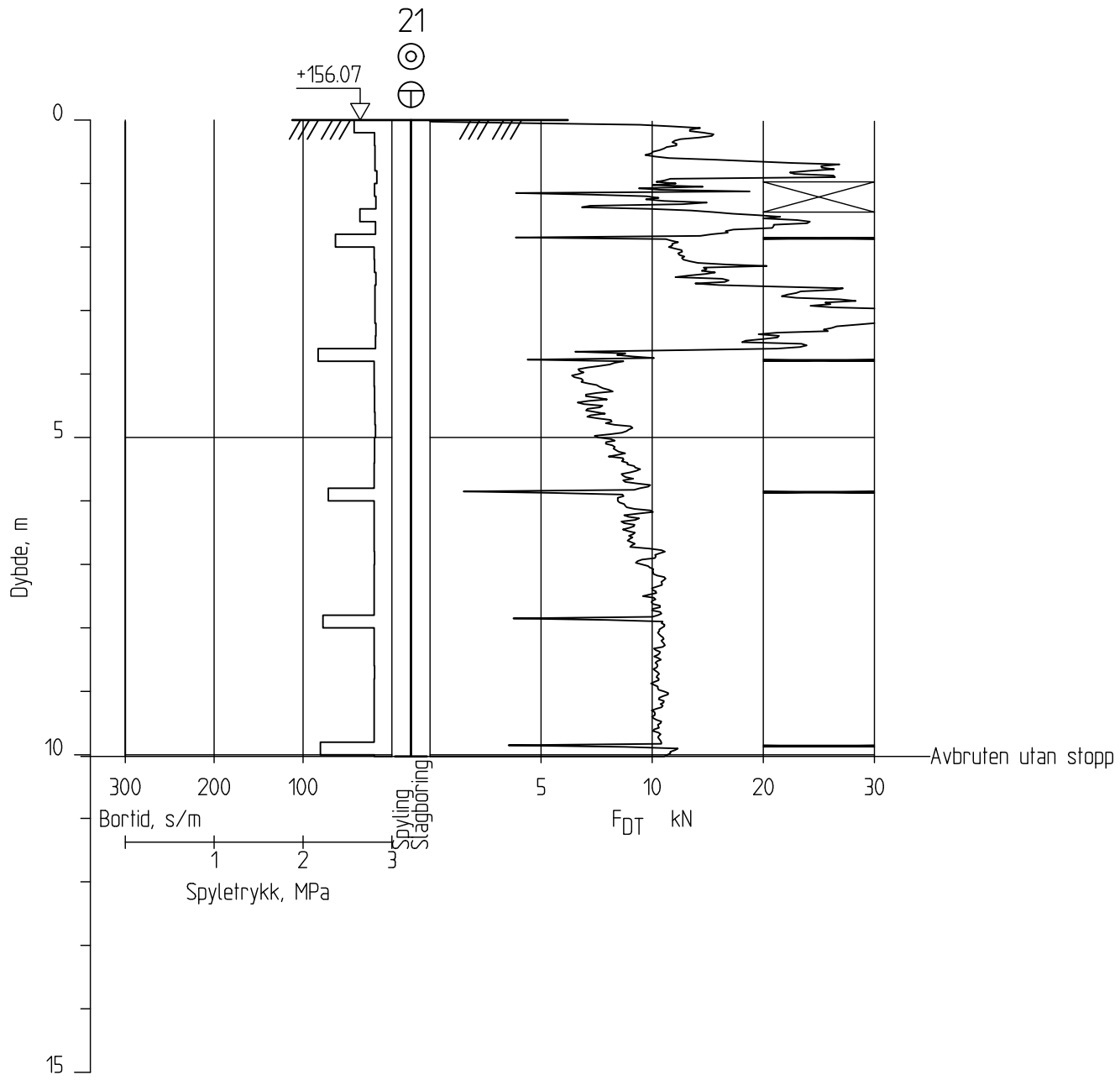
Tittel			Dato	
Borprofil 18			18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-18	Rev. 0



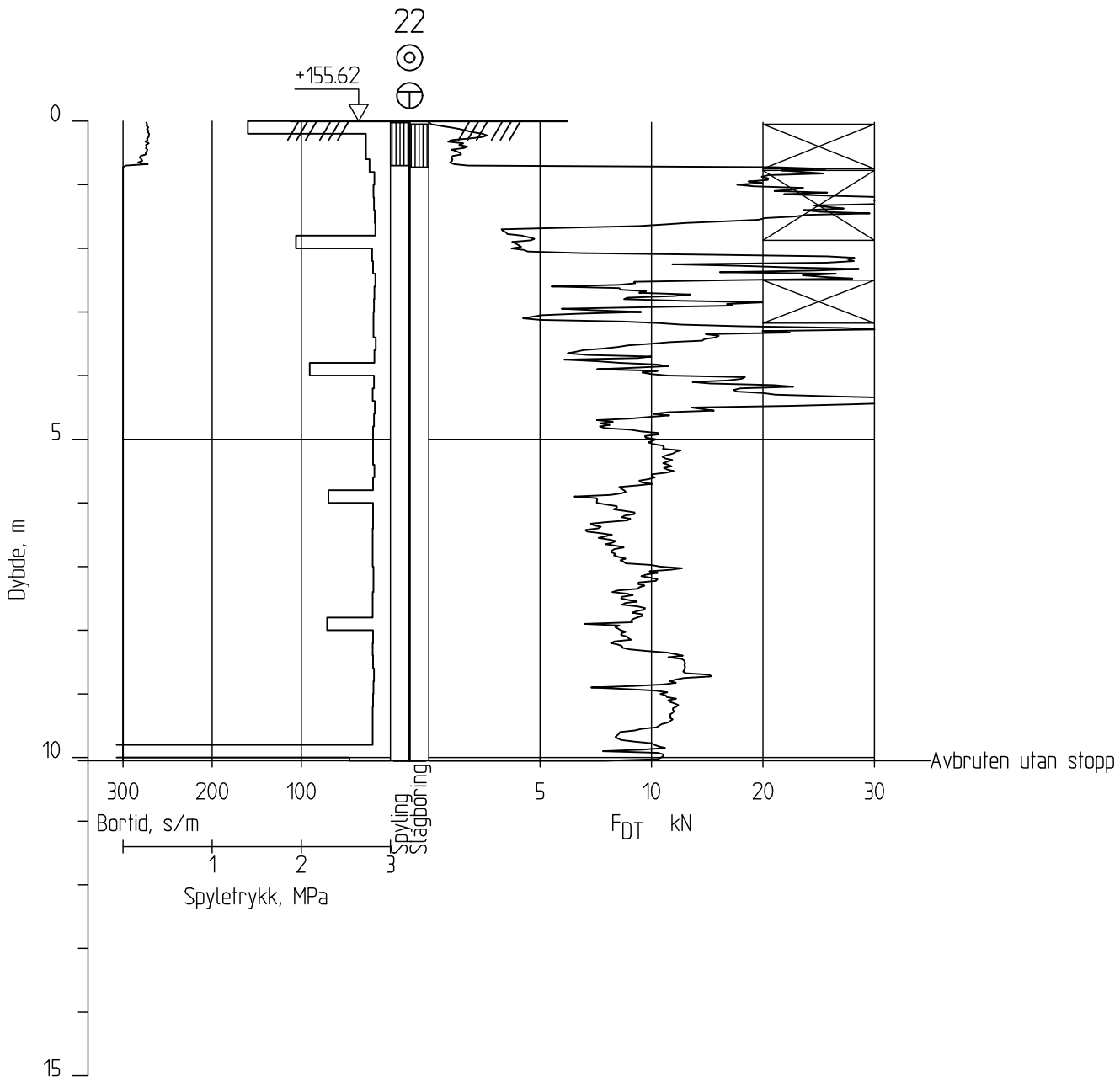
Tittel Borprofil 19			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-19	Rev. 0



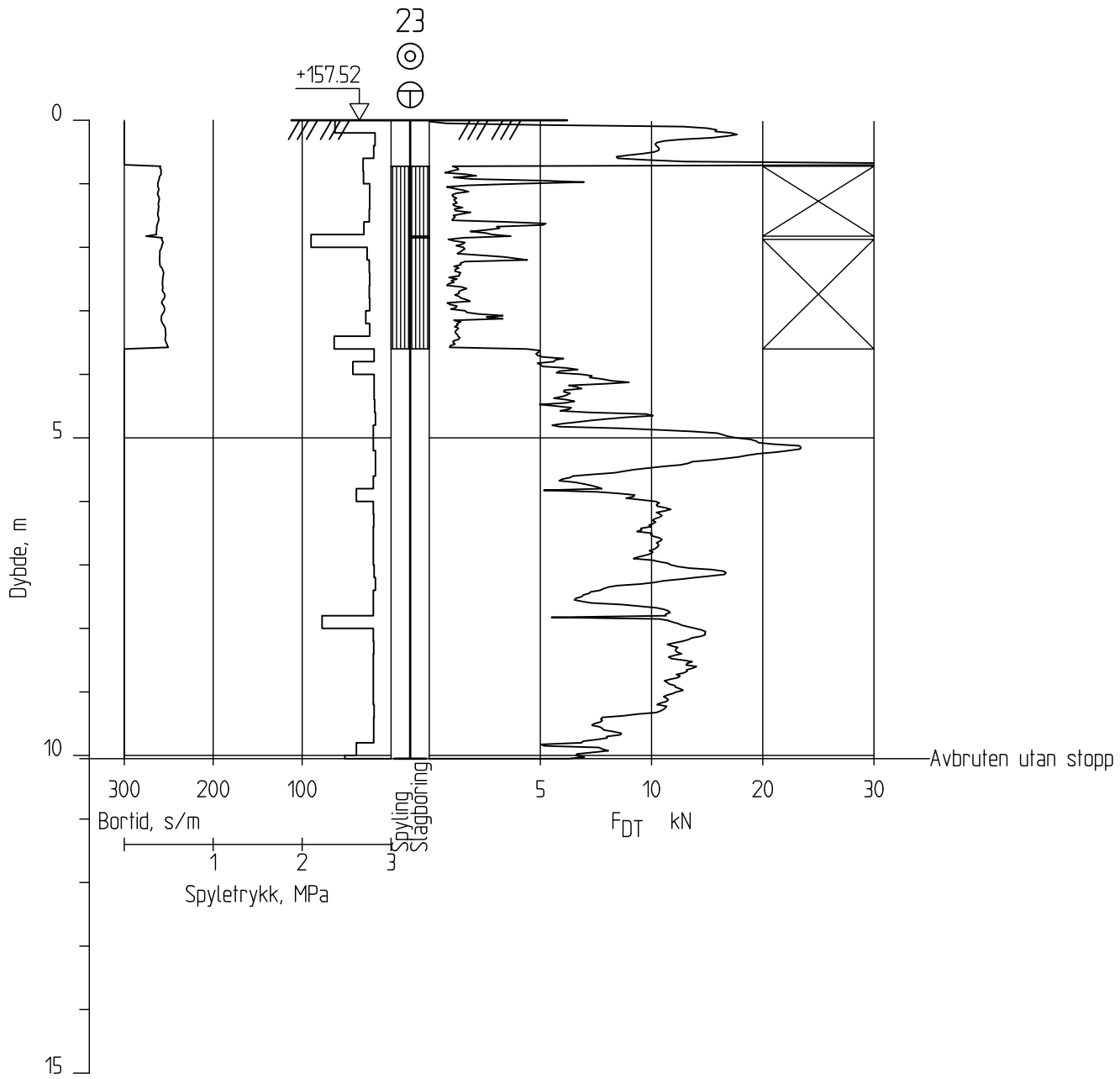
Tittel Borprofil 10			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-20	Rev. 0



Tittel			Dato	
Borprofil 21			18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt: Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet: CH	Kontrollert: EK
	Prosjektnr.: 50517/1919	Format/Målestokk: A3 1:100	Tegningsnr.: V02-21	Rev.: 0



Tittel Borprofil 22			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-22	Rev. 0



Tittel Borprofil 23			Dato 18.04.2024	
Romerike Geoteknikk	Prosjekt Flomsikringstiltak NVE, 79/39 m.fl. Nesbyen		Tegnet CH	Kontrollert EK
	Prosjektnr. 50517/1919	Format/Målestokk A3 1:100	Tegningsnr. V02-23	Rev. 0

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

Vedlegg 1

Rapport fra feltundersøkelser

v/ Romerike Grunnboring AS

Romerike Grunnboring

Prosjekt	NVE Nesbyen, Nesbyen kommune
Oppdrag	1919
Oppdragsgiver	NVE
Borleder	Raymond Store

Ver. 2.1
10.11.2023

Borlogg

Dato	Punkt ID	Metode	Mengde Dybde	Boring i berg	Forboring	Spyle medium	>100m til Vann	Stopp Kode	Rigg	Sign	NGF	Kommentarer	Levering av utstyr: Rør (m)	Gate Lokk	Kald Asfalt	Prøver: Naver 0-5	Naver 5-10	Naver >10	Tapt utstyr: Borestang	Krone u/tapp	Tapp	Naver
19.02.24		SØKNAD TRAFIKK	**1,0**							KZ		Søknad gravetillatelse Nesbyen										
04.03.24		PÅVISNING PKT	**25,0**							RK												
04.03.24		INNMÅLING GPS	**25,0**							RK					0							
06.03.24	4	TOT	**10,0**	0,0		V	1	90	6	RS	9	Sand grus stein till 2,8m. Sand silt med noe grus til stopp			0							
06.03.24	5	TOT	**10,0**	0,0		V	1	90	6	RS	9	Sand grus stein till 3m. Sand silt med noe grus til stopp			0							
06.03.24	22	TOT	**10,0**	0,0		V	1	90	6	RS	9	Sand grus stein til 4,5m. Sand silt med noe grus til stopp			0							
06.03.24	21	TOT	**10,0**	0,0		V	1	90	6	RS	9	Sand grus stein 3,8m. Sand til stopp			0							
06.03.24	19	FLYTTING >1KM	**1,0**						6	RS		Foor å komme rundt til 19			0							
06.03.24	19	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus og stein til 5,4m. Sand stein til stopp			0							
06.03.24	17	ULENDT TERRENG	**1,0**						6	RS		Mye snø og skog			0							
06.03.24	17	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus og sstein til 5,5m. Sand stein til sstopp			0							
06.03.24	18	ULENDT TERRENG	**1,0**						6	RS		Mye snø og skog			0							
06.03.24	18	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Grus og stein til 4,4m. Sand grus til stopp			0							
06.03.24		VENTETID RIGG	**0,5**						6	RS		Teams møte			0							
06.03.24	20	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand til 2m. Sand grus og stein til stopp			0							
06.03.24	16	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Grus stein til 5,5m. Sand med noe grus til stopp			0							
06.03.24		FLYTTING >1KM	**1,0**						6	RS		Rundt elva			0							
06.03.24	9	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus til 2,4m. Sand grus stein til 3,7m. Sand med noe grus til stopp			0							
06.03.24	23	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand til 0,7m. Stein grus til 3,6m. Sand til stopp			0							
06.03.24	2	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Grus stein til 4,1m. Sand med noe grus tiul stopp			0							
06.03.24	3	TOT	**10,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	sand til 1.3m. Grus stein til 4.3.m. Sand med noe grus til stopp			0							
06.03.24	8	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand til 1m. Grus stein til 2,8m. Sand med noe grus til stopp			0							
06.03.24	10	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus sttein il stopp			0							
06.03.24	11	ULENDT TERRENG	**1,0**						6	RS		Vanskelig tilkomst. Måtte igjennom en hekk med jordhaug bak. Var ok for grunneier			0							
06.03.24	11	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus stein til 3,2m. Sand til stopp			0							
07.03.24	0	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS		Sand grus stein til 3,5m. Sand med noe grus til 10,4m. Grus stein til 12,5m. Sand til stopp			0							
07.03.24	1	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus til 2,8m. Sand md noe grus til stopp			0							
07.03.24	12	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus med noe stein til stopp			0							

Romerike Grunnboring

Prosjekt	NVE Nesbyen, Nesbyen kommune
Oppdrag	1919
Oppdragsgiver	NVE
Borleder	Raymond Store

Ver. 2.1
10.11.2023

Borlogg

Dato	Punkt ID	Metode	Mengde Dybde	Boring i berg	Forboring	Spyle medium	>100m til Vann	Stopp Kode	Rigg	Sign	NGF	Kommentarer	Levering av utstyr: Rør (m)	Gate Lokk	Kald Asfalt	Prøver: Naver 0-5	Naver 5-10	Naver >10	Tapt utstyr: Borestang	Krone u/tapp	Tapp	Naver
07.03.24	13	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand til 1m. Grus stein til 2,5m. Sand med noe grus til stopp			0							
07.03.24	14	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand grus stein til 9,4m. Sand med noe grus ti stopp			0							
07.03.24	15	TOT	**15,0**	0,0		L	0	90	6	RS	9	Sand til ca 2m. Stein grus til ca 3m. Sand til ca 9,8m. Stein grus til stopp			0							
07.03.24	15	NAV	**13,0**						6	RS	11	Setter fast naver, tørr ikke gå dypere			0	5	5	3				
11.03.24	14	NAV	**3,2**						6	RS	11	Stoet i Steinlag			0	3	0	0				
11.03.24	13	NAV	**4,0**						6	RS	11	Setter fast naver i steinlag, kommer ikke dypere. Hull raser over og låser naver.			0	4	0	0				
11.03.24	12	NAV	**10,0**						6	RS	11				0	5	5	0				
11.03.24	1	NAV	**2,0**						6	RS	11	Satt fast naver på 2m.			0	1	0	0				1
11.03.24	0	NAV	**11,0**						6	RS	11	Stoppet på 11m pga bløt sand så blander seg inn mye annet i prøve.			0	5	5	1				0,25
11.03.24	11	NAV	**5,0**						6	RS	11	Vil ikk gå dypere. Naver setter seg fast i steinlag på 2-3m.Ødelagt naver og borstang			0	5	0	0	1			0,25
11.03.24	10	NAV	**8,0**						6	RS	11				0	5	3	0				
12.03.24	6	TOT	**15,0**	0,0			0	90	6	RS	9	Sand til stopp			0							
12.03.24	6	NAV	**15,0**						6	RS	11				0	5	5	5				
12.03.24	7	TOT	**15,0**	0,0			0	90	6	RS	9	Sand til 1,8m. Grus stein til 3,4m. Sand til stopp			0							
12.03.24	7	NAV	**11,0**						6	RS	11	Borstang sprakk pga steinlag. Stoppet pga bløt sand. Lite mase på naver så blir med masse fra andre dybder.			0	5	5	1	1			
12.03.24	8	NAV	**11,0**						6	RS		Stoppet pg steeinlag raser mer o mer sp mister mye av prøvene.			0	5	5	1				0,25
12.03.24	4	NAV	**2,0**						6	RS		Setter fast naver, Kom nesten ikkee løs. Kommer ikke dypee.			0	1	0	0				0,5
12.03.24	3	NAV	**4,0**						6	RS	11	Klarer ikke dypere. For mye Stein. Setter fast naver på hver prøve			0	4	0	0				0,1
12.03.24	2	NAV	**1,0**						6	RS	11	Veldig hardt steinlag fra 2m. Prøvde å forbore med stor krone, men satte fast denne og mistet krona og ødela en borstang			0	1	0	0	1	1	2	
12.03.24	23	NAV	**2,0**						6	RS	11	Stopper i hardt stein og gruslag. Kommer ikke dypere.			0	2	0	0				
												Kontaktperson ønsker at vi ikke risikerer å ødelegge mer utstyr så vi stopper når det blir for hardt.										
12.03.24	9	NAV	**4,0**						6	RS	11	Stoppr i grus steinlag. kommer ikke dypere			0	4	0	0				
12.03.24	5	NAV	**6,0**						6	Rs	11	Får Lit mass på Naver så følger med andre masser. Steinlag rister av en del masse/prøve			0	5	1	0				0,1

Romerike Grunnboring

Prosjekt	NVE Nesbyen, Nesbyen kommune
Oppdrag	1919
Oppdragsgiver	NVE
Borleder	Raymond Store

Ver. 2.1
10.11.2023

Borlogg

Dato	Punkt ID	Metode	Mengde Dybde	Boring i berg	Forboring	Spyle medium	>100m til Vann	Stopp Kode	Rigg	Sign	NGF	Kommentarer	Levering av utstyr: Rør (m)	Gate Lokk	Kald Asfalt	Prøver: Naver 0-5	Naver 5-10	Naver >10	Tapt utstyr: Borestang	Krone u/tapp	Tapp	Naver
12.03.24	22	NAV	**4,0**						6	RS	11	Får ikke opp no prøve pga steinlag som rister den av.			0	4	0	0				0,1
12.03.24	21	NAV	**7,0**						6	RS	11	Får opp lite masse fra, mister mye av det i steinlaget på vei opp. Rists av.			0	5	2	0				
13.03.24		FLYTTING >1KM	**1,0**						6	RS		Flytte rundt til andre sidn av elva										
13.03.24	19	NAV	**3,0**						6	RS	11	Setter fast naver, kommr ikke dypere			0	3	0	0				0,2
13.03.24	17	ULENDT TERRENG	**1,0**						6	RS		Skog og mye snø										
13.03.24	17	NAV	**2,0**						6	RS	11	Setter fast naver i stein gruslag			0	2	0	0				
13.03.24	18	ULENDT TERRENG	**1,0**						6	RS		Skog og mye snø										
13.03.24	18	NAV	**0,5**						6	RS	11	Kommer ikke ned, for mye stor stein			0	1	0	0				
13.03.24	16	NAV	**1,0**						6	RS	11	Stopper i grov stein			0	1	0	0				
13.03.24	20	NAV	**6,0**						6	RS	11	Stoppeer i steinlag			0	5	1	0				
												Det har blitt store skadr på Naver vd prøvetagning på mnge av punktene o en naver er satt fast.										
												Avviker fra NGF prossedyre på totalsonderinger pga stangbruddfare										

Kommentarer

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

Vedlegg 2

Rapport fra laboratorieundersøkelser

v/ Romerike GeoLab AS

Romerike GeoLab

Dato
09.10.2024

Oppdragsgiver
NVE

Prosjekt
NVE Nesbyen

Prosjektnummer
20037

Revisjon
0

TEKNISK RAPPORT

Geotekniske laboratorieundersøkelser

PROSJEKTNR.	20037	
PROSJEKT	NVE Nesbyen	
OPPDRAGSGIVER	NVE	
EMNE	Geotekniske laboratorieundersøkelser	
REV.	0 09.10.2024	
UTARBEIDET AV	Silje Hogner	Laboratorieingeniør
KONTROLLERT AV	Marianne Dahl	Geotekniker / M.Sc.

BESKRIVELSE AV OPPDRAGET

Prøvene ble bearbeidet i to omganger. Prøver tatt i borpunkt 8, 10, 11, 13, 14 og 15 ble åpnet i mars 2024. Prøver tatt i borhull 0 til 7, 12, og 16 til 23 ble åpnet i september/oktober 2024 og har ikke vanninnhold, da dette ikke lenger vil være representativt.

Resultatene er presentert i rekkefølge prøvene er åpnet.

VEDLEGG

Vedlegg:
A – Borprofil
B – Kornfordeling
C – Bilderapport

Revisjonslogg

Rev. Nr.	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Beskrivelse
0	09.10.2024	SH	MD	Første utgave
1				

1. Omfang av laboratorieundersøkelsen

1.1 Oppsummering

Prøvetype	Antall
54mm sylinder	
72-76mm sylinder	
Pose	54
Miniblokk	

Analyser	Antall
Rutine poseprøve	54
Rutine sylinderprøve	
Plastisitetsindeks	
Kornfordeling	34
Humusinnhold	34
Treaksialforsøk	
Ødometerforsøk	

1.2 Andre analyser / kommentarer til utførte analyser

Prøve	Kommentar / Eventuelle avvik
Prøve i borhull 0 til 7, 12, og 16 til 23	Vanninnhold er ikke tatt, da dette ikke er representativt.

1.3 Forklaringer

Rutine poseprøve – Inkluderer bilderapport, visuell beskrivelse/klassifisering* og vanninnhold

Rutine sylinderprøve – Inkluderer densitet, vanninnhold, bilderapport og visuell beskrivelse/klassifisering*, 2stk enaksialt trykkforsøk og 2stk konusforsøk (uomrørt og omrørt konus) dersom mulig og annet ikke er spesifisert. Prøven deles opp i biter på 10cm som navngis alfabetisk med dybden. A er alltid første/øverste bit.

Plastisitetsindeks – Flyte- og utrullingsgrenser utføres ved bestilling

Kornfordeling – Utføres ved bestilling. Det anbefales å utføre kornfordeling dersom det er bestilt spesialforsøk da kornfordelingen kan være med å belyse materialoppførselen.

Korndensitet - Utføres ved bestilling. Korndensiteten benyttes som korreksjonsfaktor i spesialforsøk og kornfordeling ved slemmeanalyse. Det kan derfor være lurt å bestille i sammenheng med disse analysene.

Humusinnhold ved glødetap - Utføres ved bestilling

Treaksialforsøk, ødometerforsøk og andre spesialanalyser presenteres som plott av spennings- og tøyningsstier i pdf-format. Treaksforsøk presenteres i denne rapporten gjennom NTNU-plott. Øvrige/andre plott kan sendes ved forespørsel

***NB:** Med mindre en kornfordelingsanalyse er utført, er dette kun en subjektiv og veiledende klassifisering som er basert på laborantens visuelle vurdering av materialet*

2. Prosedyrer for gjennomføring

Romerike Geolab utfører sine laboratorieundersøkelser i henhold til relevante ISO-standarder, samt Statens vegvesen sin veiledning: SVV håndbok R210 (2016).

Dokument	Tema
NS-EN ISO 17892-12:2018 NS-EN ISO 17892-12:2018/A1:2021 NS-EN ISO 17892-12:2018/A2:2022 NS8002 (Utgått – korreksjonsfaktorer for beregning av flytegrense er hentet fra denne standarden)	Plastisitetsgrenser, flyte- og utrullingsgrense
NS-EN ISO 17892-4:2016	Kornfordelingsanalyse
NS-EN ISO 14688-1 og -2	Jord – bestanddeler og struktur. Klassifisering og identifisering
NS-EN ISO 17892-2:2014	Romdensitet
NS-EN ISO 17892-3:2015	Korndensitet
NS-EN ISO 17892-1:2014 NS-EN ISO 17892-1:2014/A1:2022	Vanninnhold
NS-EN ISO 17892-6:2017	Skjærfasthet ved konusforsøk
NS-EN ISO 17892-7:2018	Skjærfasthet ved enaksialt trykkforsøk
NS-EN ISO 17892-5:2017	Ødometerforsøk, trinnvis belastning
NS8018, SVV Håndbok R210	Ødometerforsøk, kontinuerlig belastning
NS-EN ISO 17892-8:2018 NS-EN ISO 17892-9:2018	Treaksialforsøk (CU, CD)
Statens vegvesen håndbok R210	Laboratorieundersøkelser
Statens vegvesen håndbok N200	Bestemmelse av telefarlighetsklasse
Statens vegvesen Treaksregneark v2023_01 Statens vegvesen Ødometer-regneark v2022_01	Plott av ødometer- og treaksforsøk

3. Geotekniske begreper og forklaring

MINERALSKE JORDARTER

Ved prøveåpning klassifiseres og indentifiseres jordarten. Mineralske jordarter klassifiseres vanligvis på grunnlag av korngraderingen. Betegnelse og kornstørrelser for de enkelte fraksjonene er:

Fraksjon	Leire	Silt	Sand	Grus	Stein	Blokk
Kornstørrelse [mm]	<0,002	0,002 – 0,063	0,063 - 2	2 - 63	63 - 630	>630

En jordart kan inneholde én eller flere av fraksjonene over. Jordartens benevning gis i henhold til korngraderingen med substantiv for den fraksjon som har dominerende betydning for jordartens egenskaper og adjektiv for medvirkende fraksjoner (for eksempel siltig sand). Leirinnholdet har størst betydning for benevnelse av jordarten. Morene er en usortert breavsetning som kan inneholde alle fraksjoner fra leir til blokk. Den største fraksjonen angis først i beskrivelsen etter egne benevningsregler, for eksempel grusig morene.

ORGANISKE JORDARTER

Organiske jordarter klassifiseres på grunnlag av jordartens opprinnelse og omdanningsgrad. De viktigste typer er:

Benevnelse	**Beskrivelse**
Torv	Myrplanter, mer eller mindre omdannet
• Fibrig torv	Fibrig med lett gjenkjennelig plantestruktur. Viser noe styrke
• Delvis fibrig torv	Gjenkjennelig plantestruktur, ingen styrke i planterestene
• Amorf torv	Ingen synlig plantestruktur, svampaktig konsistens
Gytje og dy	Nedbrutt struktur av organisk materiale, kan inneholde mineralske bestanddeler
Humus	Planterester, levende organismer sammen med ikke-organisk innhold
Mold og matjord	Sterkt omdannet organisk materiale med løs struktur, utgjør vanligvis det øvre jordlaget

KORNFORDELINGSANALYSER

En kornfordelingsanalyse utføres ved våt eller tørr sikting av fraksjonene med diameter d > 0,063 mm. For mindre partikler bestemmes den ekvivalente korndiameteren ved slemmeanalyse og bruk av hydrometer. I slemmeanalysen slemmes materialet opp i vann og densiteten av suspensjonen måles ved bestemte tidsintervaller. Kornfordelingen kan da bestemmes fra Stokes lov om sedimentering av kuleformede partikler i vann. Det vil ofte være nødvendig med en kombinasjon av metodene.

VANNINNHOLD

Vanninnholdet angir masse av vann i % av masse tørt (fast) stoff og bestemmes ved tørking av en jordprøve på 110˚C i minst 24 timer.

KONSISTENSGRENSER/PLASTISITETSINDEKS

Konsistensgrensene (Atterbergs grenser) for en jordart angir vanninnholdsområdet der materialet oppfører seg plastisk (formbart). *Flytegrensen,* w_f angir vanninnholdet der materialet går fra plastisk til flytende tilstand. *Plastisitetsgrensen,* w_p (utrullingsgrensen) angir vanninnholdet der materialet ikke lenger kan formes uten at det sprekker opp. *Plastisitetsindeksen,* $I_p = w_f - w_p$ (%) angir det plastiske omradet for jordarten og benyttes til klassifisering av plastisiteten. Er det naturlige vanninnholdet høyere enn flytegrensen blir materialet flytende ved omrøring (vanlig for kvikkleire).

HUMUSINNHOLD

Humusinnholdet bestemmes ved glødning av jordprøve i varmeovn på 400°C i minst 24timer. Metoden angir innholdet av humufiserte organiske bestanddeler i % av den totale prøvemassen.

DENSITET, TYNGDETETTHET, PORETALL OG PORØSITET

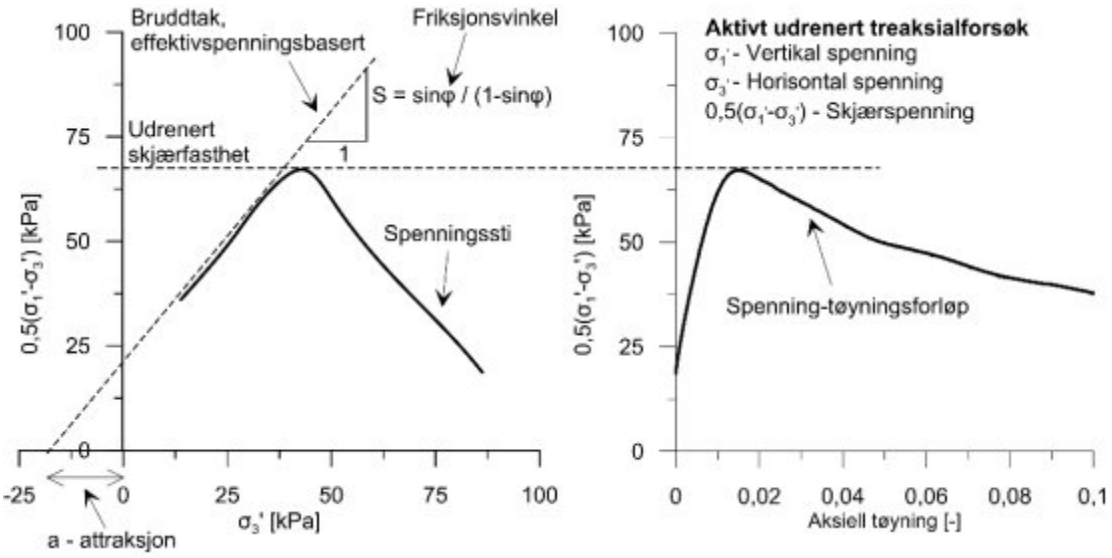
Navn	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Densitet	ρ	g/cm^3	Masse av prøve per volumenhet
Korndensitet	ρ_s	g/cm^3	Masse av fast stoff per volumenhet fast stoff
Tørr densitet	ρ_d	g/cm^3	Masse tørt stoff per volumenhet
Tyngdetetthet	ϒ	kN/m^3	Tyngde av prøve per volumenhet
Poretall	e	-	Volum av porer dividert med volum av fast stoff ($e=n/(1-n)$, n som desimaltall)
Porøsitet	n	%	Volum av porer i % av totalt volum av prøven ($n=e/(1+e)$)

SKJÆRFASTHET

Skjærfastheten beskriver jordens styrke og benyttes bla. til beregning av motstand mot utglidninger og grunnbrudd. Skjærfasthet benyttes i beregninger av skråningsstabilitet og bæreevne. For korttidsbelastninger i finkornige materialer (leire) oppfører jorden seg udrenert og skjærfastheten beskrives ved udrenert skjærfasthet. Over lengre tidsintervaller vil oppførselen karakteriseres som drenert. Det benyttes da effektivspenningsparametere.

Effektive skjærfasthetsparametre a (attraksjon) og $\tan \varphi$ (friksjon) bestemmes ved treaksiale belastningsforsøk på uforstyrrede (leire) eller innbyggede prøver (sand). Skjærfastheten er avhengig av effektiv normalspenning (totalspenning – poretrykk) på kritisk plan. Forsøksresultatene fremstilles som spenningsstier som viser spenningsutvikling og tilhørende tøyningsutvikling i prøven frem mot brudd. Fra disse, samt fra annen informasjon, bestemmes karakteristiske verdier for skjærfasthetsparametre for det aktuelle problemet.

Udrenert skjærfasthet c_u (kPa) bestemmes som den maksimale skjærspenning et materiale kan påføres før det bryter sammen i en situasjon med raske spenningsendringer uten drenering av poretrykk. I laboratoriet bestemmes denne egenskapen ved enaksialt trykkforsøk (c_{ut}), konusforsøk (uforstyrret c_{ufc}, omrørt c_{urfc}), udrenerte treaksialforsøk (kompresjon/aktiv c_{uA}, avlastning/passiv c_{uP}) og direkte skjærforsøk (c_{uD}). Udrenert skjærfasthet kan også bestemmes i felt ved for eksempel trykksondering med poretrykksmaling (CPTU) (c_{ucptu}) eller vingebor (uforstyrret c_{uv}, omrørt c_{uvr}).

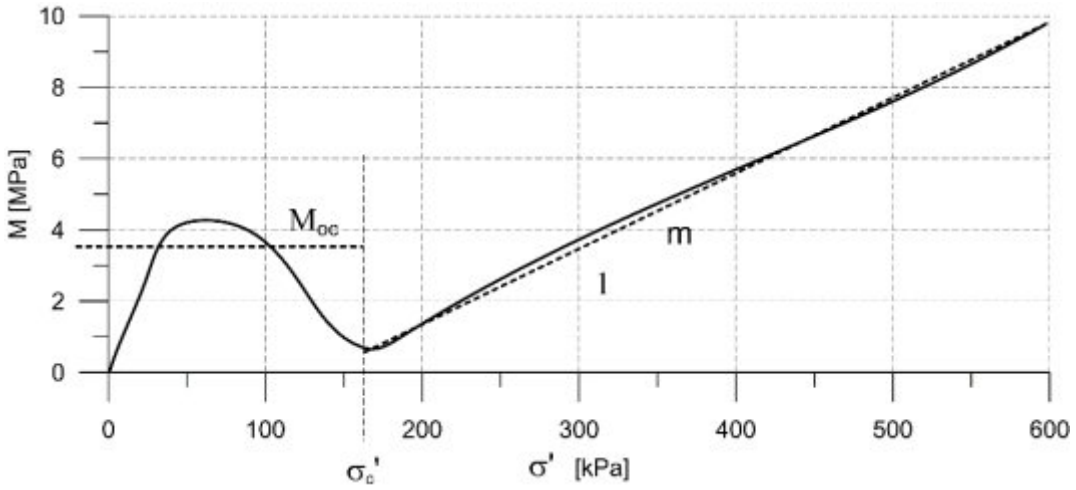


SENSITIVITET

Sensitiviteten, $St = c_u/c_r$ uttrykker forholdet mellom en leires udrenerte skjærfasthet i uforstyrret og i omrørt tilstand. Denne størrelsen kan bestemmes fra konusforsøk i laboratoriet eller ved vingeborforsøk i felt. Kvikkleire har meget lav omrørt skjærfasthet (c_r < 0,5 kPa NS8015, c_r < 0,33 kPa ISO 17892-6), og viser derfor som regel meget høye sensitivitetsverdier.

DEFORMASJONS- OG KONSOLIDERINGSEGENSKAPER

Jordartens deformasjons- og konsolideringsegenskaper benyttes ved beregning av setninger og deformasjoner. Disse mekaniske egenskapene bestemmes ved hjelp av belastningsforsøk i ødometer. Jordprøven bygges inn i en stiv ring som forhindrer sideveis deformasjon. Belastningen skjer vertikalt med trinnvis eller kontinuerlig økende last/spenning (σ'). Sammenhørende verdier for spenning og deformasjon (tøyning ε) registreres, og materialets stivhet (deformasjonsmodul) kan beregnes som $M = \Delta\sigma'/\Delta\varepsilon$. Denne presenteres som funksjon av vertikalspenningen. En sentral parameter som tolkes i sammenheng med ødometerforsøk er forkonsolideringsspenningen (σ_c'). Dette er det største lastnivået som jorda har opplevd tidligere (f.eks. tidligere overlagring eller islast). Deformasjonsmodulen viser typisk forskjellig oppførsel under og over forkonsolideringsspenningen. I leire vil stivheten for spenningsnivåer under σ_c' representeres ved en konstant
stivhetsmodul M_{oc}. For spenningsnivåer over σ_c' vil stivheten øke med økende spenning. Denne økningen kan beskrives ved modultallet m.



TELEFARLIGHET

En jordarts telefarlighet bestemmes ut fra kornfordelingskurven eller ved å måle den kapillære stigehøyden for materialet. Telefarligheten klassifiseres i gruppene T1 (Ikke telefarlig), T2 (Litt telefarlig), T3 (Middels telefarlig) og T4 (Meget telefarlig) etter SVV Handbok N200.

KOMPRIMERINGSEGENSKAPER

Ved komprimering av en jordart oppnås tettere lagring av mineralkornene. Komprimeringsegenskapene for en jordart bestemmes ved at prøver med forskjellig vanninnhold komprimeres med et bestemt komprimeringsarbeid (Standard eller Modifisert Proctor). Resultatene fremstilles i et diagram som viser tørr densitet ρ_d som funksjon av innbyggingsvanninnhold w_i. Den maksimale tørrdensiteten som oppnås (ρ_{dmax}) benyttes ved spesifikasjon av krav til utførelsen av komprimeringsarbeider. Det tilhørende vanninnhold benevnes optimalt vanninnhold (w_{opt}).

PERMEABILITET

Permeabiliteten defineres som den vannmengden *q* som under gitte betingelser vil strømme gjennom et jordvolum pr. tidsenhet. Generelt bestemmes permeabiliteten fra følgende sammenheng: $q = kiA$, der *A* er bruttoareal av tverrsnittet normalt på vannets strømningsretning og *i* = hydraulisk gradient i strømningsretningen (= potensialforskjell pr. lengdeenhet). Permeabiliteten kan bestemmes ved strømningsforsøk i laboratoriet, ved konstant eller fallende potensial, eventuelt ved pumpe- eller strømningsforsøk i felt samt fra ødometerforsøk.

OPPTEGNING AV PRØVESERIE

Materiale
LEIRE: Leirinnholdet er større enn 15 %
SILT: Siltinnholdet er større enn 45 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
SAND: Sandinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
GRUS: Grusinnholdet er større enn 60 % og leirinnholdet er mindre enn 15 %
MATERIALE: Brukes når materialet har en slik sammensetning at ingen av de ovennevnte betegnelsene kan benyttes. Dette fremkommer normalt fra en kornfordelingsanalyse
TORV: Mer eller mindre omvandlede planterester. Betegnes ved von Post skala fra H1-H10 på borprofil
GYTJE/DY: Består av vannavsatte plante- og dyrerester. De kan virke fete og elastiske

Vanninnhold, konsistensgrenser og udrenert skjærstyrke fremvises på prøveserietegningen ved plassering av symboler på tilhørende graf. I opptegnet borprofil vises de resultatene for sensitivitet (St.), humusinnhold (Gl) og korndensitet (ρ_s) som regnes som mest representative for prøven. Samtlige resultater er gitt i tallverdi i tabellform for hver prøveserie.

Under kornfordeling er prøvens telefarlighetsklasse oppgitt under TG, og prøvens graderingstall som Cu.

Vanninnhold, w [%]	●	**Uomrørt konus [kPa]**	▽	**Enaksielt trykkforsøk, [kPa]**	○
Plastisitetsgrenser, wl/wp (Ip) [%]	⊢ – – ⊣	**Omrørt konus [kPa]**	▼		

Prosjekt:	NVE Nesbyen
Rapport:	Geotekniske laboratorieundersøkelser

Vedlegg A

Borprofiler

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
0	4,5	Siltig sandig grusig materiale, humusholdig												4,3
0	8,5	Siltig sandig materiale												1,9
3	1,5	Siltig sandig materiale												1,1
3	2,5	Siltig sand												1,5
3	3,5	Siltig sandig grusig materiale												0,8
5	3,5	Sandig grusig materiale												1,1

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt: NVE Nesbyen

Utført av:	Godkjent av:	Dato:	Revisjon nr. /Dato:	Figur:
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
6	4,5	Sand												1,1
6	7,5	Grusig sand												0,8
6	10,5	Sand												0,6
7	3,5	Siltig sandig grusig materiale, humusholdig												2,9
7	8,5	Grusig sand												1,8
9	2,5	Sandig grusig materiale												0,8
12	3,5	Siltig sandig grusig materiale												1,1
12	8,5	Sandig grusig materiale												1,1

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt:				
NVE Nesbyen				
Utført av:	**Godkjent av:**	**Dato:**	**Revisjon nr. /Dato:**	**Figur:**
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
19	2,5	Siltig sandig grusig materiale, humusholdig												3,4
20	2,5	Siltig sandig grusig materiale												0,7
20	4,5	Siltig sand												0,9
20	5,5	Sandig grusig materiale												0,6

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt:				
NVE Nesbyen				
Utført av:	**Godkjent av:**	**Dato:**	**Revisjon nr. /Dato:**	**Figur:**
SH/MD	SH	09.20.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
21	2,5	Siltig sandig grusig materiale												1,9
21	4,5	Siltig sandig materiale, humusholdig												4,4
21	6,5	Siltig sand, humusholdig												2,1
22	1,5	Sandig grusig materiale												0,7
22	3,5	Sandig grusig materiale												1,1
23	1,5	Siltig sandig grusig materiale												1,0

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt: NVE Nesbyen

Utført av:	Godkjent av:	Dato:	Revisjon nr. /Dato:	Figur:
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
	0,5	V: Sand, silt, grus og stein	18,9											
	1,5	V: Sand, silt, grus og stein	15,9											
	2,5	V: Sand, noe grus og stein	5,5											
	3,5	V: Grus, sand og stein	11,7											
	4,5	V: Grus, sand og stein	17,2											
8	5,5	V: Sand og stein	20,0											
	6,5	V: Finsand	29,7											
	7,5	V: Sand og grus	44,5											
	8,5	V. Finsand	30,1											
	9,5	V: Finsand	40,3											
	10,5	V: Finsand, noe grovere enn over	23,9											

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt: NVE Nesbyen

Utført av:	Godkjent av:	Dato:	Revisjon nr. /Dato:	Figur:
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
10	0,5	V: Silt, sand, grus og stein	24,2											
	1,5	V: Silt, sand, grus og stein	21,0											
	2,5	V: Silt, sand, grus og stein	17,1											
	3,5	V. Silt, sand, grus og stein	16,7											
	4,5	V: Silt, sand, grus og stein klumper av silt/finsand	12,6											
	5,5	V: Grov sand, enkelte steiner	21,3											
	6,5	V: Grov sand,Enkelte steiner	17,9											
	7,5	V: Grov sand, enkelte steiner	19,8											

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt: NVE Nesbyen

Utført av:	Godkjent av:	Dato:	Revisjon nr. /Dato:	Figur:
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
11	4,5	V: Silt, sand, grus og stein	10,2											
13	3,5	V: Grov sand, noe steiner	11,6											
14	2,5	V: Sand, grus og stein	5,6											

Romerike GeoLab

Borprofil - Tabell

Prosjekt: NVE Nesbyen

Utført av:	Godkjent av:	Dato:	Revisjon nr. /Dato:	Figur:
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Borhull	Dybde	Jordartsklassifisering / Visuell vurdering (V)	Vanninnhold	Tyngdetetthet	Korn-densitet	Plastisitetsgrenser			Udrenert skjærfasthet				Sensitivitet	Glødetap
									Enaks		u.omr./omr. konus			
	z		w	γ	ρ_s	wl	wp	Ip	c_{uuc}	ε_f	c_{ufc}	c_{urfc}	St	Gl
	[m]		[%]	[kN/m^3]	[g/cm^3]	[%]	[%]	[-]	[kPa]	[%]	[kPa]	[kPa]	[-]	[%]
15	0,5	V: Jord, sand silt og stein. Enkelte røtter	25,4											
	1,5	V: Sand, silt, steiner	24,4											
	2,5	V. Sand, grus og stein	15,2											
	3,5	V: Silt(?) og humus- lagdelt	127,5											
	4,5	V: Sand	32,3											
	5,5	V: Sand	33,9											
	6,5	V: Sand og silt	29,5											
	7,5	V: Sand og silt	33,4											

Romerike GeoLab

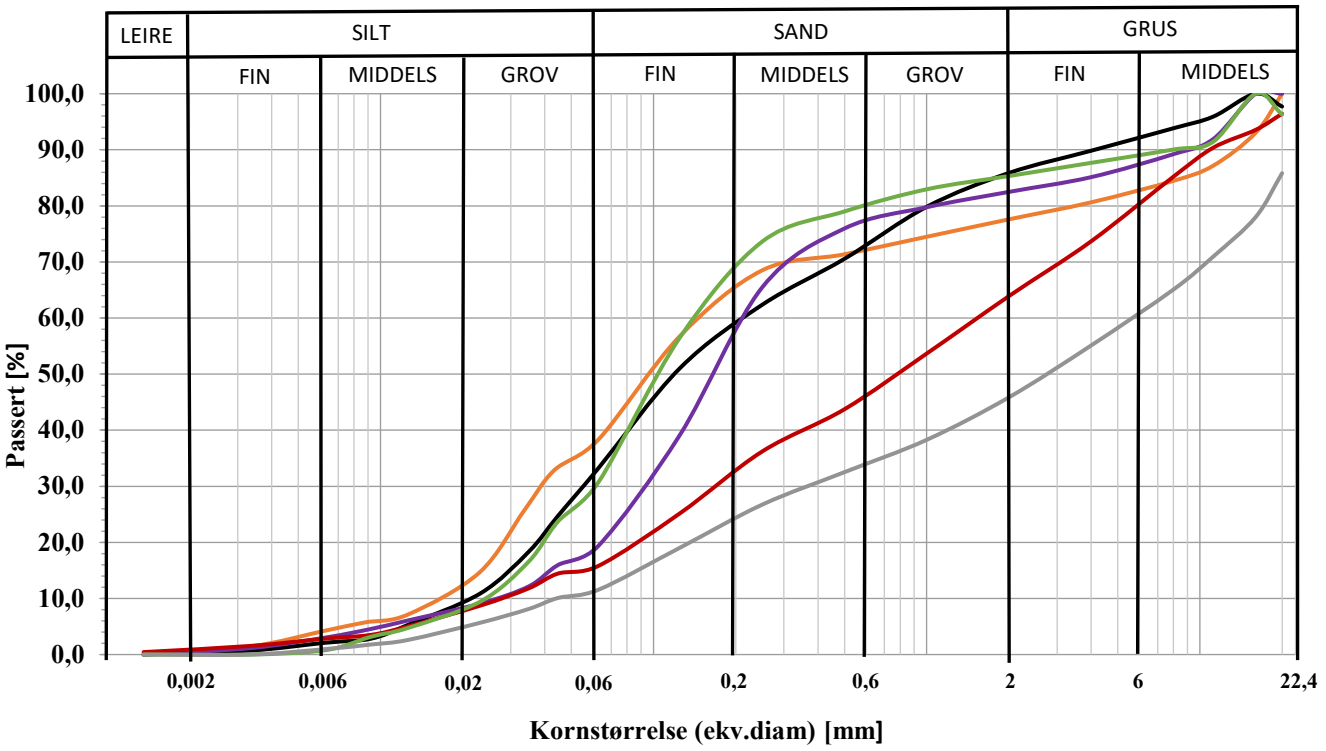
Borprofil - Tabell

Prosjekt:				
NVE Nesbyen				
Utført av:	**Godkjent av:**	**Dato:**	**Revisjon nr. /Dato:**	**Figur:**
SH/MD	SH	09.10.2024		2

Prosjekt:	NVE Nesbyen
Rapport:	Geotekniske laboratorieundersøkelser

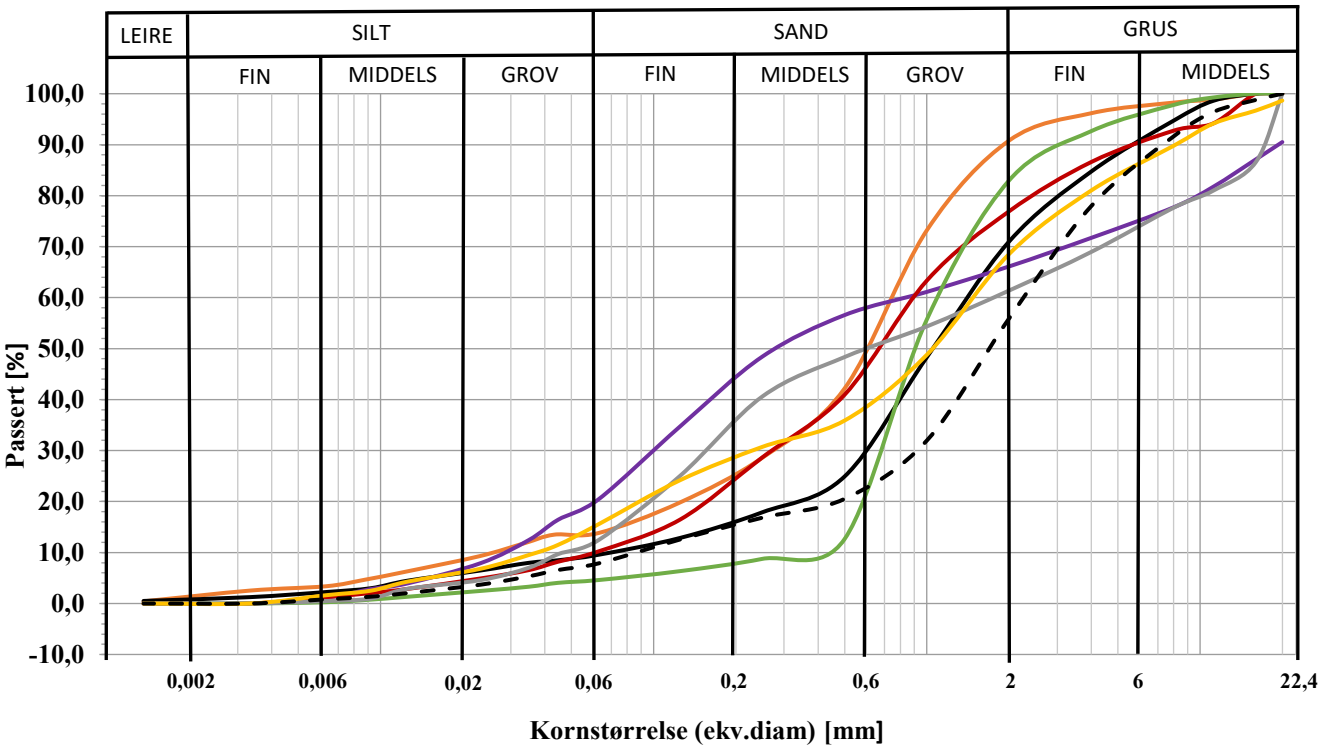
Vedlegg B

Kornfordelinger



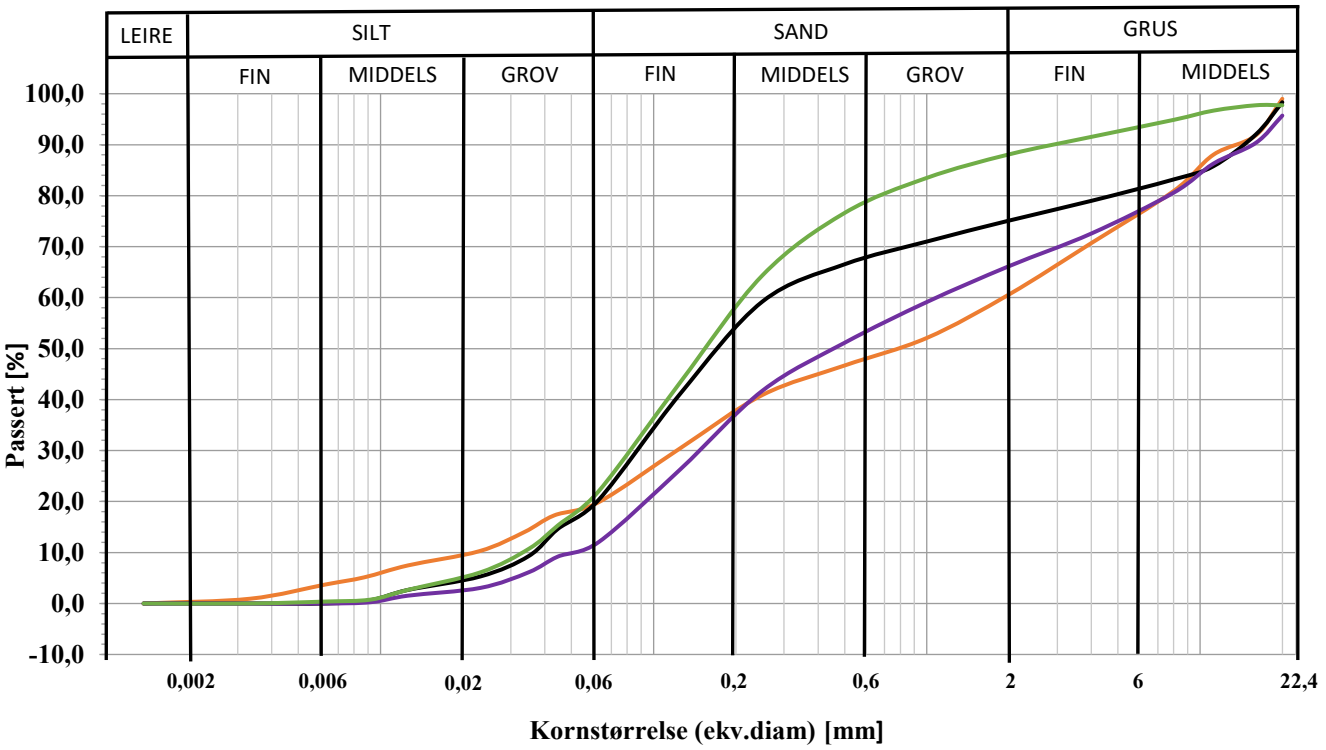
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-0-4	4-5m		Sandig siltig grusig materiale	8,65	T4
N-0-8	8-9m		Siltig sandig materiale	9,33	T2
N-3-1	1-2m		Siltig sandig materiale	5,44	T2
N-3-2	2-3m		Siltig sand	7,27	T2
N-3-5	3-4m		Siltig sandig materiale	52,4	T2
N-5-3	3-4m		Sandig grusig materiale	118	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: SH/MD	**Godkjent av:** SH	**Dato:** 09.10.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



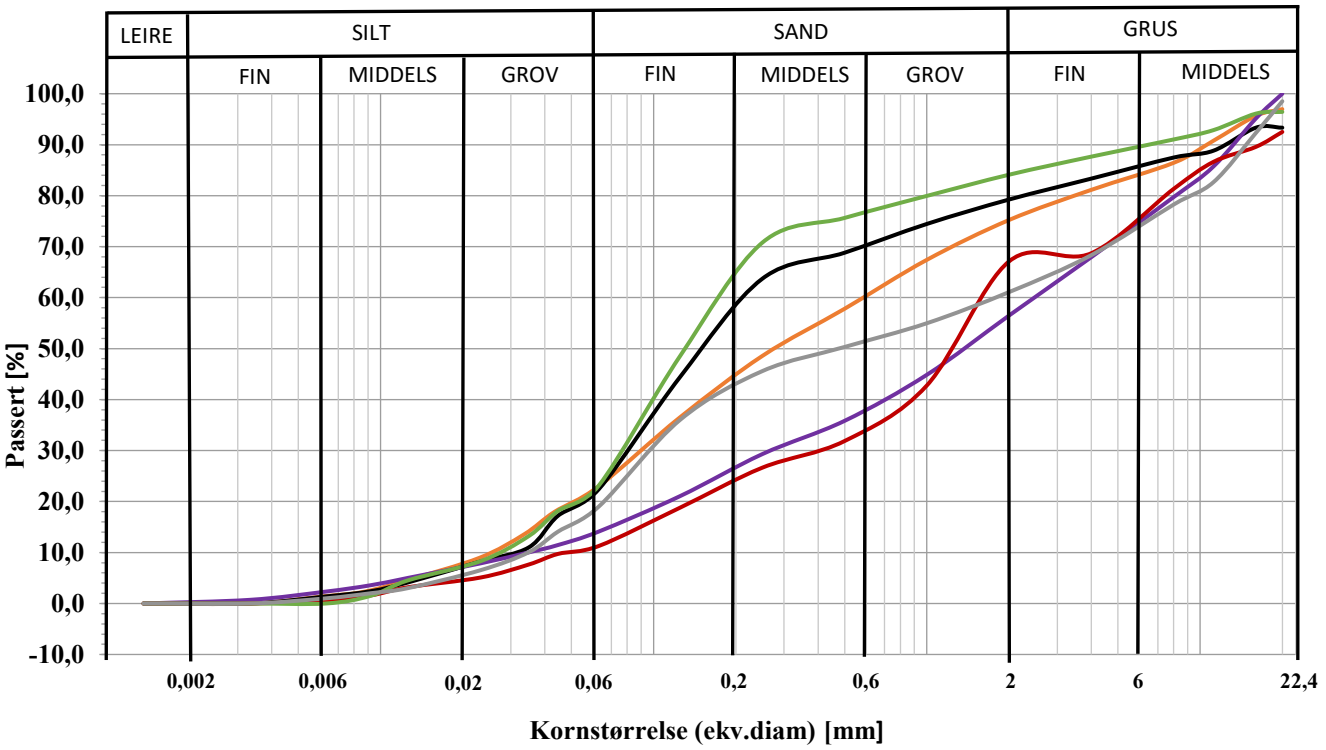
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-6-4	4-5m		Sand	26,8	T2
N-6-7	7-8m		Sandig grusig materiale	21,3	T2
N-6-10	10-11m		sand	3,51	T1
N-7-3	3-4m		Siltig sandig grusig materiale	27,4	T2
N-7-8	8-9m		Sandig grusig materiale	15	T2
N-9-2	2-3m		Sandig grusig materiale	33,3	T2
N-12-3	3-4m		Siltig sandig grusig materiale	38	T2
N-12-8	8-9m		Sandig grusig materiale	26	T1

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: SH/MD	**Godkjent av:** SH	**Dato:** 09.10.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



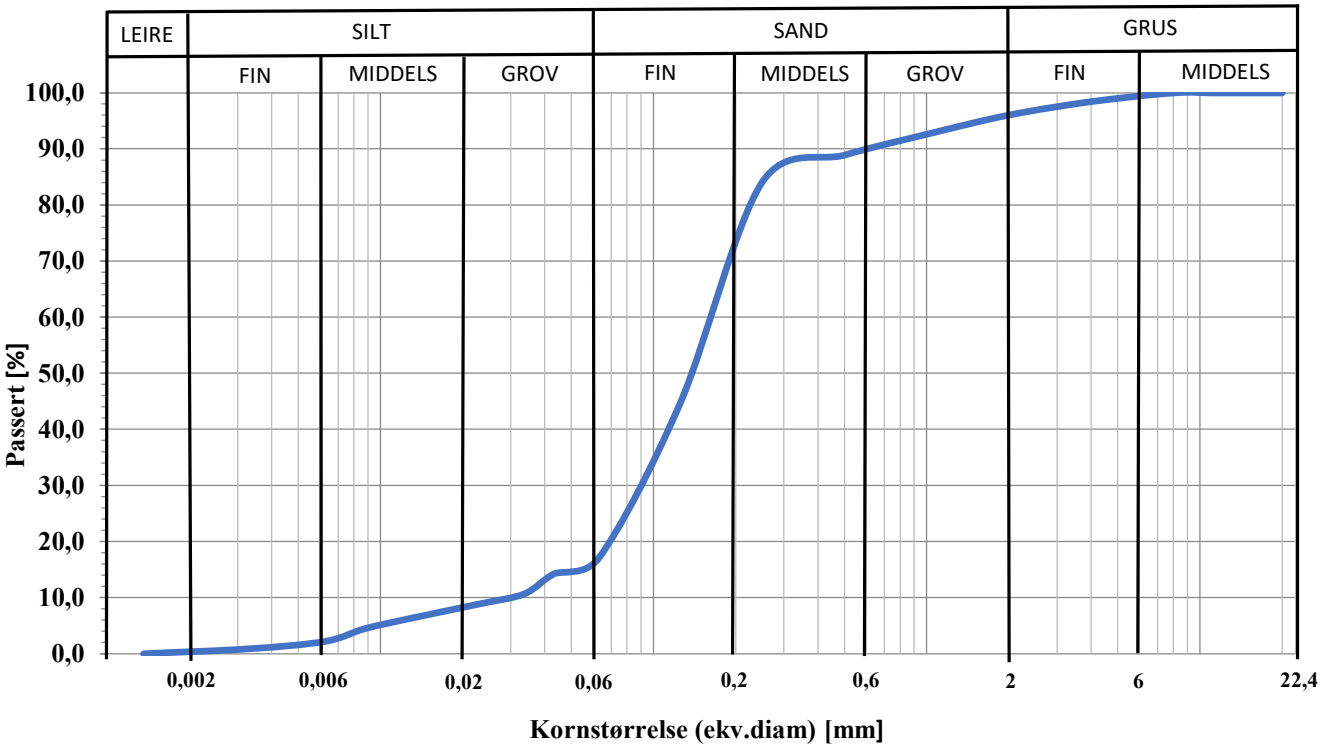
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-19-2	2-3m		Siltig sandig grusig materiale	78,3	T2
N-20-2	2-3m		Siltig sandig grusig materiale	6,66	T2
N-20-4	4-5m		Siltig sandig materiale	5,9	T2
N-20-5	5-6m		Sand	18,4	T1

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: SH/MD	**Godkjent av:** SH	**Dato:** 09.20.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-21-2	2-3m		Siltig sandig grusig materiale	21,2	T2
N-21-4	4-5m		Siltig sandig materiale	6,41	T2
N-21-6	6-7m		Siltig sandig materiale	6,09	T2
N-22-1	1-2m		Sandig grusig materiale	69,1	T2
N-22-3	3-4m		Sandig grusig materiale	32,1	T2
N-23-1	1-2m		Siltig sandig grusig materiale	47	T2

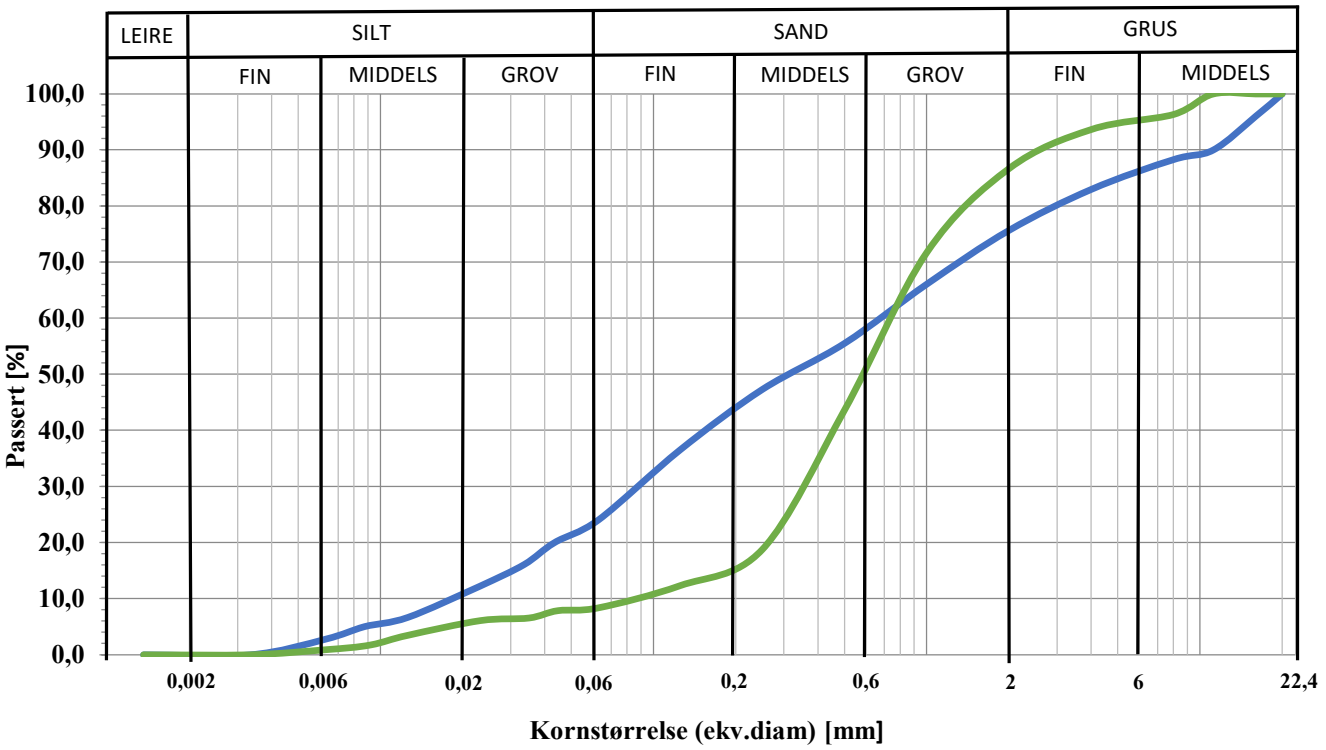
ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: SH/MD	**Godkjent av:** SH	**Dato:** 09.10.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-8-8	8-9m		Siltig sand	4,95	T2

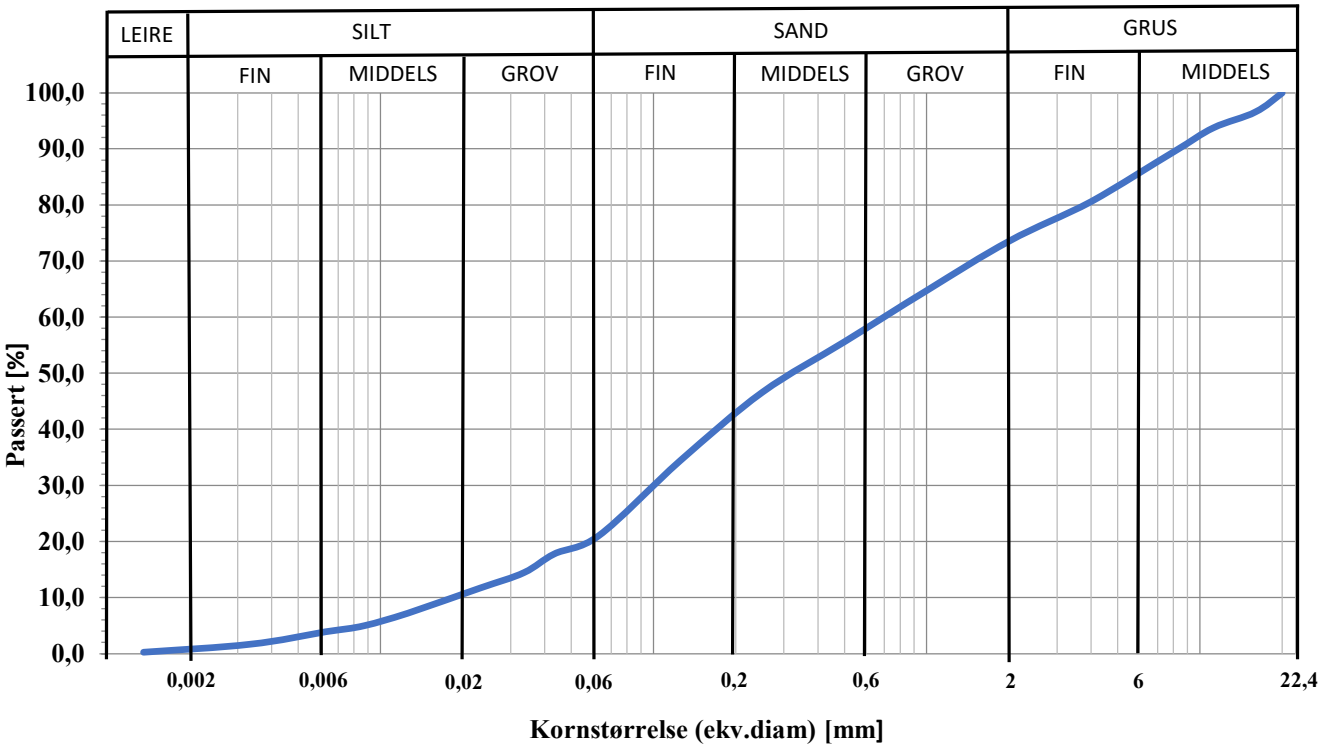
ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**	**Borhull:** 8
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen	

Utført av:	**Godkjent av:**	**Dato:**	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:**
MD	MD	10.03.2024		3



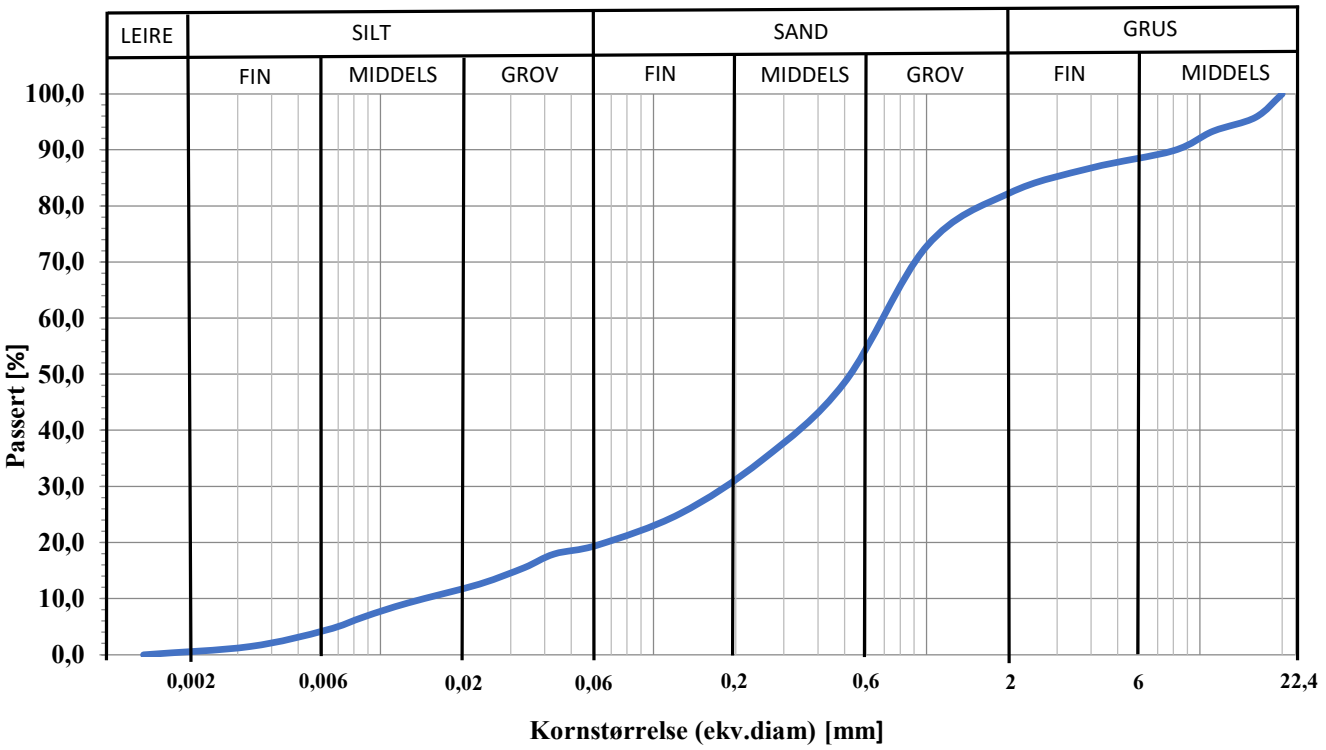
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-10-3	3-4m		Siltig sandig grusig materiale	34,2	T2
N-10-5	5-6m		Sand	8,9	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 10
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



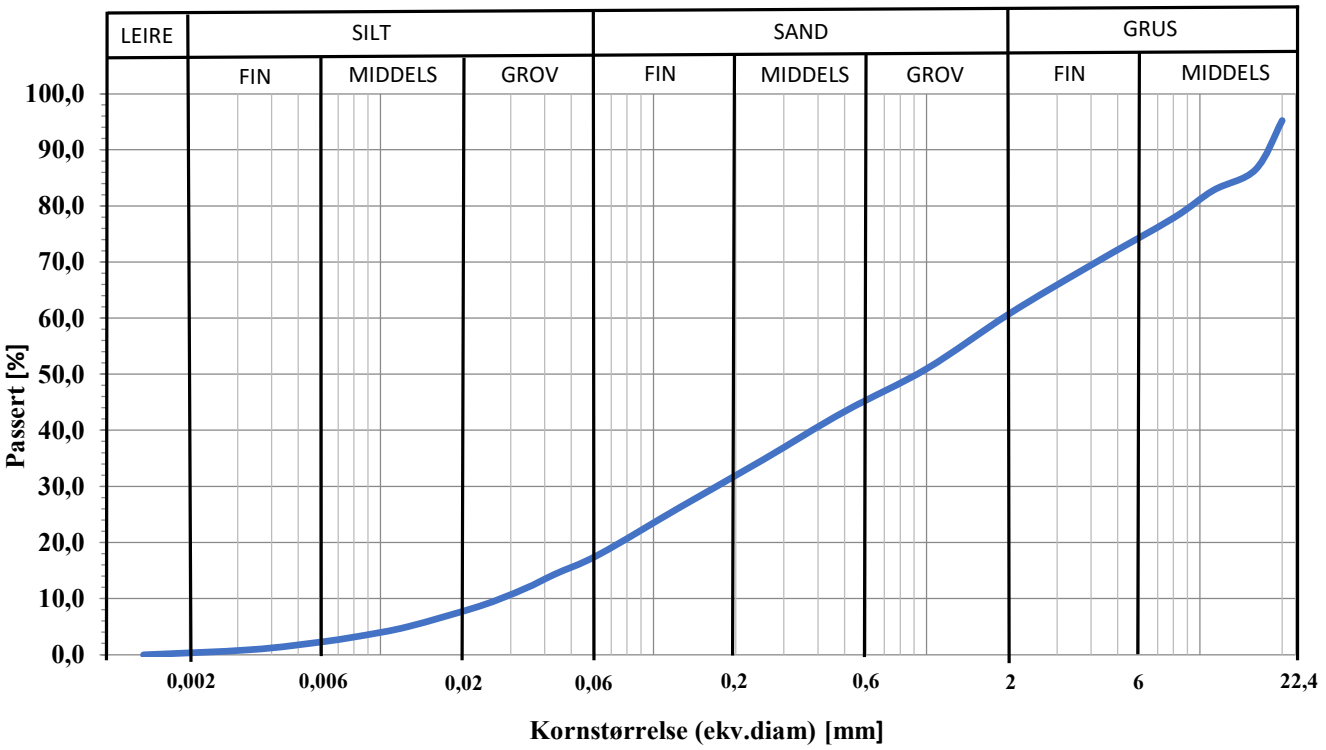
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-11-4	4-5m		Siltig sandig grusig materiale	34,8	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 11
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



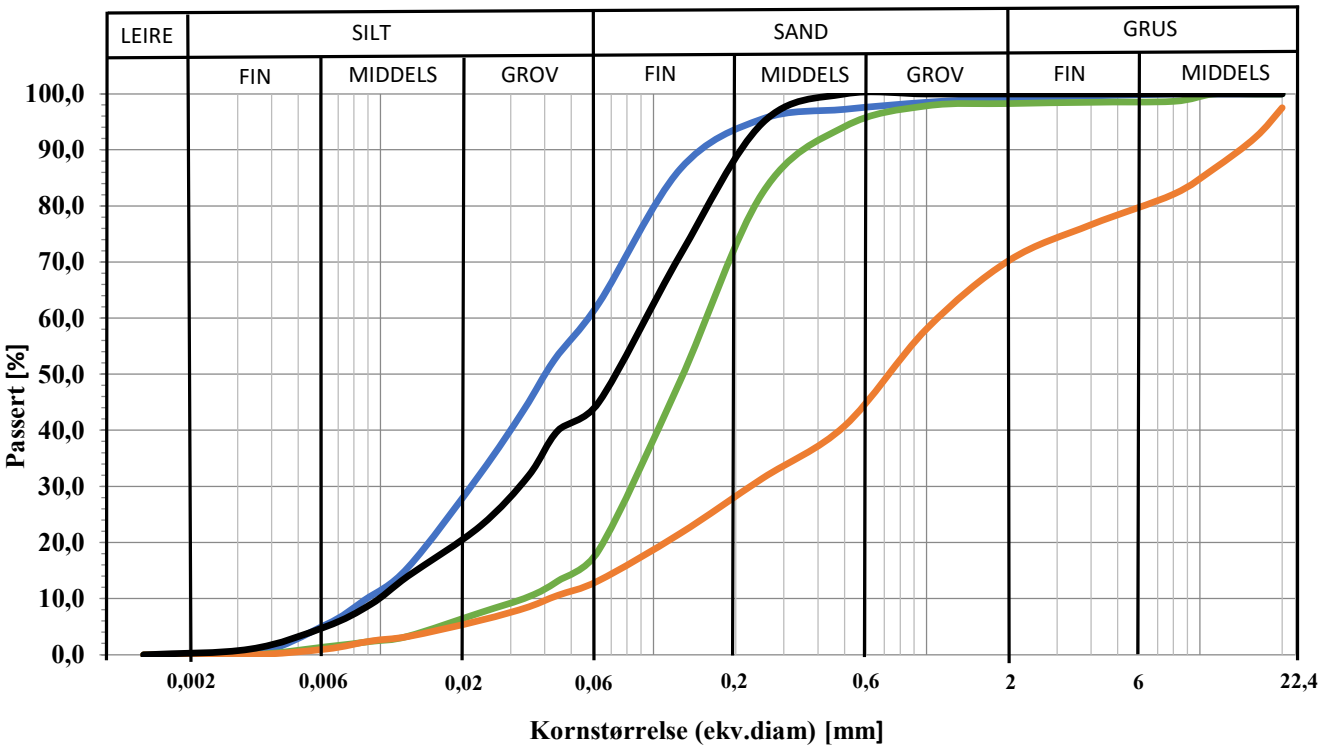
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-13-3	3-4m		Siltig sand	46,4	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 13
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-14-2	2-3m		Sandig grusig siltig materiale	62,7	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 14
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-15-3	3-4m		Sandig silt	5,7	T4
N-15-4	4-5m		Siltig sand	4,3	T2
N-15-6	6-7m		Siltig sandig materiale	9,21	T4
N-15-10	10-11m		Grusig sandig materiale	24,2	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 15
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3

Prosjekt:	NVE Nesbyen
Rapport:	Geotekniske laboratorieundersøkelser

Vedlegg C

Bilderapport

4 – 5m:
Siltig sandig grusig materiale, humusholdig

8 – 9m: Siltig sandig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 0	Dybde [m u. terreng]: 4 – 9m	Dato: 05.09.24

1 – 2m: Siltig sandig materiale

2 – 3m: Siltig sand

3 – 4m: Siltig sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 3	Dybde [m u. terreng]: 1 – 4m	Dato: 05.09.24

3-4m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 5	Dybde [m u. terreng]: 3 – 4m	Dato: 14.09.24

4 – 5m: Sand

7 – 8m:
Grusig sand

10 – 11m: Sand

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 6	Dybde [m u. terreng]: 4 – 11m	Dato: 14.09.24

3 – 4m:
Siltig sandig grusig materiale, humusholdig

8 – 9m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 7	Dybde [m u. terreng]: 3 – 9m	Dato: 16.09.24

2-3m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 9	Dybde [m u. terreng]: 2 – 3m	Dato: 16.09.24

3 – 4m: Siltig sandig grusig materiale

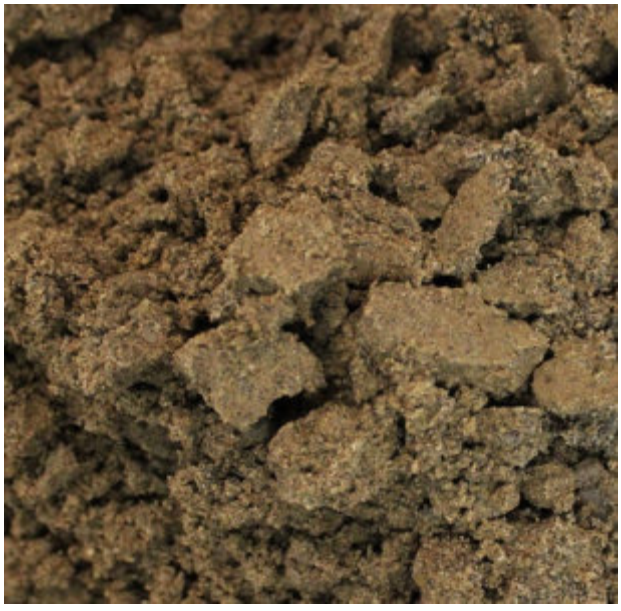
8 – 9m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 12	Dybde [m u. terreng]: 3 – 9m	Dato: 20.09.24

2-3m: Siltig sandig grusig materiale, humusholdig

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 19	Dybde [m u. terreng]: 2 – 3m	Dato: 20.09.24

2 – 3m: Siltig sandig grusig materiale



4 – 5m: Siltig sand

5 – 6m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 20	Dybde [m u. terreng]: 2 – 6m	Dato: 20.09.24

2 – 3m: Siltig sandig grusig materiale

4 – 5m: Siltig sandig materiale, humusholdig

6 – 7m: Siltig sand, humusholdig

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 21	Dybde [m u. terreng]: 2 – 7m	Dato: 25.09.24

1 – 2m: Sandig grusig materiale

3 – 4m: Sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 22	Dybde [m u. terreng]: 1 – 4m	Dato: 25.09.24

1-2m: Siltig sandig grusig materiale

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 23	Dybde [m u. terreng]: 1 – 2m	Dato: 25.09.24

0 - 1m:
V: Sand, silt, grus og stein

1 - 2m:
V: Sand, silt, grus og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 8	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

2 – 3m:
V: Sand, noe grus og stein

3 – 4m:
V: Grus, sand og stein

Romerike GeoLab

Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
Borpunkt: 8	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

4 – 5m:
V: Grus, sand og stein

5 – 6m:
V: Sand og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 8	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

8 – 9m:
V: Finsand

9 – 10m:
V: Finsand

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 8	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

10 – 11m:
V: Finsand, noe grovere enn over

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 8	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

0 - 1m:
V: Silt, sand, grus og stein

1 - 2m:
V: Silt, sand, grus og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 10	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

2 – 3m:
V: Silt, sand, grus og stein

3 – 4m:
V: Silt, sand, grus og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 10	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

4 – 5m:
V: Silt, sand, grus og stein
Klumper av silt/finsand

5 – 6m:
V: Grov sand, enkelte steiner

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 10	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

6 – 7m:
V: Grov sand,
Enkelte steiner

7 – 8m:
V: Grov sand,
enkelte steiner

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 10	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 18.03.24

4 -5m:
V: Silt, sand, grus og stein
1 massiv stein, antagelig ikke representativ

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 11	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 15.03.24

3 – 4m:

V: Grov sand, noe steiner

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 13	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 15.03.24

2 – 3m:
V: Sand, grus og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 14	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 15.03.24

0-1m:
V: Jord, sand silt og stein.
Enkelte røtter

1-2m:
V: Sand, silt, steiner

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

2-3m:
V: Sand, grus og stein

3-4m:
V: Silt(?) og humus – lagdelt

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

4-5m:
V: Sand

5-6m:
V: Sand

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

6-7m:
V: Sand og silt

7-8m:
V: Sand og silt

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

8-9m:
V: Sand, grus og småstein

9-10m:
V: Grov sand og grus – noe silt/finsand

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

10-11m:
V: Sand, grus og stein

11-12m:
V: Sand, grus og strein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

12-13m:
V: Sand, grus og stein

Romerike GeoLab	Prosjekt: 20037 NVE Nesbyen		
	Borpunkt: 15	Dybde [m u. terreng]:	Dato: 07.03.24

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

Vedlegg 3

Prøvekort

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,42
Hull	0		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-0-0	Sand Stein
1	1-2	NAV	N-0-1	Grus stein
2	2-3	NAV	N-0-2	Grus stein
3	3-4	NAV	N-0-3	Sand Stein
4	4-5	NAV	N-0-4	Sand Stein
5	5-6	NAV	N-0-5	Sand Stein
6	6-7	NAV	N-0-6	Sand Stein
7	7-8	NAV	N-0-7	Sand
8	8-9	NAV	N-0-8	Sand
9	9-10	NAV	N-0-9	Sand
10	10-11	NAV	N-0-10	Sand
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,79
Hull	1		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-1-0	Sand
1	1-2	NAV		Naver sitter fast i stein, Mistet naver
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	159,17
Hull	2		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-2-09	Sand
1				For hardt stein grus lag for å komme dypere.
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	158,47
Hull	3		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-3-0	Sand
1	1-2	NAV	N-3-1	Sand Stein
2	2-3	NAV	N-3-2	Sand Stein
3	3-4	NAV	N-3-3	Sand Stein
4				Klarer ikke dypere. For mye Stein. Setter fast naver på hver prøve
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,69
Hull	4		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-4-0	Sand Stein
1				
	1-2			For mye stein og grus, Nave sitter fast. Hull raser så kommer ikke videre
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,07
Hull	5		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-5-0	Sand Stein
1	1-2	NAV	N-5-1	Sand Stein Grus
2	2-3	NAV	N-5-2	Sand Stein Grus
3	3-4	NAV	N-5-3	Sand Stein Grus
4	4-5	NAV	N-5-4	Sand Stein
5	5-6	NAV	N-5-5	Sand
6				Får Lit mass på Naver så følger med andre masser. Steinlag rister av en del
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,42
Hull	6		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-6-0	Sand
1	1-2	NAV	N-6-1	Sand Stein
2	2-3	NAV	N-6-2	Sand
3	3-4	NAV	N-6-3	Sand
4	4-5	NAV	N-6-4	Sand
5	5-6	NAV	N-6-5	Sand
6	6-7	NAV	N-6-6	Sand Grus
7	7-8	NAV	N-6-7	Sand Grus
8	8-9	NAV	N-6-8	Sand Grus
9	9-10	NAV	N-6-9	Sand
10	10-11	NAV	N-6-10	Sand
11	11-12	NAV	N-6-11	Sand
12	12-13	NAV	N-6-12	Sand Grus
13	13-14	NAV	N-6-13	Sand Grus
14	14-15	NAV	N-6-14	Sand Grus
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	155,76
Hull	7		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-7-0	Sand
1	1-2	NAV	N-7-1	Sand Grus
2	2-3	NAV	N-7-2	Sand Stein
3	3-4	NAV	N-7-3	Sand Stein
4	4-5	NAV	N-7-4	Sand Stein
5	5-6	NAV	N-7-5	Sand
6	6-7	NAV	N-7-6	Sand
7	7-8	NAV	N-7-7	Sand
8	8-9	NAV	N-7-8	Sand
9	9-10	NAV	N-7-9	Sand
10	10-11	NAV	N-7-10	Sand
11				Stoppet pga bløt sand. Lite mase på naver så blir med masse fra andre dybder.
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,55
Hull	8		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-8-0	Sand
1	1-2	NAV	N-8-1	Sand grus stein
2	2-3	NAV	N-8-2	Sand grus stein
3	3-4	NAV	N-8-3	Sand grus stein
4	4-5	NAV	N-8-4	Sand grus stein
5	5-6	NAV	N-8-5	Sand Stein
6	6-7	NAV	N-8-6	Sand
7	7-8	NAV	N-8-7	Sand
8	8-9	NAV	N-8-8	Sand
9	9-10	NAV	N-8-9	Sand
10	10-11	NAV	N-8-10	Sand
11				Steinlag raser mer og mer så mister mye av prøvene.
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,21
Hull	9		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-9-0	Sand
1	1-2	NAV	N-9-1	Sand
2	2-3	NAV	N-9-2	Sanf Grus
3	3-4	NAV	N-9-3	Grus Stein
4				Stopper i Grus steinlag.
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,47
Hull	10		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-10-0	Sand grus stein
1	1-2	NAV	N-10-1	Sand grus stein
2	2-3	NAV	N-10-2	Sand grus stein
3	3-4	NAV	N-10-3	Sand grus stein
4	4-5	NAV	N-10-4	Sand Stein
5	5-6	NAV	N-10-5	Sand
6	6-7	NAV	N-10-6	Sand
7	7-8	NAV	N-10-7	Sand
8				Stoppet på denne dybden pga bløt sand som faller av og det blander seg inn andre
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,27
Hull	11		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-11-0	Sand
1	1-2	NAV	N-11-1	Sand Stein
2	2-3	NAV	N-11-2	Grus stein
3	3-4	NAV	N-11-3	Grus stein
4	4-5	NAV	N-11-4	Grus stein
5				Vil ikke gå dypere. Naver setter seg fast i steinlag på 2-3m.Ødelagt naver og borstang
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,74
Hull	12		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-12-0	Sand
1	1-2	NAV	N-12-1	Sand grus stein
2	2-3	NAV	N-12-2	Sand grus stein
3	3-4	NAV	N-12-3	Sand grus stein
4	4-5	NAV	N-12-4	Sand grus stein
5	5-6	NAV	N-12-5	Sand grus stein
6	6-7	NAV	N-12-6	Sand grus stein
7	7-8	NAV	N-12-7	Grus Stein
8	8-9	NAV	N-12-8	Grus stein
9	9-10	NAV	N-12-.9	Grus stein
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,97
Hull	13		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-13-0	Sand Stein
1	1-2	NAV	N-13-1	Sand grus stein
2	2-3	NAV	N-13-2	Sand grus stein
3	3-4	NAV	N-13-3	Sand grus stein
4				Setter fast naver Så kommer ikke dypere
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	158,05
Hull	14		
Dato	11.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-14-0	Sand
1	1-2	NAV	N-14-1	Sand grus stein
2	2-3	NAV	N-14-2	Sand grus stein
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	Mulig ved 3m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,53
Hull	15		
Dato	07.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-15-0	Sand
1	1-2	NAV	N-15-1	Sand Stein
2	2-3	NAV	N-15-2	Sand Stein
3	3-4	NAV	N-15-3	Sand Organisk
4	4-5	NAV	N-15-4	Sand
5	5-6	NAV	N-15-5	Sand
6	6-7	NAV	N-15-6	Sand
7	7-8	NAV	N-15-7	Sand
8	8-9	NAV	N-15-8	Sand
9	9-10	NAV	N-15--9	Sand
10	10-11	NAV	N-15-10	Sand Grus Stein
11	11-12	NAV	N-15-11	Sand Grus Stein
12	12-13	NAV	N-15-12	Sand Grus Stein
13				Mye stein så setter fast naver, tørr ikke gå dypere
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,41
Hull	16		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-16-0	Sand Stein
1				Stopper i grov stein
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	159,93
Hull	17		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-17-0	Sand Stein
1				
	1-2	NAV	N-17-1	Sand Stein
2				
				Setter fast naver, kommer ikke dypere
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	160,16
Hull	18		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-0,5	NAV	N-18-0	Sand Grus stein
1				Kommer ikke dypere pga stor stein
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,63
Hull	19		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-19-0	Sand Grus Stein
1	1-2	NAV	N-19-1	Sand Grus Stein
2	2-3	NAV	N-19-2	Sand Grus Stein
3				Setter fast naver, kommer ikke dypere
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	158,39
Hull	20		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-20-0	Saand
1	1-2	NAV	N-20-1	Sand Stein
2	2-3	NAV	N-20-2	Sand Stein
3	3-4	NAV	N-20-3	Sand Stein
4	4-5	NAV	N-20-4	Sand Stein
5	5-6	NAV	N-20-5	Sand Stein
6				Stopper i steinlag
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	156,07
Hull	21		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-21-0	Sand
1	1-2	NAV	N-21-1	Sand Grus Stein
2	2-3	NAV	N-21-2	Sand Grus Stein
3	3-4	NAV	N-21-3	Sand Grus Stein
4	4-5	NAV	N-21-4	Sand Grus
5	5-6	NAV	N-21-5	Sand
6	6-7	NAV	N-21-6	Sand
7				Får opp lite masse fra, mister mye av det i steinlaget på vei opp. Ristes av.
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	155,62
Hull	22		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-22-0	Sand Grus Stein
1	1-2	NAV	N-22-1	Sand Grus Stein
2	2-3	NAV	N-22-2	Sand Grus Stein
3	3-4	NAV	N-22-3	Sand Grus Stein
4				Får ikke opp noe prøve pga steinlag som rister den av.
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Romerike Grunnboring

Ver. 1.1 10.22.23

Prøvekort

Oppdragsnr / Navn	1919 NVE Nesbyen, Nesbyen kommune	Grunnvannst	4-5m
Geotekniker / Firma	NVE	Terrengkote	157,52
Hull	23		
Dato	12.03.2024	Sign	RS

Dybde i meter	Prøvedybde	Prøvetype	prøve nr.	Beskrivelse
	0-1	NAV	N-23-0	Sand
1				
	1-2	NAV	N-23-1	Sand Grus Stein
2				
				Stopper i hardt stein gruslag. Går ikke dypere
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

Vedlegg 4

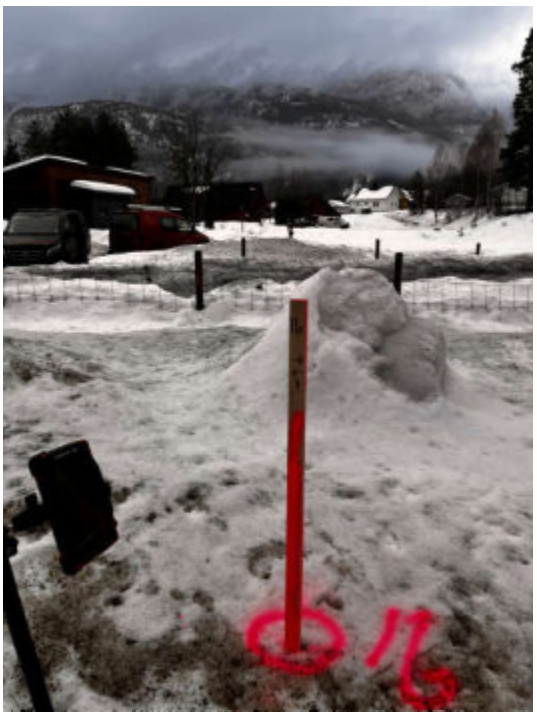
Fotodokumentasjon av borpunkter

Borpunkt 0	Borpunkt 1
Borpunkt 2	Borpunkt 3

Borpunkt 4	Borpunkt 5
Borpunkt 6	Borpunkt 7

Borpunkt 8	Borpunkt 9
Borpunkt 10	Borpunkt 11

Borpunkt 12	Borpunkt 13
Borpunkt 14	Borpunkt 15

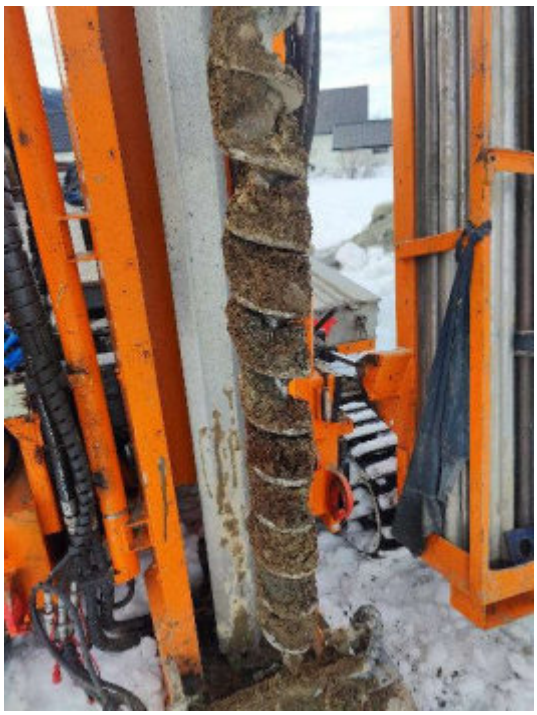
Borpunkt 16	Borpunkt 17
	
Borpunkt 18	Borpunkt 19

Borpunkt 20	Borpunkt 21
mangler bilde	
Borpunkt 22	Borpunkt 23

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

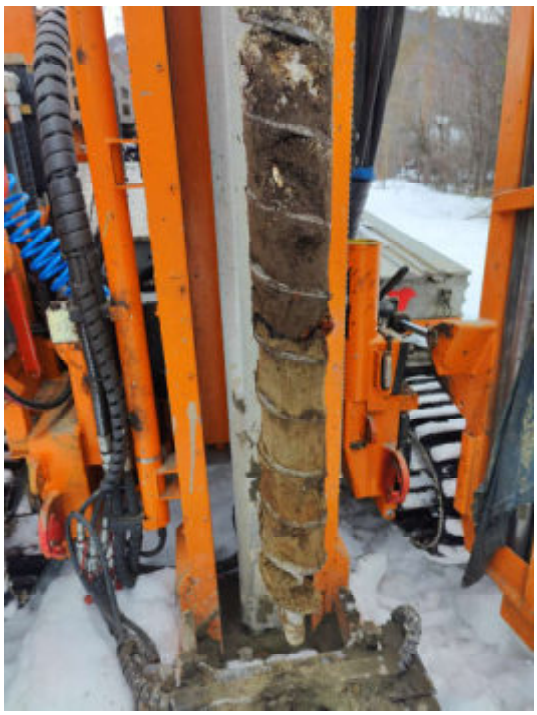
Vedlegg 5

Fotodokumentasjon av naverprøver

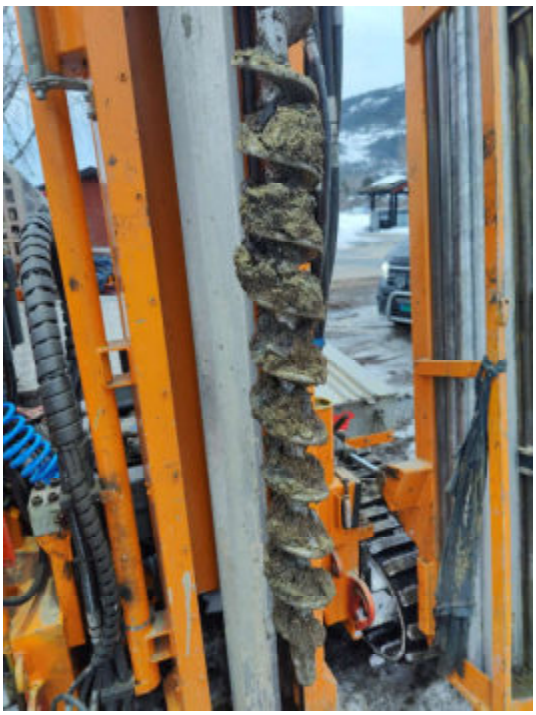
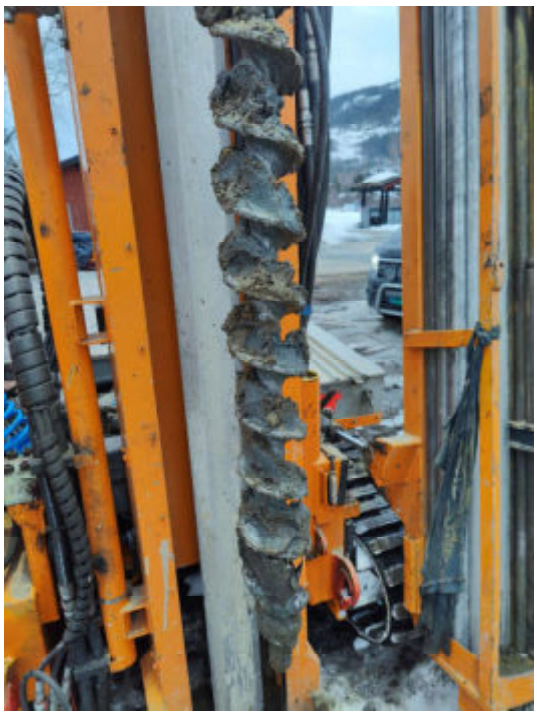
Borpunkt 0 – 0-1 m dybde	Borpunkt 0 – 1-2 m dybde
Borpunkt 0 – 2-3 m dybde	**Borpunkt 0 – 3-4 m dybde**
Mangler bilde	

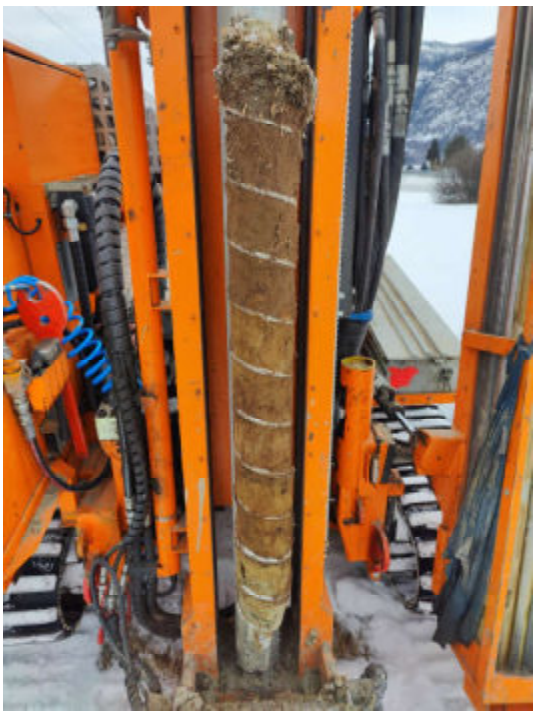
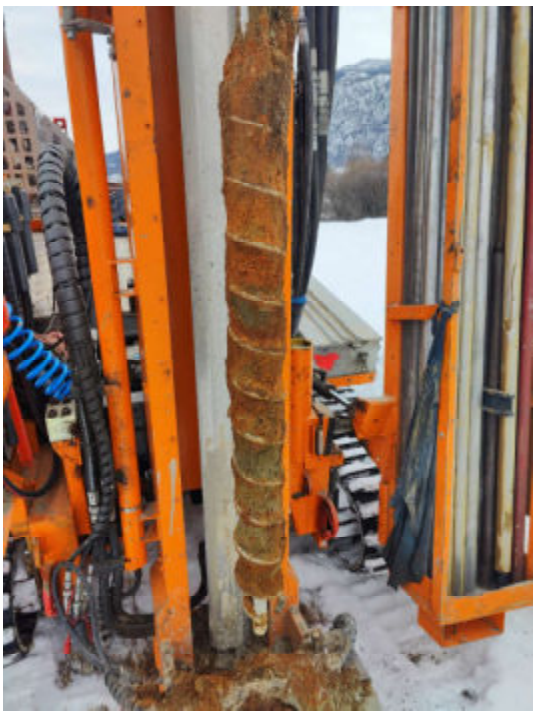
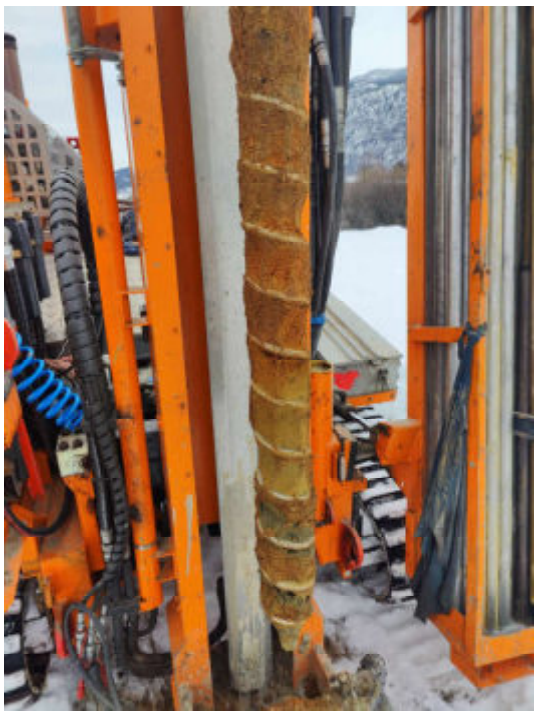
Borpunkt 0 – 4-5 m dybde	Borpunkt 0 – 5-6 m dybde
Borpunkt 0 – 6-7 m dybde	**Borpunkt 0 – 7-8 m dybde**

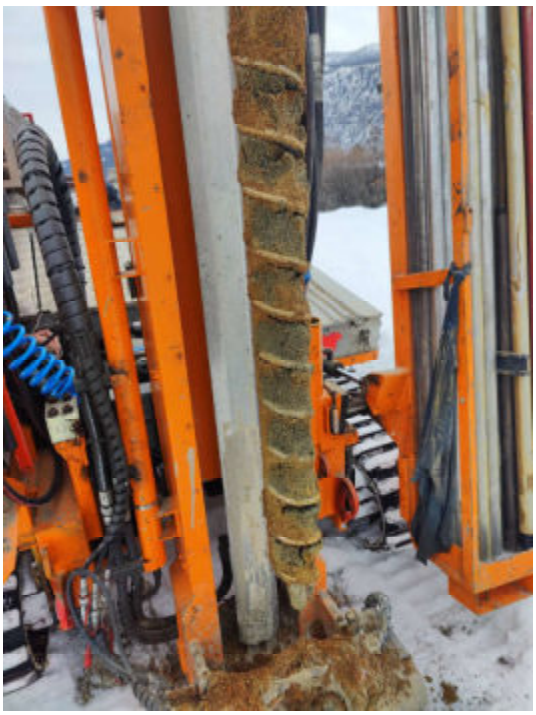
Borpunkt 0 – 8-9 m dybde	Borpunkt 0 – 9-10 m dybde
Borpunkt 0 – 10-11 m dybde	Borpunkt 1 – 0-1 m dybde

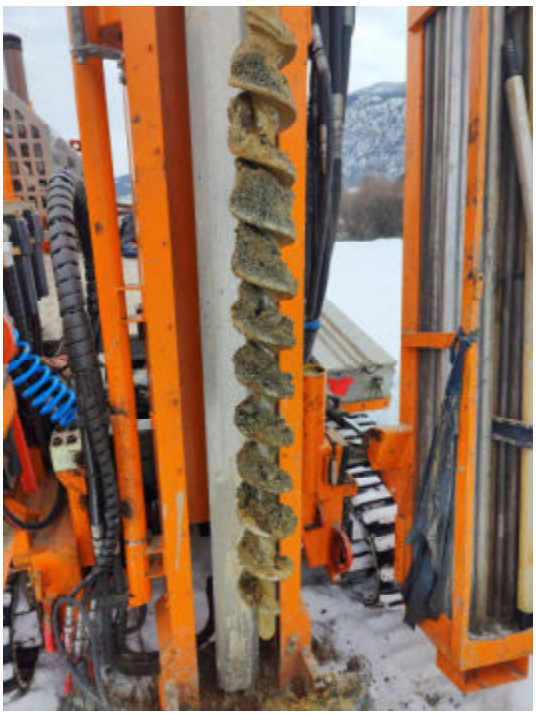
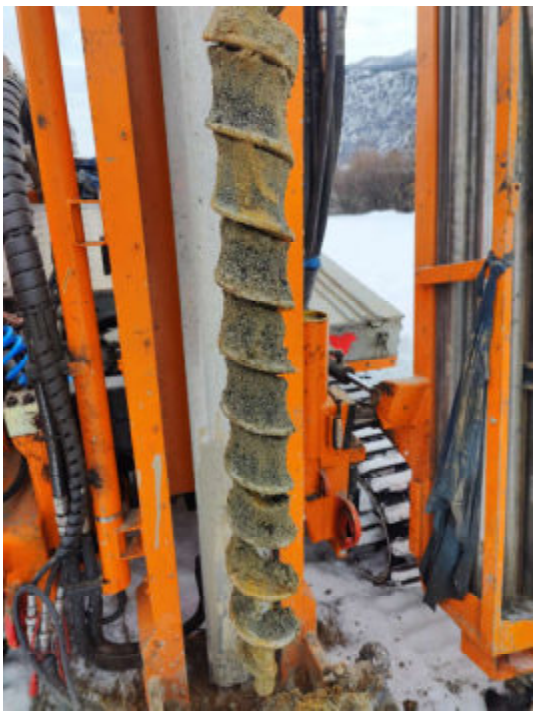
Borpunkt 2 – 0-1 m dybde	Borpunkt 3 – 0-1 m dybde
	
Borpunkt 3 – 1-2 m dybde	**Borpunkt 3 – 2-3 m dybde**

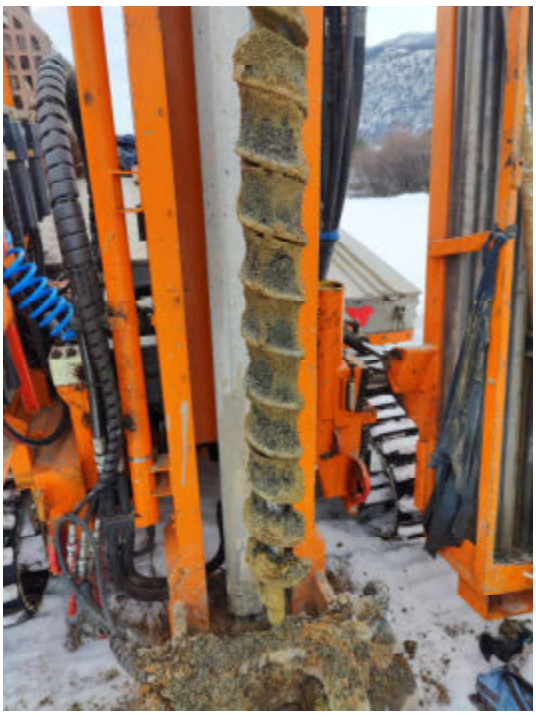
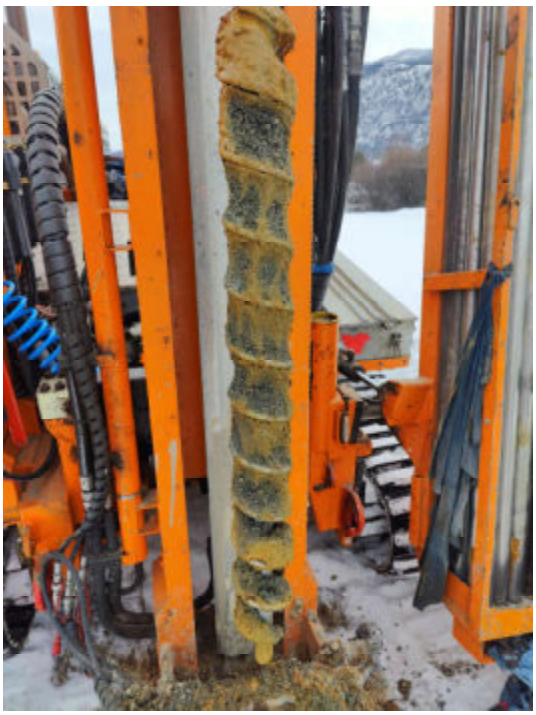
Borpunkt 3 – 3-4 m dybde	Borpunkt 4 – 0-1 m dybde
Borpunkt 5 – 0-1 m dybde	Borpunkt 5 – 1-2 m dybde

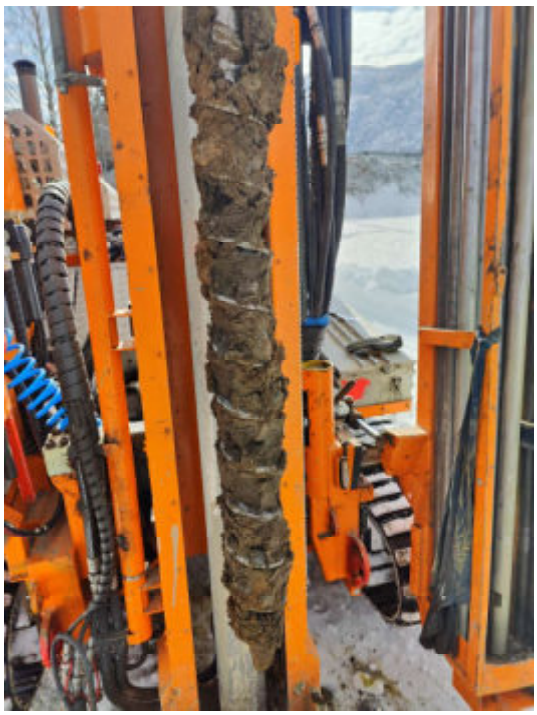
Borpunkt 5 – 2-3 m dybde	Borpunkt 5 – 3-4 dybde m
Borpunkt 5 – 4-5 m dybde	Borpunkt 5 – 5-6 dybde m
	

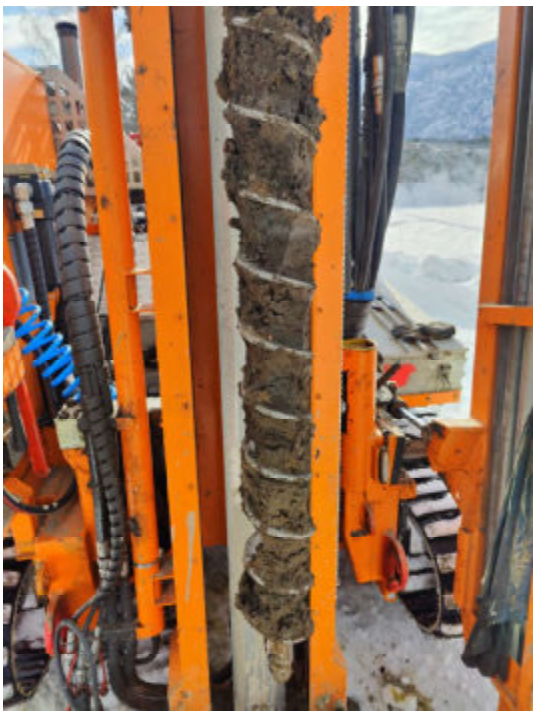
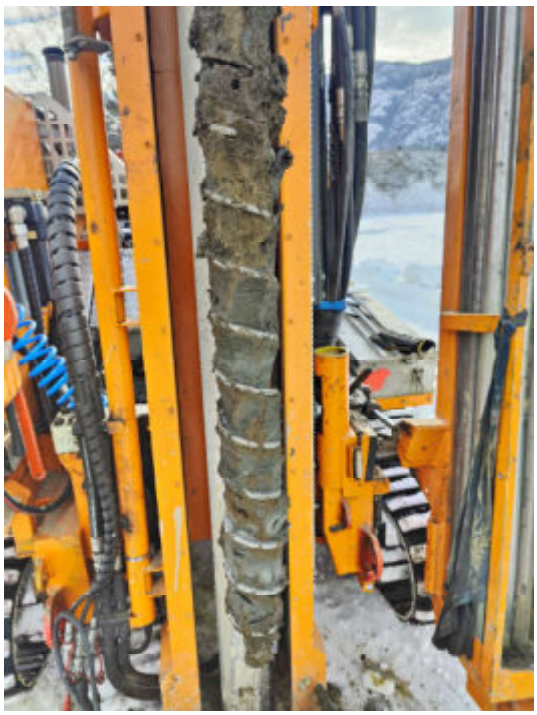
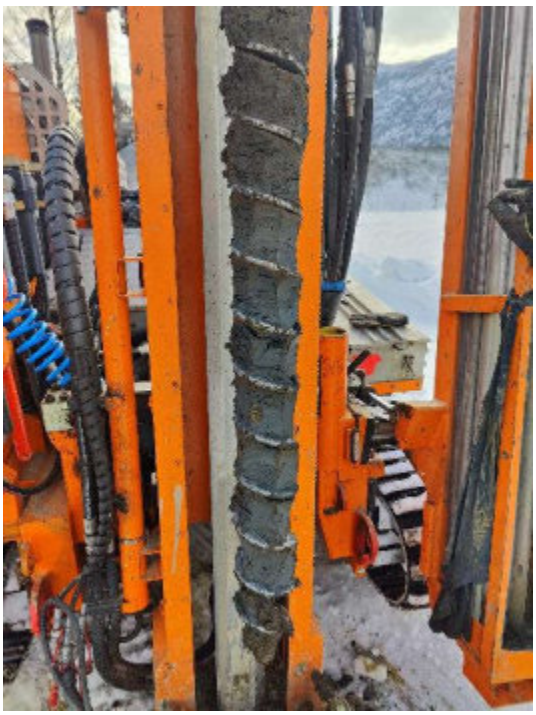
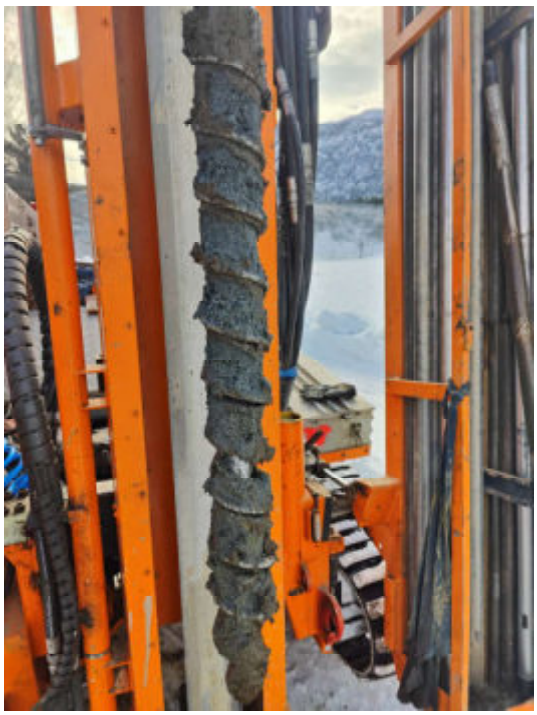
Borpunkt 6 – 0-1 m dybde	Borpunkt 6 – 1-2 m dybde
	
Borpunkt 6 – 2-3 m dybde	Borpunkt 6 – 3-4 m dybde
	

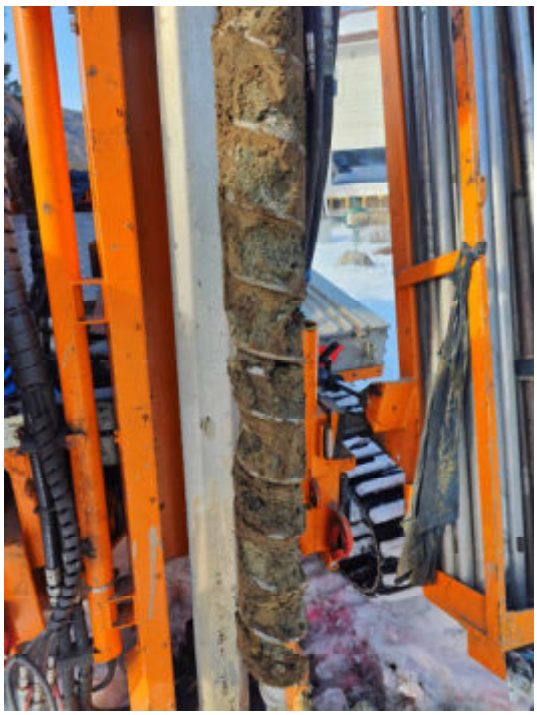
Borpunkt 6 – 4-5 m dybde	Borpunkt 6 – 5-6 m dybde
	
Borpunkt 6 – 6-7 m dybde	Borpunkt 6 – 7-8 m dybde

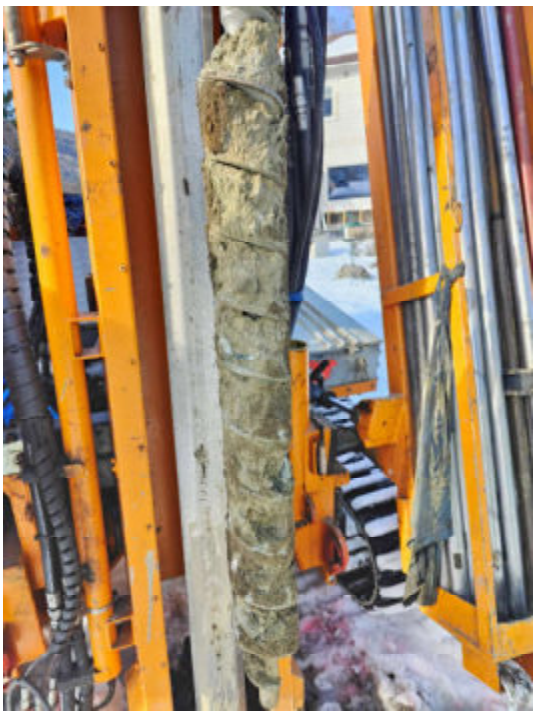
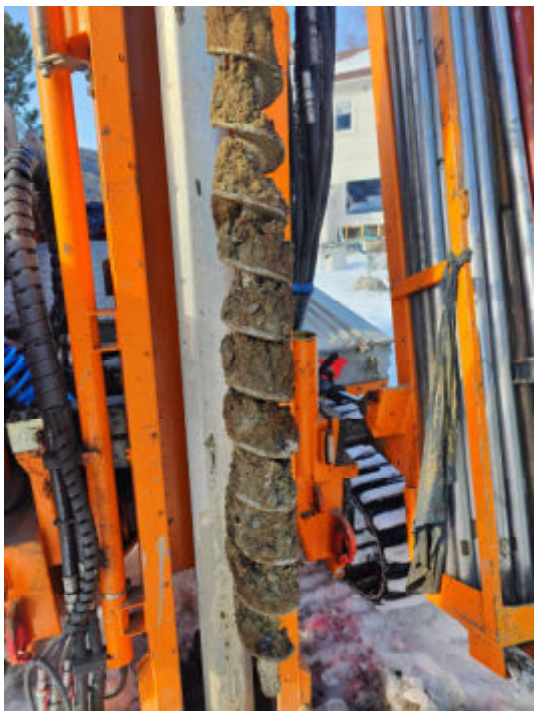
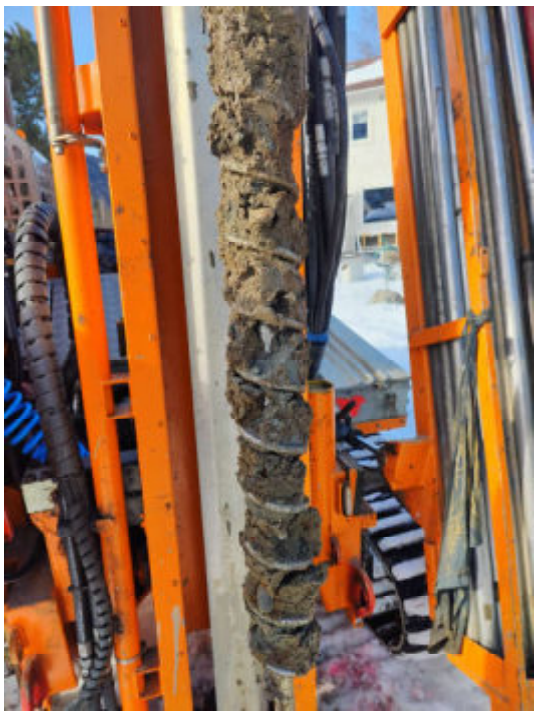
Borpunkt 6 – 8-9 m dybde	Borpunkt 9-10 m dybde
	
Borpunkt 6 – 10-11 m dybde	Borpunkt 6 – 11-12 m dybde
	

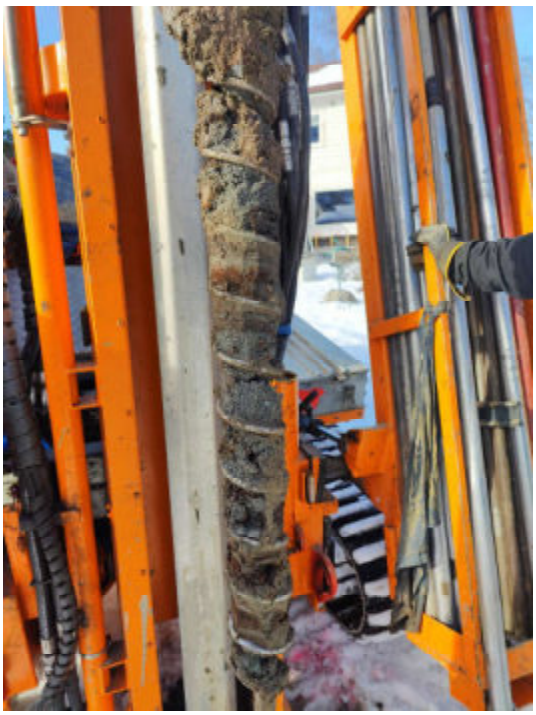
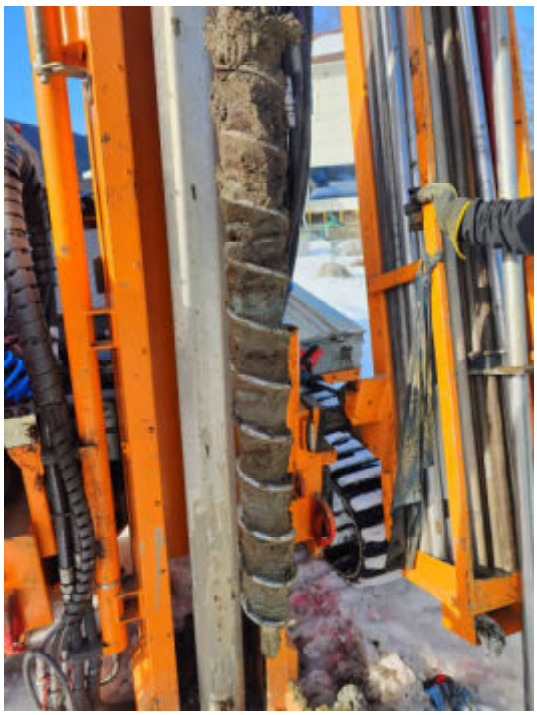
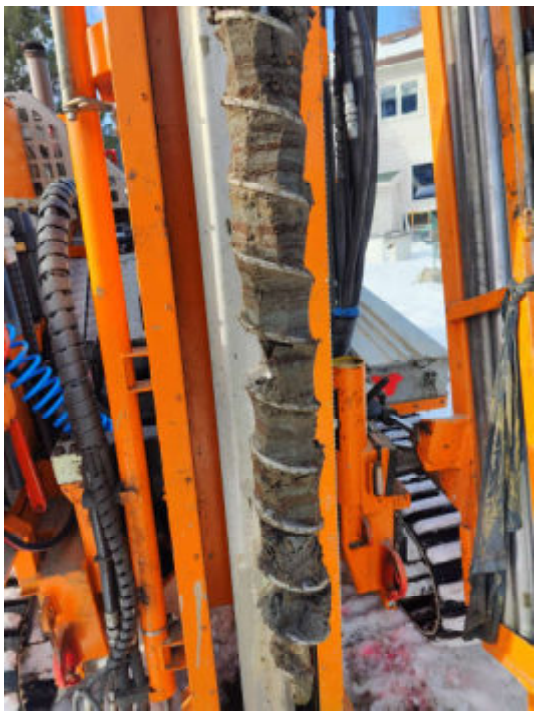
Borpunkt 6 – 12-13 m dybde	Borpunkt 6 – 13-14 m dybde
	
Borpunkt 6 – 14-15 m dybde	**Borpunkt 7 – 0-1 m dybde**
	

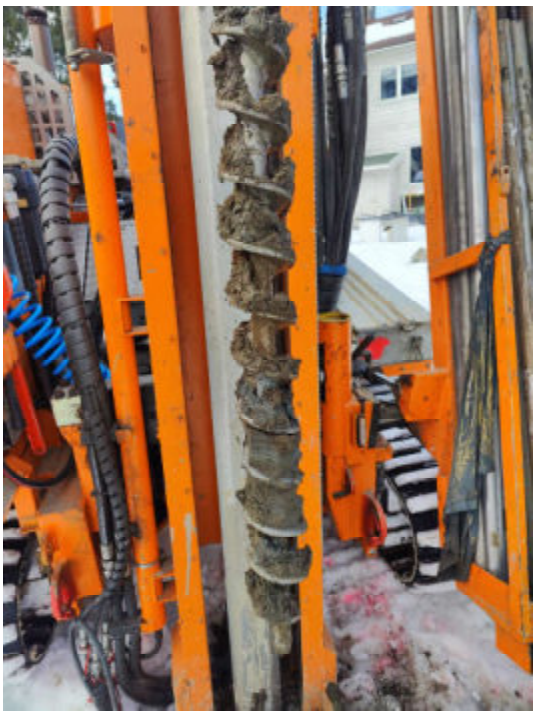
Borpunkt 7 – 1-2 m dybde	Borpunkt 7 – 2-3 m dybde
Borpunkt 7 – 3-4 m dybde	**Borpunkt 7 – 4-5 m dybde**
	

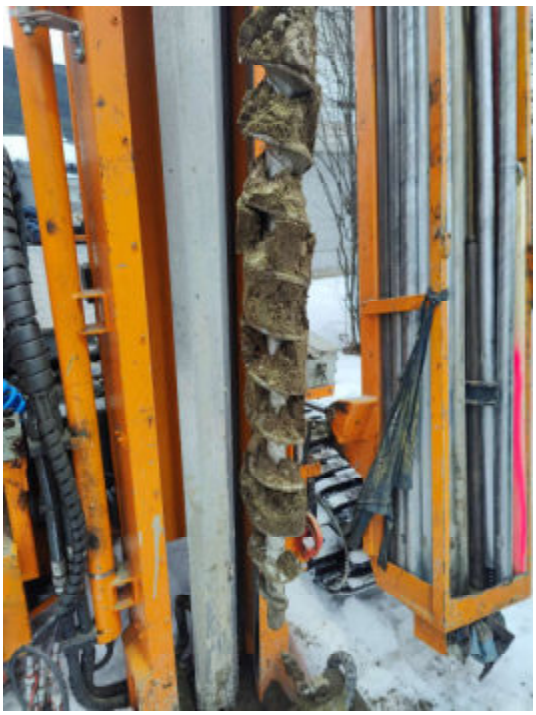
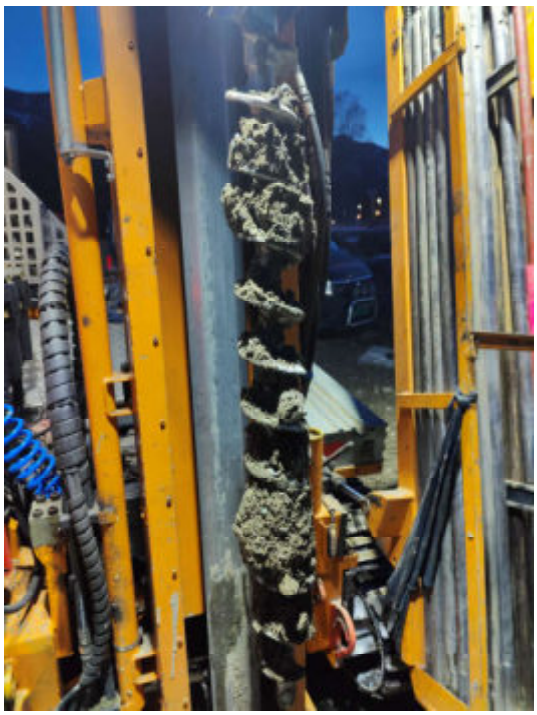
Borpunkt 7 – 5-6 m dybde	Borpunkt 7 – 6-7 m dybde
	
Borpunkt 7 – 7-8 m dybde	Borpunkt 7 – 8-9 m dybde
	

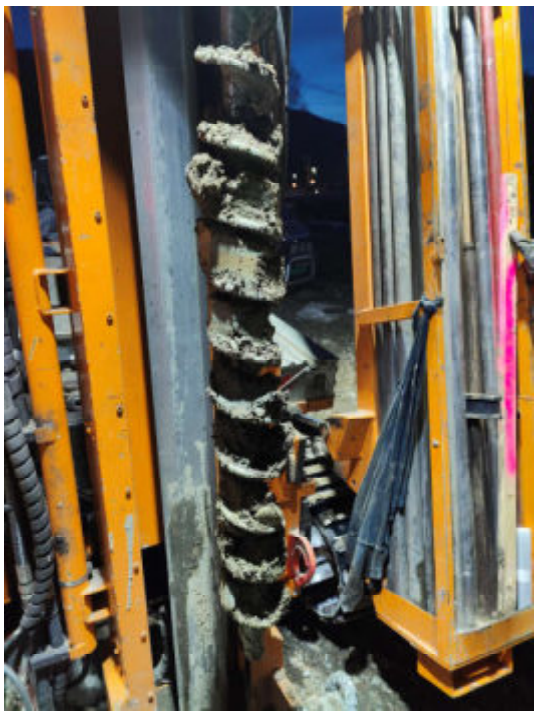
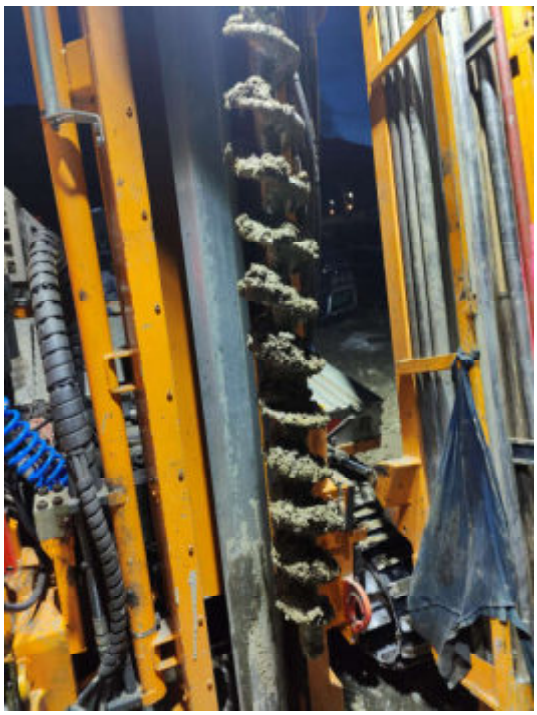
Borpunkt 7 – 9-10 m dybde	Borpunkt 7 – 10-11 m dybde
Borpunkt 8 – 0-1 m dybde	Borpunkt 8 – 1-2 m dybde
	

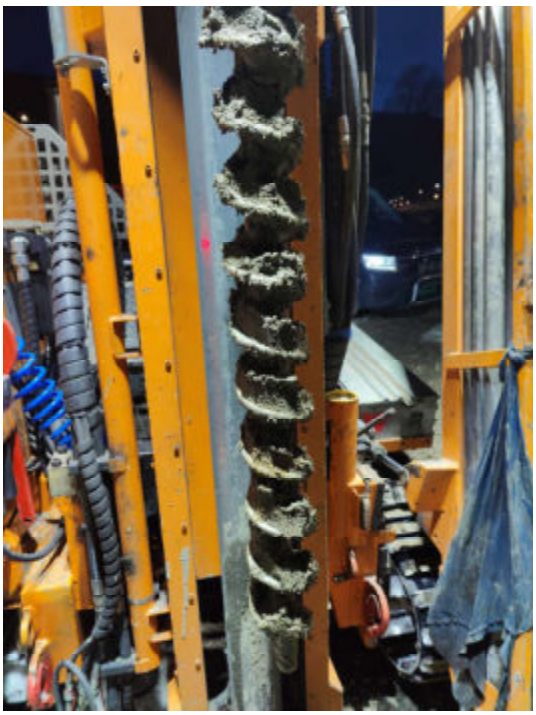
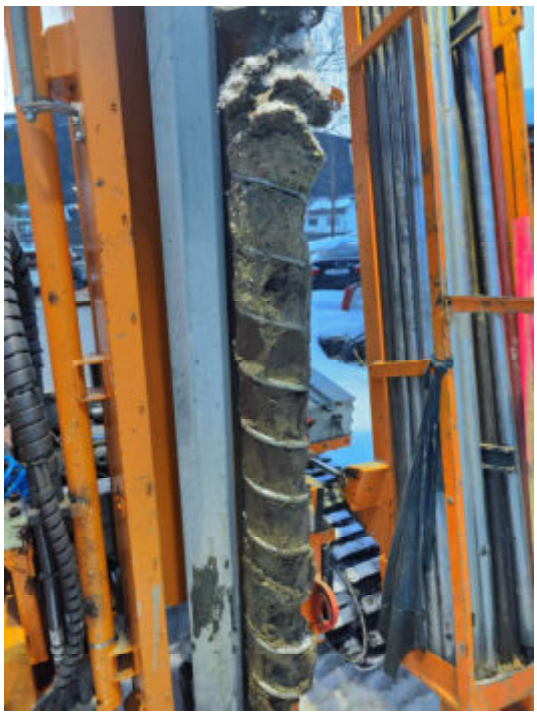
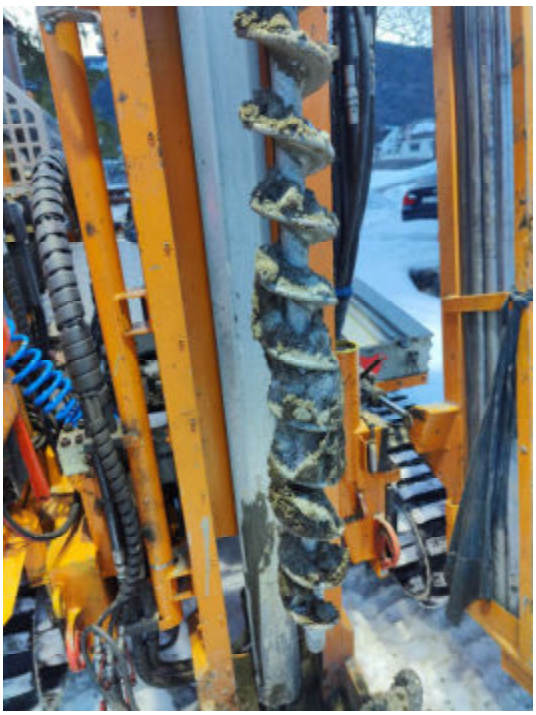
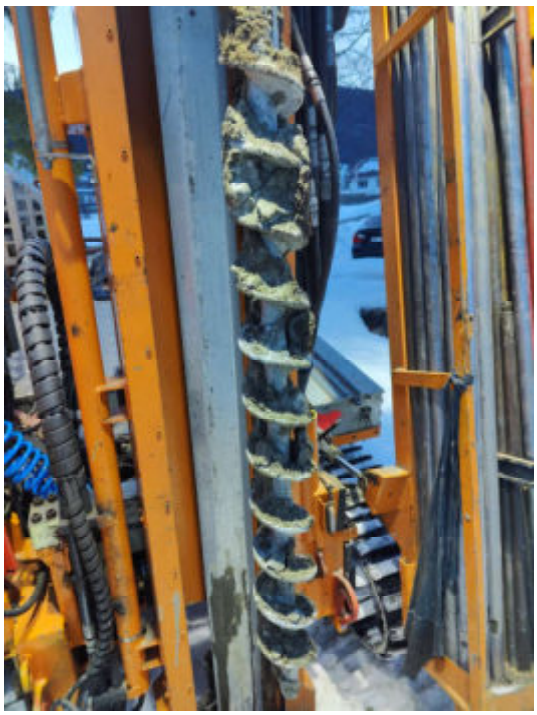
Borpunkt 8 – 2-3 m dybde	Borpunkt 8 – 3-4 m dybde
	
Borpunkt 8 – 4-5 m dybde	**Borpunkt 8 – 5-6 m dybde**
	

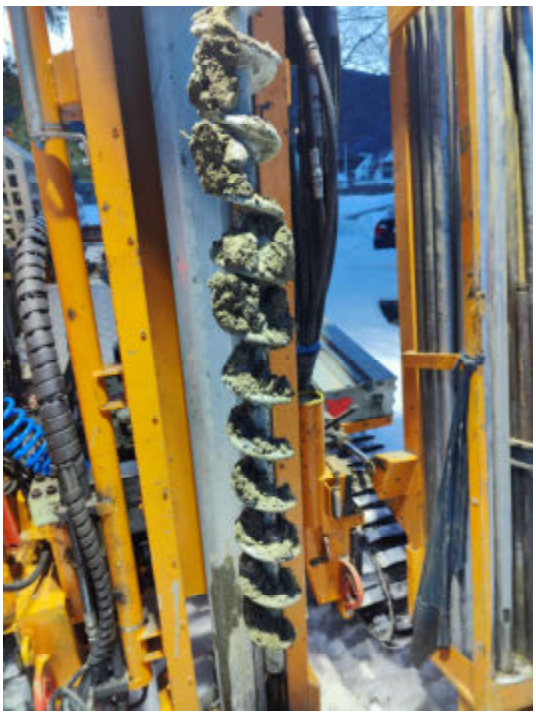
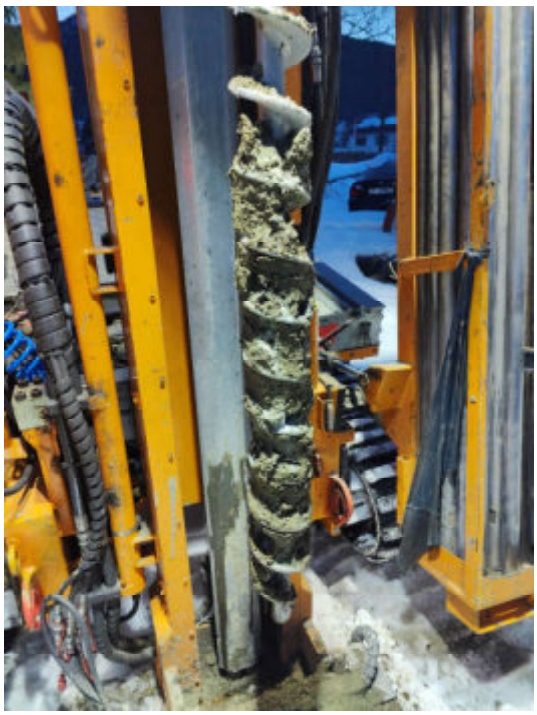
Borpunkt 8 – 6-7 m dybde	Borpunkt 8 – 7-8 m dybde
	
Borpunkt 8 – 8-9 m dybde	Borpunkt 8 – 9-10 m dybde
	

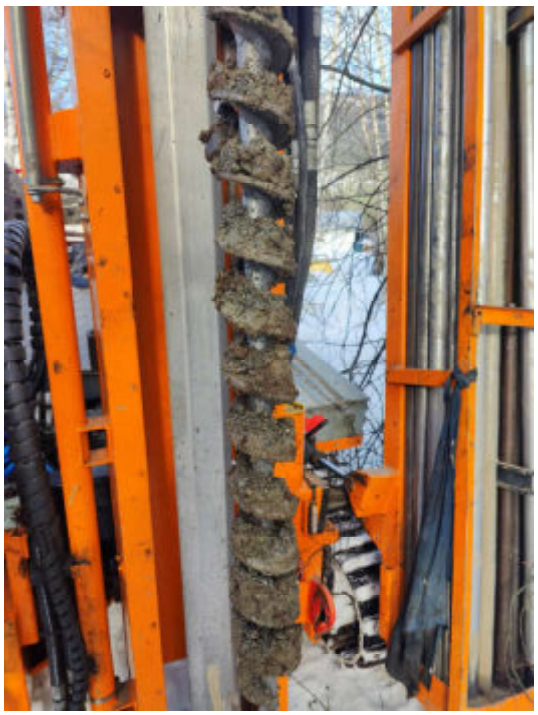
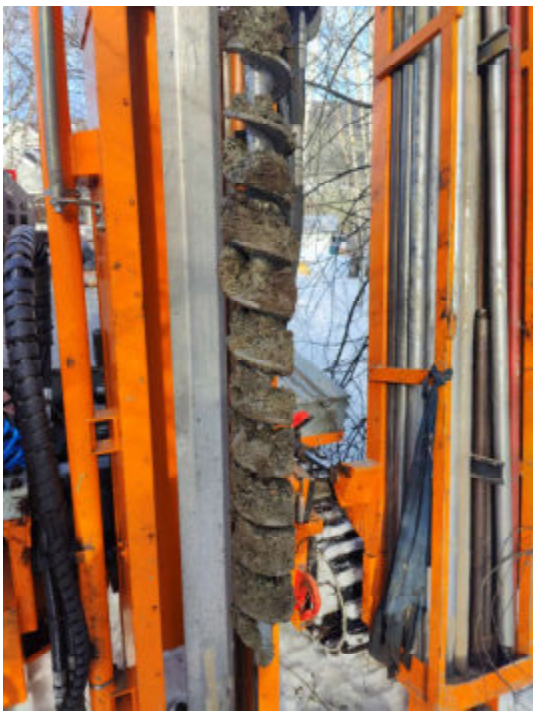
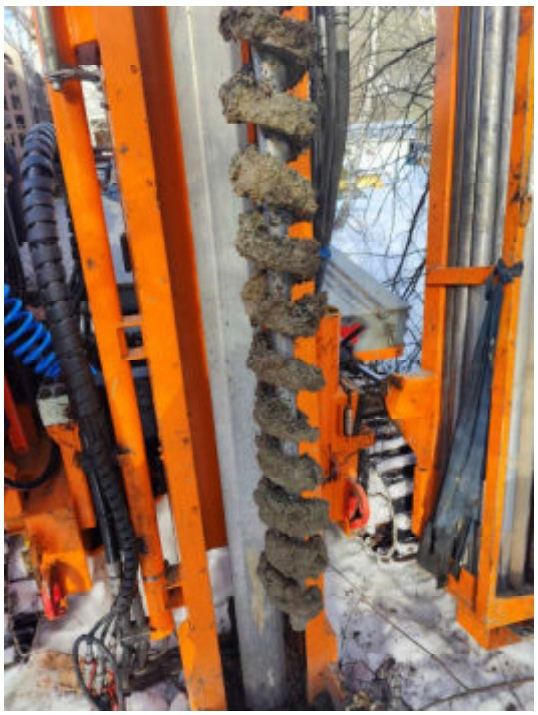
Borpunkt 8 – 10-11 m dybde	Borpunkt 9 – 0-1 m dybde
	
Borpunkt 9 – 1-2 m dybde	Borpunkt 9 – 2-3 m dybde

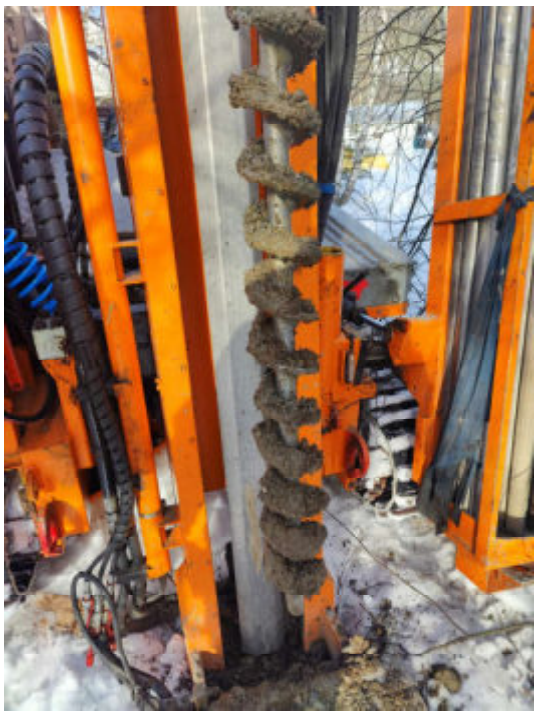
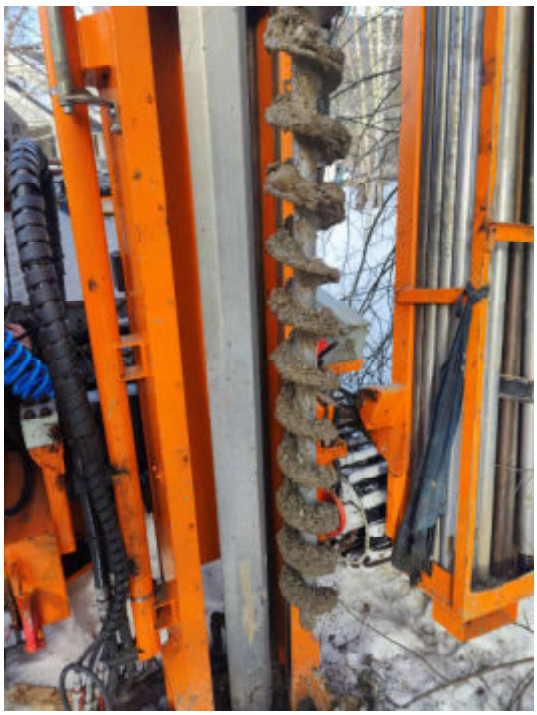
Borpunkt 9 – 3-4 m dybde	Borpunkt 10 – 0-1 m dybde
	
Borpunkt 10 – 1-2 m dybde	Borpunkt 10 – 2-3 m dybde

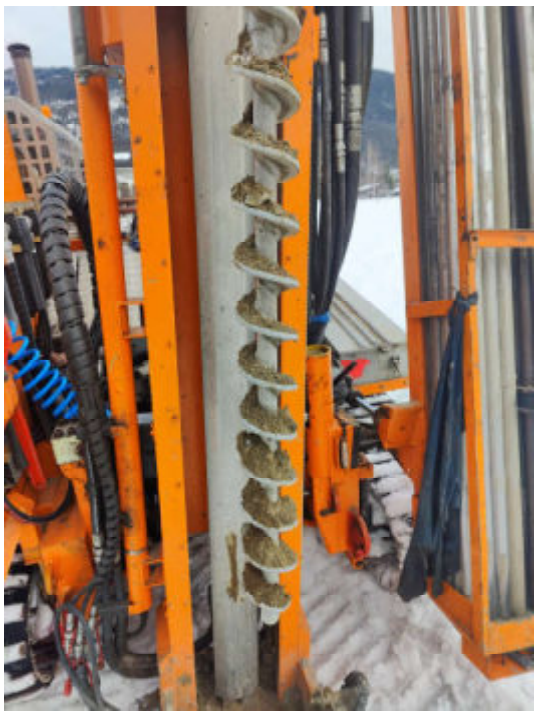
Borpunkt 10 – 3-4 m dybde	Borpunkt 10 – 4-5 m dybde
	
Borpunkt 10 – 5-6 m dybde	Borpunkt 10 – 6-7 m dybde
	

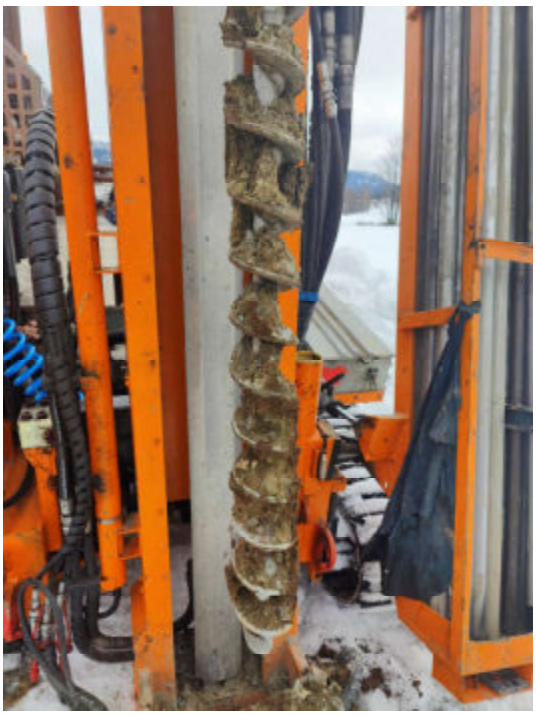
Borpunkt 10 – 7-8 m dybde	Borpunkt 11 – 0-1 m dybde
	
Borpunkt 11 – 1-2 m dybde	**Borpunkt 11 – 2-3 m dybde**
	

Borpunkt 11 – 3-4 m dybde	Borpunkt 11 – 4-5 m dybde
	
Borpunkt 12 – 0-1 m	Borpunkt 12 – 1-2 m

Borpunkt 12 – 2-3 m	Borpunkt 12 – 3-4 m
	
Borpunkt 12 – 4-5 m	Borpunkt 12 – 5-6 m
	

Borpunkt 12 – 6-7 m	Borpunkt 12 – 7-8 m
	
Borpunkt 12 – 8-9 m	Borpunkt 12 – 9-10 m
	

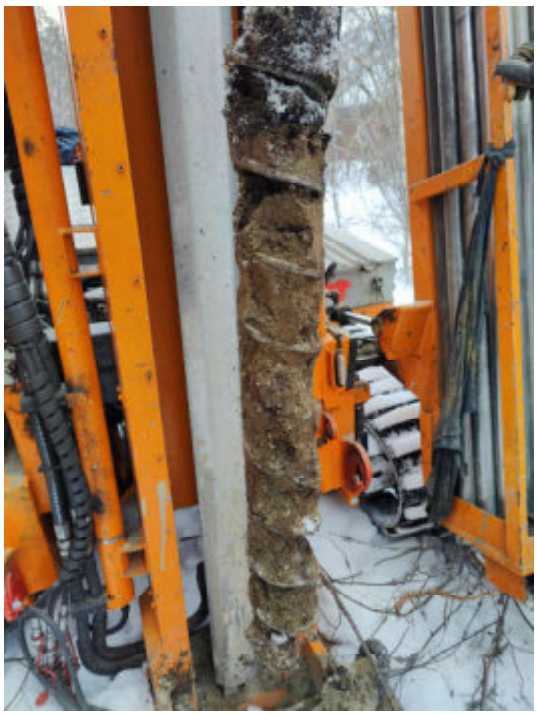
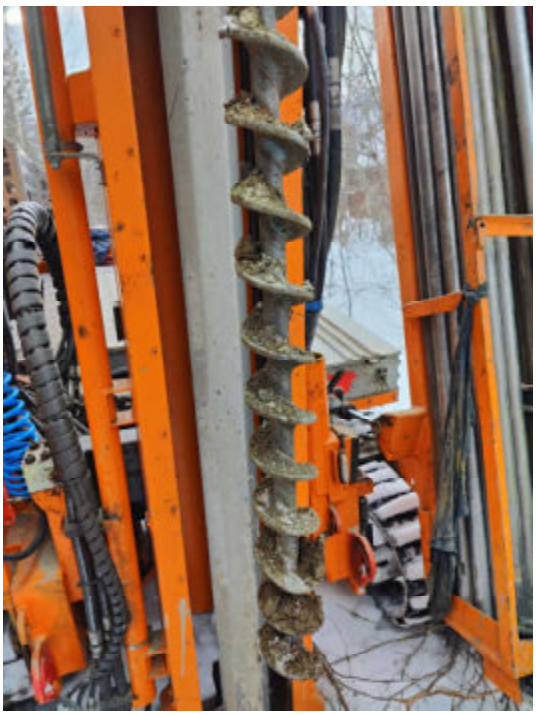
Borpunkt 13 – 0-1 m	Borpunkt 13 – 1-2 m
	
Borpunkt 13 – 2-3 m	Borpunkt 13 – 3-4 m

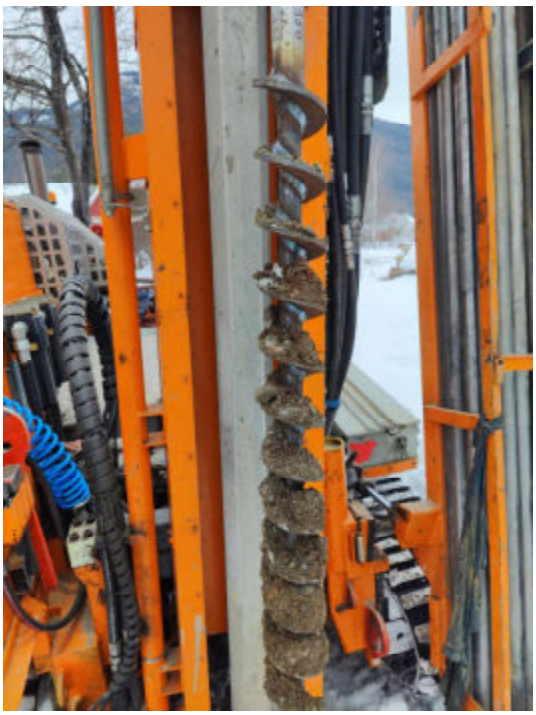
Borpunkt 14 – 0-1 m	Borpunkt 14 – 1-2 m
Borpunkt 14 – 2-3 m	Borpunkt 15 – 0-1 m
	

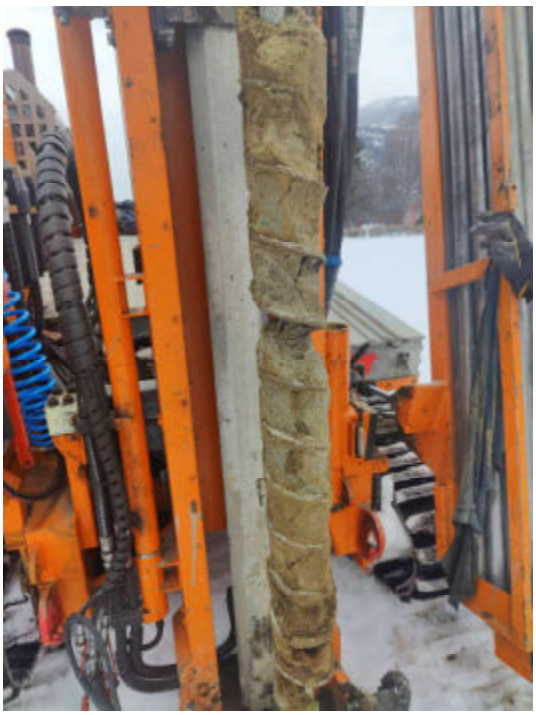
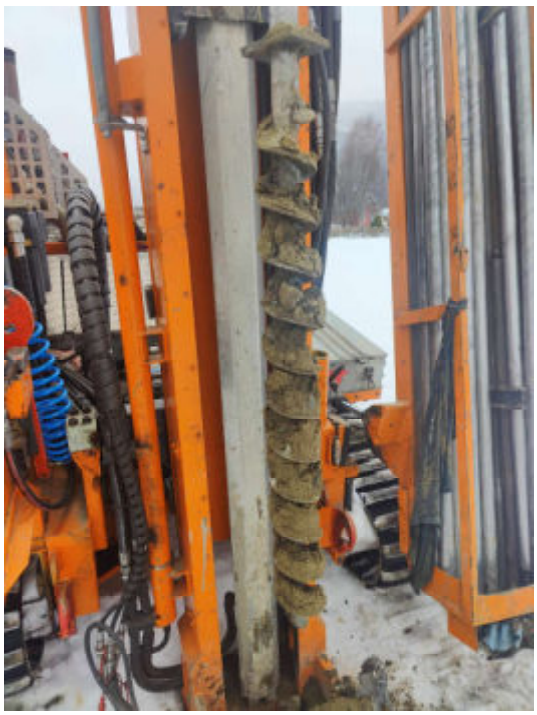
Borpunkt 15 – 1-2 m	Borpunkt 15 – 2-3 m
Borpunkt 15 – 3-4 m	Borpunkt 15 – 4-5 m

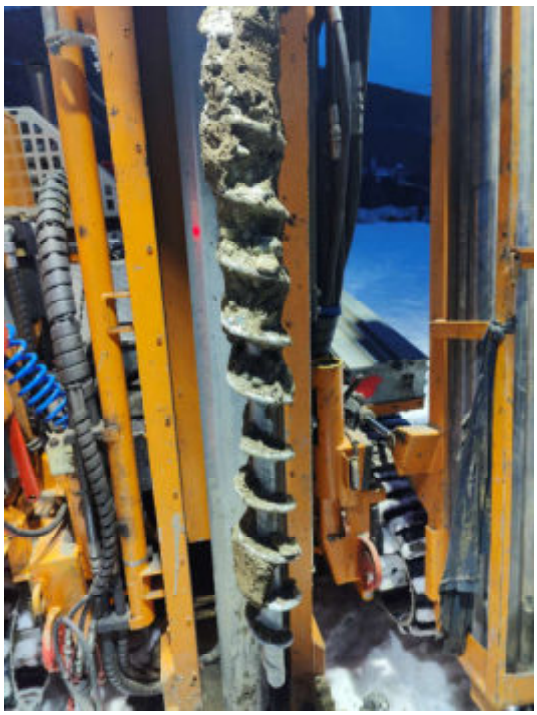
Borpunkt 15 – 5-6 m	Borpunkt 15 – 6-7 m
Borpunkt 15 – 7-8 m	Borpunkt 15 – 8-9 m

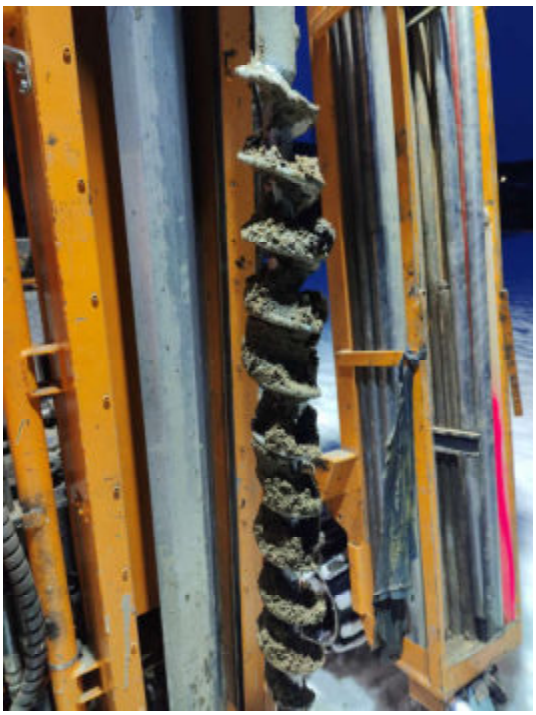
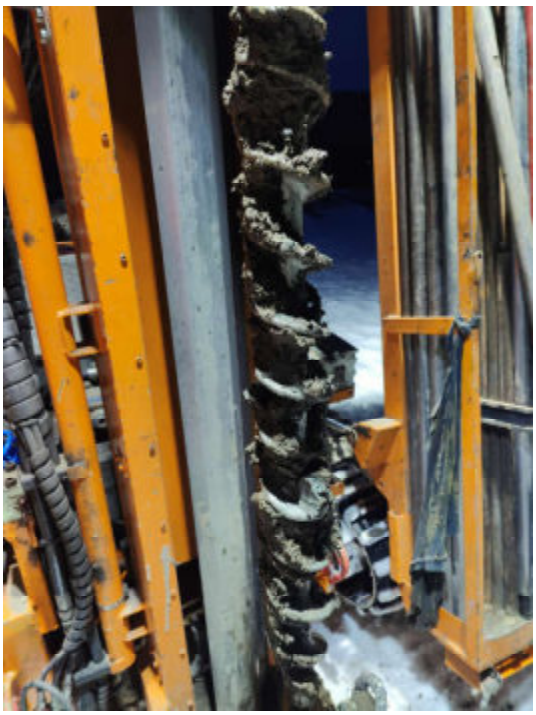
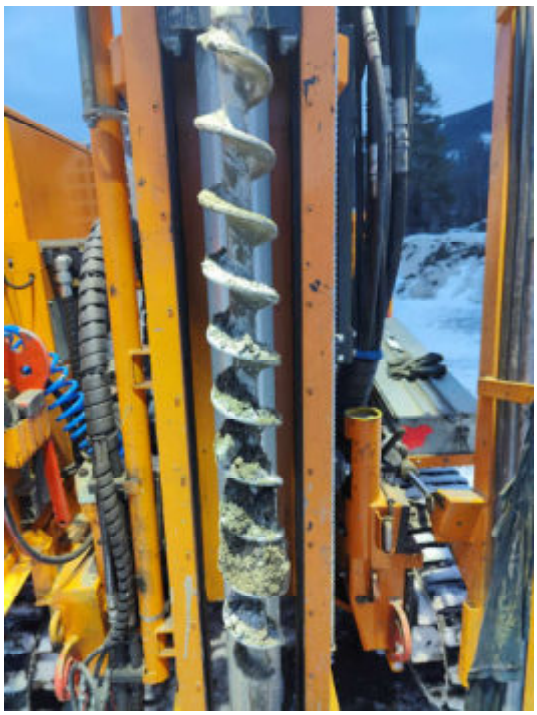
Borpunkt 15 – 9-10 m	Borpunkt 15 – 10-11 m
Borpunkt 15 – 11-12 m	Borpunkt 15 – 12-13 m

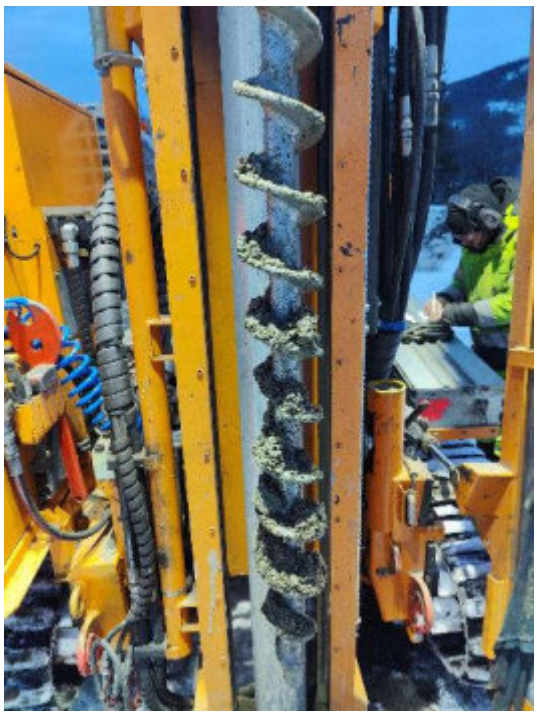
Borpunkt 16 – 0-1 m	Borpunkt 17 – 0-1 m
	
Borpunkt 17 – 1-2 m	Borpunkt 18 – 0-0,5 m
	

Borpunkt 19 – 0-1 m	Borpunkt 19 –1-2 m
	
Borpunkt 19 – 2-3 m	Borpunkt 20 –0-1 m

Borpunkt 20 – 1-2 m	Borpunkt 20 – 3-4 m
	
Borpunkt 20 – 4-5 m	Borpunkt 20 – 5-6 m
	

Borpunkt 21 – 0-1 m	Borpunkt 21 – 1-2 m
	
Borpunkt 21 – 2-3 m	Borpunkt 21 – 3-4 m

Borpunkt 21 – 4-5 m	Borpunkt 21 – 5-6 m
	
Borpunkt 21 – 6-7 m	Borpunkt 22 – 0-1 m
	

Borpunkt 22 – 1-2 m	Borpunkt 22 – 2-3 m
	
Borpunkt 22 – 3-4 m	Borpunkt 23 –0-1 m

Borpunkt 23 – 1-2 m	

Prosjekt:	Flomsikringstiltak NVE, gnr./bnr. 79/39 m.fl. i Nesbyen kommune
Rapport:	50517-01-R

Vedlegg 6

Tegnforklaringer

(iht. Statens vegvesen blankett nr. 497)

Romerike Geoteknikk

Statens vegvesen Blankett nr. 497	TEGNINGSFORKLARING for geotekniske kart og profiler	

Opptegning i plan / på oversiktskart.
TEGNINGSSYMBOLER
Nummerering i henhold til borpunktliste GeoPlot.

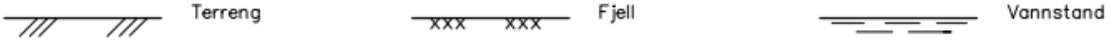
Symbol	Metode	Anmerkning	Symbol	Metode	Anmerkning
●	2401 Dreiesondering	Sondering m. registrering av motstand.	■	2410 Setningsmåling	Nivellementspunkt.
◎	2402 Prøveserie	Prøvene tatt med borings-redskap (skovlbor, prøvetager, diamantkjernebor m.m.)	▽	2411 S.P.T.	Standard Penetration Test
			✡	2412 Fjellkontroll-boring	Boring ned til og i fjell.
□	2403 Prøvegrop	Prøvene tatt i gropvegg.			
⊠	2404 Prøvebelastning	Peler, terrengplater, fundamenter o.l.	⊖	2413 Poretrykks-måling	Inkludert måling av grunn-vannstand.
○	2405 Enkel sondering	Sondering uten registrering av motst., f.eks. spyleboring, slagboring m.m.	◓	2414 In situ permeabilitets-måling	Infiltrasjonsforsøk, prøve-pumping m.m.
◓	2406 Dreietrykk-sondering	Maskinsondering med automatisk registrering.	+	2415 Vingeboring	Måling av uomrørt og omrørt udrenert skjærstyrke.
▽	2407 CPTU	Sondering der spissmotstand, lokal friksjon og poretrykk registreres under nedpressing	∩	2416 Elektrisk sondering	Elektrisk motstand, korro-sivitet etc.
⊗	2408 Skruplateforsøk	Kompressometer o.l.	⊟	2417 Helnings-måling	Inklinometer.
▼	2409 Ramsondering	Sondering der borstang slås ned. Stangdiameter, loddvekt og fallhøyde er normert. Q_0 registreres.	⊕	2418 Totalsondering	Kombinasjonsboring gjennom løsmasser og fjell.

NIVÅER OG DYBDER (i meter)

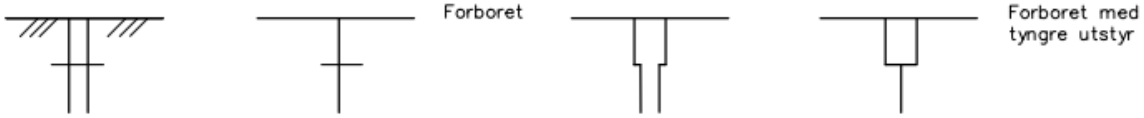
✡ 12,8 / -5,7 — 18,5+3,0

Over linjen : kote terreng eller elvebunn, sjøbunn ved boring i vann (12,8).
Ut for linjen : boret dybde i løsmasser (18,5). Evt. boret dybde i fjell angis etter plusstegn (+3,0).
Under linjen : sikker fjellkote.

OPPTEGNING I PROFIL
Generelt



FORBORING (Gjelder alle sonderingstyper)



AVSLUTNING AV BORING (Gjelder alle sonderingstyper)

Notat nr. 1 Vurderingsmatrise flomsikring Nesbyen

Dr. Blasy – Dr. Øverland
Ingenieure GmbH
Moosstraße 3
82279 Eching am Ammersee

Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de

Prosjekt	ea-NVE-014-01 Flomsikring Nesbyen
Emne	Vurderingsmatrise
Sted	
Dato	22. juli 2024
Mottakere	NVE, prosjektgruppe flomsikring Nesbyen

Forkortelser:

NVE – Norges vassdrags- og energidirektorat

RN – Rambøll Norge AS

BØ – Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

NK – Nesbyen kommune

1. Bakgrunn og innledning

Nesbyen i Hallingdal skal sikres mot flom. Målet med forprosjektet er å komme frem til aktuelle alternative traséer for flomverk på Nesflata for så å velge en egnet løsning som håndterer lekkasje- og overvann, og som har positiv kost/nytte-verdi. Det er avgjørende for tidseffektiv gjennomføring av flomsikringsprosjektet å oppnå et godt begrunnet, og et godt forankret trasévalg for flomverk i forprosjektet. Det best egnede alternativet anbefales til politisk behandling og tas deretter i så fall videre i detaljprosjektering.

Valget av anbefalt trasé foretas ved hjelp av en vurderingsmatrise med ulike kriterier og vekting av disse. Prosessen for utarbeidelse av matrisen samt resultatet er beskrevet i dette notatet.

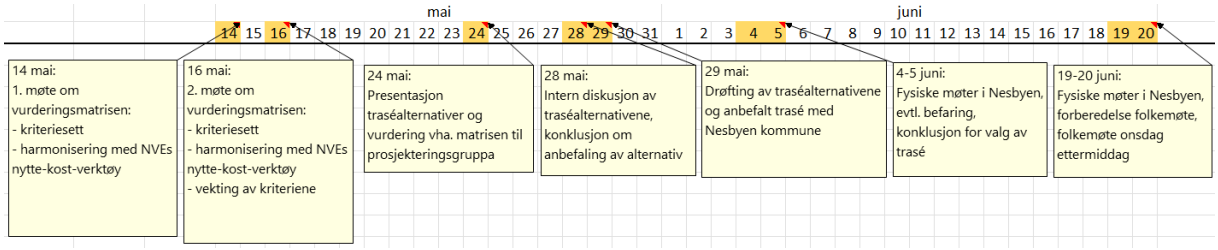
2. Utarbeidelse av vurderingsmatrisen

For prosessen for utarbeidelse av vurderingsmatrisen ble det satt ned ei kjernegruppe, som utarbeidet et forslag, før dette forslaget ble presentert og diskutert i prosjektgruppa. Prosjektgruppa var sammensatt av representanter av de viktigste fagene hos NVE, RN og BØ. Kjernegruppa avholdt to møter før de presenterte det første forslaget for prosjektgruppa.

I vurderingsmatrisen inngår kostnader og nytteverdi. NVE har et verktøy for å beregne kost/nytte-verdi til sikringstiltak. Del av prosessen med vurderingsmatrisen var derfor å finne ut om, og i så fall hvordan matrisen kan harmoniseres med bruk av NVE sitt kost/nytte-verktøy.

Samtidig ble det utarbeidet og diskutert et forslag for kriterier som skal brukes i matrisen for å vurdere alternativer for flomverket på Nesflata. Deretter ble vektingen til de enkelte kriteriene diskutert, og det ble laget et forslag som foreløpig brukes videre i prosjektet.

Tidslinjen som ble fulgt i denne prosessen er vist i Figur 2.1. Totalt ble det avholdt fire møter før resultatene ble presentert til NK. De første to møtene konsentrerte seg på diskusjon og forslag av et kriteriesett, samt på harmonisering av vurderingsmatrisen med NVE sitt kost/nytte-verktøy. Kriteriesettet ble satt fast, og det ble utarbeidet et forslag for vekting av kriteriene.



Figur 2.1 Tidslinje for prosessen for utvikling av vurderingsmatrisen

I det tredje møtet ble traséalternativer og dets vurdering ved hjelp av matrisen presentert for prosjektgruppa. Vektingen av de enkelte kriteriene ble diskutert, og det ble bestemt hvilken vekting som brukes inntil videre.

I det fjerde møtet ble det gått gjennom endringene av traséalternativene og vurderingene i matrisen siden forrige møte. Det ble konkludert med hvilken flomvolltrasé som anbefales videre i prosessen og at vurderingsmatrisen presenteres til NK slik den er foreslått.

I det siste møtet ble resultatene fra prosessen presentert til NK.

2.1 Harmonisering med NVE sitt kost/nytte-verktøy

NVE sitt kost/nytte-verktøy har med både myke, ikke-prissatte kriterier og prissatte kriterier. Mens metoden «står på sikre bein» i forhold til de prissatte kriteriene, er den mer usikker med tanke på de ikke prissatte kriteriene. Det er inntil videre uavklart i NVE, akkurat hvilken tilnærming som skal brukes for å ivareta de ikke prissatte kriteriene, bl.a. med bakgrunn i norske retningslinjer for samfunnsøkonomisk analyse.

Det ble derfor konkludert med at verktøyene komplementerer hverandre, ved at det er lett å ivareta ikke-prissatte kriterier gjennom vurderingsmatrisen, mens kost/nytte-verktøyet har sin styrke i prissetting. Følgende grep er gjort for å harmonisere bruken av begge verktøy:

Temaet lønnsomhet i vurderingsmatrisen skal ivareta prissatt nytte (dvs. unngåtte skader gjennom sikring; inndata fra kost/nytte-verktøyet). Kostnader er synlige i matrisen, men går ikke inn i vurderingen (dvs. har vekt 0) for å unngå dobbel vurdering via kost-nytte-faktoren, se neste avsnitt.

Kost/nytte-faktoren har så mye å si for et sikringsprosjekt at det ble bestemt å ha kost/nytte-faktoren i en separat, påfølgende vurdering trinn 2. Trinn 1 omfatter da et sett med ikke-prissatte kriterier samt prissatt nytte beregnet med NVE sitt kost/nytte-verktøy. I trinn 2 vurderes totalpoengsummen fra trinn 1 opp mot kost/nytte-faktoren for hvert alternativ – her inngår også ikke-prissatte virkninger i kostnadene.

2.2 Kriteriesett

De opprinnelig foreslåtte kriteriene ble gått gjennom og ble diskutert i de første møtene. Etter hvert ble kriteriesettet satt fast (Tabell 2.1).

Kriteriene er delt inn i fem temaer: (1) Lønnsomhet, prissatte virkninger, (2) Vassdragstekniske momenter, (3) Påvirkning av infrastruktur, (4) Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark, og (5) Påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner.

Tabell 2.1 Oversikt over kriteriesettet i vurderingsmatrisen og vekt per kriterium og tema

Kriterium	Vekting
Lønnsomhet, prissatte virkninger	**30,00 %**
Nytte (unngåtte skader gjennom sikring)	30,00 %
Kostnader (investering) - uten vekt, inngår i trinn 2	-
Vassdragstekniske momenter	**15,00 %**
Grunnforhold (geoteknikk, egnethet, permeabilitet o.l.)	2,14 %
Påvirkning på grunnvannet	2,14 %
Drenering (drensrør, overvann, pumpestasjoner, tetning)	2,14 %
Hydraulisk virkning (konsekvenser av flomverket på andre steder)	2,14 %
Tilgang inkl. anleggsperioden, drifts- og beredskapsvei	2,14 %
Drift og vedlikehold	2,14 %
Bruk av administrative flomtiltak (mobile elementer o.l.)	2,14 %
Påvirkning på infrastruktur	**5,00 %**
Veisystem, samferdsel	2,50 %
Omlegging av kabler, ledninger o.l. infrastruktur	2,50 %
Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark	**10,00 %**
Tap av matjord / dyrket mark	5,00 %
Inngrep i viktige habitater eller naturtyper	1,67 %
Arealbeslag av flomverk (permeabel flate)	1,67 %
Tap av trær, inngrep i kantvegetasjon	1,67 %
Påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner	**40,00 %**
Inngrep i landskap (by- og landskapsbilde)	9,75 %
Inngrep i kulturarv (kulturminner, fredete bygninger o.l.)	9,75 %
Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på bomiljø	9,75 %
Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på rekreasjon og friluftsliv	9,75 %
Påvirkning på bomiljøet i anleggsperioden (støy, luftkvalitet, trafikk)	1,00 %

Underveis gikk kriterier ut som ikke var relevante for Nesbyen-prosjektet, f.eks. «Inngrep i vernet område». Kriteriet «Kost/nytte-faktor» ble erstattet med «Nytte» og «Kostnader» i matrisen, se kapittel 2.1 for bakgrunnen for det.

Kriteriet «Landskapsmessig og arkitektonisk utforming» er delt opp i to kriterier: i) virkning på bomiljø og ii) virkning på rekreasjon og friluftsliv.

Det ble bestemt at alle kriteriene, unntatt nytte og kostnader, er brukt inn i vurderingsmatrisen uten enhet, dvs. de vurderes kvalitativt.

Nytte

«Nytte» under temaet «Lønnsomhet» omfatter unngåtte skader som følge av gjennomført flomsikring. Nytteverdien beregnes ved NVE sitt kost/nytte-verktøy i milliarder kroner og er blant annet avhengig av hvor mange hus og eiendommer er utsatt for flom med bestemt vanndybde før tiltak sammenlignet med flomsituasjonen etter tiltak. I dette kriteriet inngår kun prissatte virkninger fra NVE sitt nytte-kost-verktøy. Dvs. det er ikke tatt hensyn til nytteverdier som f.eks. etablering av et parkområde i sammenheng med sikringen eller effekten av økt mulighet for rekreasjon gjennom etablering av turstier.

Kostnader

I «kostnader» inngår investeringskostnadene av sikringstiltakene uten merverdiavgift, inklusive kostnader for planlegging, men uten kostnader for forvaltning, drift og vedlikehold.

Grunnforhold

Kriteriet «Grunnforhold» omfatter undergrunnens egenskaper med tanke på stabilitet og permeabilitet, dvs. egenskaper som har betydning for gjennomførbarhet av tiltakene og for geotekniske løsninger som må til på grunn av kvaliteten av byggegrunnen.

Påvirkning på grunnvannet

Her inngår hvordan grunnvann og vannstrømning under bakken påvirkes i normalsituasjon, dvs. når det ikke er flom, f.eks. som følge av tetningstiltak. Ved grunnvannskilder i prosjektområdet inngår det ev. konsekvenser for drikkevannsforsyning.

Drenering

Omfatter systemet for drenering og avledning av bakvann, som er en følge av lekkasje gjennom flomverket eller av lokal nedbør. I drenssystemet inngår drensrør, overvannsledninger og pumpestasjoner, samt tilhørende infrastruktur som strømforsyning og lignende. Under kriteriet «drenering» er også tiltak for håndtering av lekkasje, f.eks. tetning av grunnen for å begrense lekkasjevannmengder.

Hydraulisk virkning

Under dette kriteriet er det vurdert om eller i hvilken grad sikringstiltakene medfører ulemper på andre steder. Inngrep i eller ved vassdrag kan føre til uønskete konsekvenser for oppstrøms eller nedstrøms liggende interessepartier. Dette kan f.eks. være høyere flomvannstand oppstrøms gjennom innsnevring av tverrsnittet og oppstuving, eller tapt fordrøyningsvolum på flomsletten med mindre flomdempende effekt nedstrøms.

Tilgang (inkl. anleggsperioden), drifts- og beredskapsvei

Adkomst til flomverket har betydning både i drifts- og i anleggsfasen av byggverket. Det vurderes hvor egnet anlegget er i forhold til beredskap, forvaltning, drift og vedlikehold. Under anleggsperioden er adkomst avgjørende for gjennomførbarheten. I en flomsituasjon kan det være nødvendig å gjennomføre strakstiltak på flomverket for å bevare sikkerheten, f.eks. når dimensjonerende flomhendelse overskrides og svekker byggverket. I driftsfasen er adkomst en forutsetning for drift og vedlikehold av flomverket for å kunne opprettholde det nødvendige sikkerhetsnivået.

Bruk av administrative flomtiltak

Her vurderes omfanget av bruk av alternative flomtiltak for løsninger der permanente tiltak ikke er mulige. Slike tiltak er f.eks. flomport eller mobil flomvegg av bjelkestengsler montert i faste konstruksjoner. Dette kriteriet er viktig med tanke på tiden fra varsling til flom. Jo kortere varslingstiden er, jo større usikkerhet medføres av alternative flomtiltak på grunn av beredskapet og ressursene for oppsett som trengs.

Veisystem, samferdsel

Kriteriet ivaretar vurderinger rundt veisystem og samferdsel, dvs. hvilke konsekvenser sikringstiltak har for veier, gater, trafikk, fotgjengere, syklister og andre trafikanter.

Omlegging av kabler, ledninger o.l. infrastruktur

Kriteriet ivaretar vurderinger rundt annet infrastruktur og i hvor stor grad den blir berørt av sikringstiltak. Her inngår behov for fjerning eller omlegging av kabler, ledninger og rør brukt i sammenheng med vann og avløp, fjernvarme, strøm og telekommunikasjon.

Tap av matjord / dyrket mark

I Norge er matjord en knapp ressurs. Derfor er det vurdert hvor mye areal av dyrket mark er tapt ved bygging av sikringstiltak. Jordkvaliteten til landbruksareal og dyrket mark tas hensikt til i vurderingen. Det ivaretas også fragmentering av verdifullt areal, som kan ha betydning når dette medfører at landbruksareal går ut av drift.

Inngrep i viktige habitater eller naturtyper

Her inngår påvirkning på viktige habitater, funksjonsområder og naturtyper, inklusive rødlistede og verdifulle arter. Kriteriet gjelder både påvirkninger i vann og på land.

Arealbeslag av flomverk (permeabel flate)

Kriteriet tar hensyn til arealbehovet, dvs. fotavtrykket av anlegget. Det er forutsatt at flomverkets areal på Nesflata stort sett blir permeabel flate. Det tas også hensyn til i vurderingen hvilken type flate som arealet hadde fra før. Det betyr at vurderingen kommer ut dårligere når permeabel flate bygges ned, og bedre når tett falte bygges ned.

Tap av trær, inngrep i kantvegetasjon

Trær, i hvert fall sjeldne arter, og vegetasjon har verdi og funksjoner som skal bevares. Langs vassdrag spiller kantvegetasjon en verdifull rolle. Blant annet skaper den skygge og mulighet for skjul, og den bidrar til bedre vannkvalitet. På grunn av tap av den viktige økologiske funksjonen vurderes tap av verdifulle trær og vegetasjon langs vassdrag negativt.

Inngrep i landskap (by- og landskapsbilde)

Kriteriet omfatter det store, overordnete bildet av Nesflata og dalføren, dvs. synet fra utenfor tettstedet på tettstedet eller dalen. Topografiske former, landskapsrom og naturskapte visuelle egenskaper samt nøkkelelementer inngår i vurderingen, og hvordan sikringstiltakene endrer på disse egenskaper.

Inngrep i kulturarv (kulturminner, fredete bygninger o.l.)

Her vurderes i hvor stor grad kulturminner og kulturmiljø påvirkes av sikringstiltak, uavhengig av vernestatus.

Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på bomiljø

Kriteriet omfatter vurdering av landskapsarkitektonisk utforming og arkitektonisk utforming med hensyn til påvirkningen på bomiljøet. Her inngår visuell og strukturell effekt på beboere, og hvordan byform og bystruktur eventuelt endres som følge av sikringstiltakene. Dette kriteriet har lokal karakter, mens ovennevnte kriterium «Inngrep i landskap» har overordnet karakter. Med lokal karakter menes det her hvordan lokalmiljøet påvirkes, f.eks. ved endret visuell effekt fra sentrum eller rett ved sikringstiltaket, eller ved endret tilknytning av viktige steder i sentrum gjennom endret veisystem.

Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på rekreasjon og friluftsliv

Kriteriet omfatter også vurdering av landskapsarkitektonisk utforming og arkitektonisk utforming, men med hensyn til påvirkningen av rekreasjon og friluftsliv. Her inngår blant annet ferdselsforbindelser, tur- og sykkelstier, lekeplasser og rekreasjonsområder samt tilgang til vassdrag. Dvs. det vurderes i hvor stor grad sikringstiltak fører til kvaliteter som har positiv effekt gjennom økt eller ny aktivitet og bruk av arealer til friluftsliv.

Påvirkning på bomiljøet i anleggsperioden (støy, luftkvalitet, trafikk)

Det vurderes hvordan bomiljøet påvirkes i anleggsperioden. Her inngår effekter som forurensing ved utslipp til luft, vann og grunn, herunder støy og luftkvalitet.

2.3 Vekting og verdisetting

Vekting av temaene og de enkelte kriteriene ble utarbeidet som utkast til det tredje møtet og ble justert i henhold til resultatene av diskusjoner i de påfølgende møtene.

De enkelte kriteriene vurderes ved å gi poeng på en skala fra 1 til 5, hvor 1 er dårligst og 5 er best. Det var enighet om at verdisetting skjer ved å gi det beste alternativet høyest poengtall. Grunnen til dette er at det på den måten ivaretas at vektingen av kriteriene ikke påvirkes av indirekte vekting gjennom verdisetting. Ved å alltid gi høyest poengtall til det beste alternativet og sette poengtall for de øvrige alternativene relativt til det, er vektingen begrenset til og styres gjennom vektfordelingen mellom kriteriene.

Poengverdien for kvantitative kriterier (inntil nå kun «Nytte») beregnes ut fra tallverdien relativt til beste verdi satt lik 5 og nedre grense av skalaen lagt fast for kriteriet satt lik 1. Poengverdien for kvalitative kriterier settes direkte på skalaen fra 1 til 5.

Første forslag for vektingen ble gjort ved å sette vekt på de fem temaene for kriteriene, og ut fra det videre fordele vekten for hvert tema på de enkelte kriteriene. I løpet av diskusjonen ble vektingen justert, og det ble bestemt å bruke vektingen vist i Tabell 2.1 inntil videre, med følgende bakgrunn:

Lønnsomhet ved kriteriet «Nytte» er en viktig faktor for om flomsikringstiltak blir gjennomført eller ikke. Et akseptabelt forhold av nytteverdi til kostnader er et vanlig krav til realisering av et planlagt flomsikringsanlegg. Dette kriteriet er derfor gitt en vekt på 30 %. I tillegg er lønnsomhet vurdert i en trinn 2 etter trinn 1 med vurderingsmatrisen, hvor resultatet fra vurderingsmatrisen kombineres med kost/nytte-faktoren (se kapittel 2.1).

Temaet med størst vekt er «Påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner». Dette temaet er lagt størst vekt på fordi inngrep i landskapsbildet, bystrukturen, bomiljøet og kulturarven er svært viktige å ta hensyn til for å få gjennomført sikringsprosjektet. Blant de fem kriteriene under temaet er de fire viktigste vektlagt med nesten 10 %, mens «Påvirkning på bomiljøet i anleggsperioden» er gitt vekt på bare 1 %, siden dette er en mindre viktig og midlertidig påvirkning.

Lønnsomhet og påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner utgjør til sammen 70 % av vekten. De resterende 30 % er fordelt på temaene «Vassdragstekniske momenter», «Påvirkning av infrastruktur» og «Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark» på følgende måte:

Vassdragstekniske momenter er vektlagt med 15 %, og hvert av de syv kriteriene under dette temaet er tildelt like vekt. De vassdragstekniske kriteriene får samlet høyere vekt enn de to andre temaene, fordi det er faktorer som spiller inn hvordan sikringstiltakene virker under flom og i drift. Her er det forutsatt at et alternativ først blir vurdert i matrisen, når dette er et alternativ som fungerer teknisk og er gjennomførbart. I tillegg inngår disse kriteriene også indirekte i kostnader, siden faktorer som vanskeligere grunnforhold,

større pumpestasjoner og større innsats for drift og vedlikehold er kostnadsdrivende. Lignende gjelder for kriteriene under temaet «Påvirkning av infrastruktur». Til sammen er de vektlagt med 5 %, slik at det er 10 % til overs for temaet «Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark». Herunder er det med 5 % lagt mest vekt på tap av matjord og dyrkbar mark, fordi slik areal er en svært begrenset ressurs i Norge og det er et mål å bevare mest mulig av dette.

Antall poeng for hvert kriterium («Vektede poeng») beregnes som følger: poengtall * vekting [-] * 10.

3. Utkast av vurderingsmatrisen

Nedenfor vises vurderingsmatrisen i formen som den kom ut av prosessen beskrevet i dette notatet (Figur 3.1). Til venstre står kriteriene inndelt etter de fem temaene med enhet og vekting. Kolonnene «Maks. verdier» gjengir maks. poengtall uten og med vekting, dvs. maksimalt poengtall som kan oppnås ved best vurdering. Til høyre står kolonner for hvert alternativ som skal vurderes, med verdi (kun relevant for kvantitative kriterier som kostnad), antall poeng, og vektede poengtall.

Vektingen er et forslag og er inntil videre en åpen parameter. Den kan endres underveis i utredningen av tiltak mot flom, siden vekten er avhengig av momenter som kan komme opp i diskusjoner når det jobbes videre med detaljering av alternativer sammen med kommunen.

					Alternativ 1			Alternativ 2			Alternativ 3		
Kriterie / påvirkning	**Enhet**	**Vekting**	**Maks. verdier**										
			Maks. poeng	Maks. vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng	Verdi	Poeng	Vektede poeng
Lønnsomhet, prissatte virkninger		**30%**											
Nytte (unngåtte skader gjennom sikring)	mill. kr	30%	5	15									
Kostnader (investering) - uten vekt, inngår i trinn 2	mill. kr	-											
Vassdragstekniske momenter		**15%**											
Grunnforhold (geoteknikk, egnethet, permeabilitet o.l.)		2,1%	5	1,1									
Påvirkning på grunnvannet		2,1%	5	1,1									
Drenering (drensrør, overvann, pumpestasjoner, tetning)		2,1%	5	1,1									
Hydraulisk virkning (konsekvenser av flomverket på andre steder)		2,1%	5	1,1									
Tilgang inkl. anleggsperioden, drifts- og beredskapsvei		2,1%	5	1,1									
Drift og vedlikehold		2,1%	5	1,1									
Bruk av administrative flomtiltak (mobile elementer o.l.)		2,1%	5	1,1									
Påvirkning på infrastruktur		**5%**											
Veisystem, samferdsel		2,5%	5	1,3									
Omlegging av kabler, ledninger o.l. infrastruktur		2,5%	5	1,3									
Påvirkning på naturmangfold og dyrkbar mark		**10%**											
Tap av matjord / dyrket mark		5,0%	5	2,5									
Inngrep i viktige habitater eller naturtyper		1,7%	5	0,8									
Arealbeslag av flomverk (permeabel flate)		1,7%	5	0,8									
Tap av trær, inngrep i kantvegetasjon		1,7%	5	0,8									
Påvirkning på mennesker, materielle verdier og kulturminner		**40%**											
Inngrep i landskap (by- og landskapsbilde)		9,8%	5	4,9									
Inngrep i kulturarv (kulturminner, fredete bygninger o.l.)		9,8%	5	4,9									
Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på bomiljø		9,8%	5	4,9									
Landskapsmessig og arkitektonisk utforming - virkning på rekreasjon og friluftsliv		9,8%	5	4,9									
Påvirkning på bomiljøet i anleggsperioden (støy, luftkvalitet, trafikk)		1,0%	5	0,5									
Sum		100%	95	50	-	0	**0,00**	-	0	**0,00**	-	0	**0,00**

Figur 3.1 Utkast av vurderingsmatrisen

Eching am Ammersee, den 22.07.2024

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH Utarbeidet av

Julian Sauterleute

Flomsikring i Nesbyen kommune

Notat

Hydraulikk for sikring av Nesflata

31.01.2025

Oppdragsgiver:

Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Forfatter:

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Billerberg 10
82266 Inning am Ammersee

ea-NVE-014-01/JuSa

Notat

1. Prosjektansvarlig 1
2. Formål 1
3. Undersøkt område 1
4. Datagrunnlag 5
5. Hydrologisk grunnlag 6
5.1 Flomverdier 6
5.2 Klimapåslag 7
6. Hydraulisk modellering 7
6.1 Modellverktøy og -oppsett 7
6.2 Simuleringer 9
6.3 Grensebetingelser 10
6.4 Modellvalidering 11
6.5 Sensitivitet på nedre grensebetingelse 11
7. Resultater 11
7.1 Modellvalidering 11
7.2 Kvalitetssikring av bunndata 12
7.3 Sensitivitet på nedre grensebetingelse 12
7.4 Vannstander, flomareal, vanndybder og vannhastigheter 13
7.4.1 Eksisterende situasjon, 200-årsflom med klimapåslag 13
7.4.2 Situasjon etter tiltak, 200-årsflom med klimapåslag 16
8. Oppsummering 18

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

2. Formål

I forbindelse med flomsikring av Nesbyen er det gjennomført hydrauliske beregninger. Det er satt opp en todimensjonal hydraulisk modell for hovedelva Hallingdalselva og sideelva Rukkedøla. Målet er å beregne vannstandskoter og flomutbredelse ved dimensjonerende vannføring for flomsikringssikringstiltakene. Resultatene, blant annet vannspeil, flomareal og strømningshastighet, gir grunnlag for fastsetting av høyden på topp sikring og plassering av sikringstiltakene. På Nesflata er det prosjektert en flomvoll.

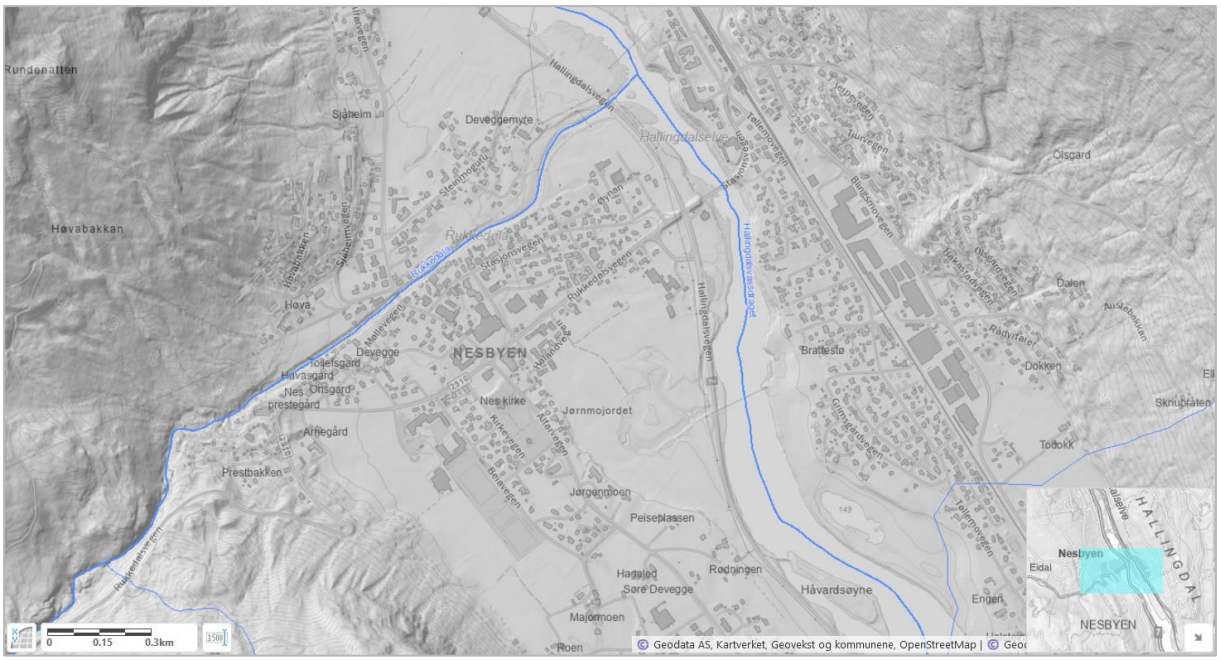
Dette notatet omhandler i hovedsaken resultatene for hovedelva Hallingdalselva. Resultatene presentert her er begrenset til behovet for planlegging av sikringstiltakene på Nesflata mot flom i Hallingdalselva. Rukkedøla er modellert og sikring av strekningen forbi Nesbyen sentrum er forutsatt for situasjonen etter tiltak, men resultatene for sideelva er kun presentert på nederste strekning før samløpet med Hallingdalselva. Sikring langs Rukkedøla og eventuell sikring av området nord for samløpet, Steinmogutu, behandles separate i en seinere fase av prosjektet. Eventuell heving av riksvei 7 samt ny bru over Rukkedøla tilknyttet flomvollen er ikke tatt hensyn til i denne prosjektfasen.

3. Undersøkt område

Sentral i studiens analyseområde er tettstedet Nesbyen med Nesflata (Figur 3.1). Nesflata refererer her til det flate området på den gamle elveviften ved samløpet av Rukkedøla med Hallingdalselva, som ligger mellom Nesbyen sentrum og Hallingdalselva og som strekker seg fra Steinmogutu i nord til Jørgenmoen i sør.

Hallingdalselva har liten elvegradient på strekningen forbi Nesbyen. Vannstanden ved Nesbyen påvirkes av de hydrauliske forholdene på elvestrekningen nedstrøms. For beregning av vannstander ved Nesbyen er det nødvendig å inkludere Hallingdalselva helt ned til Bergheim.

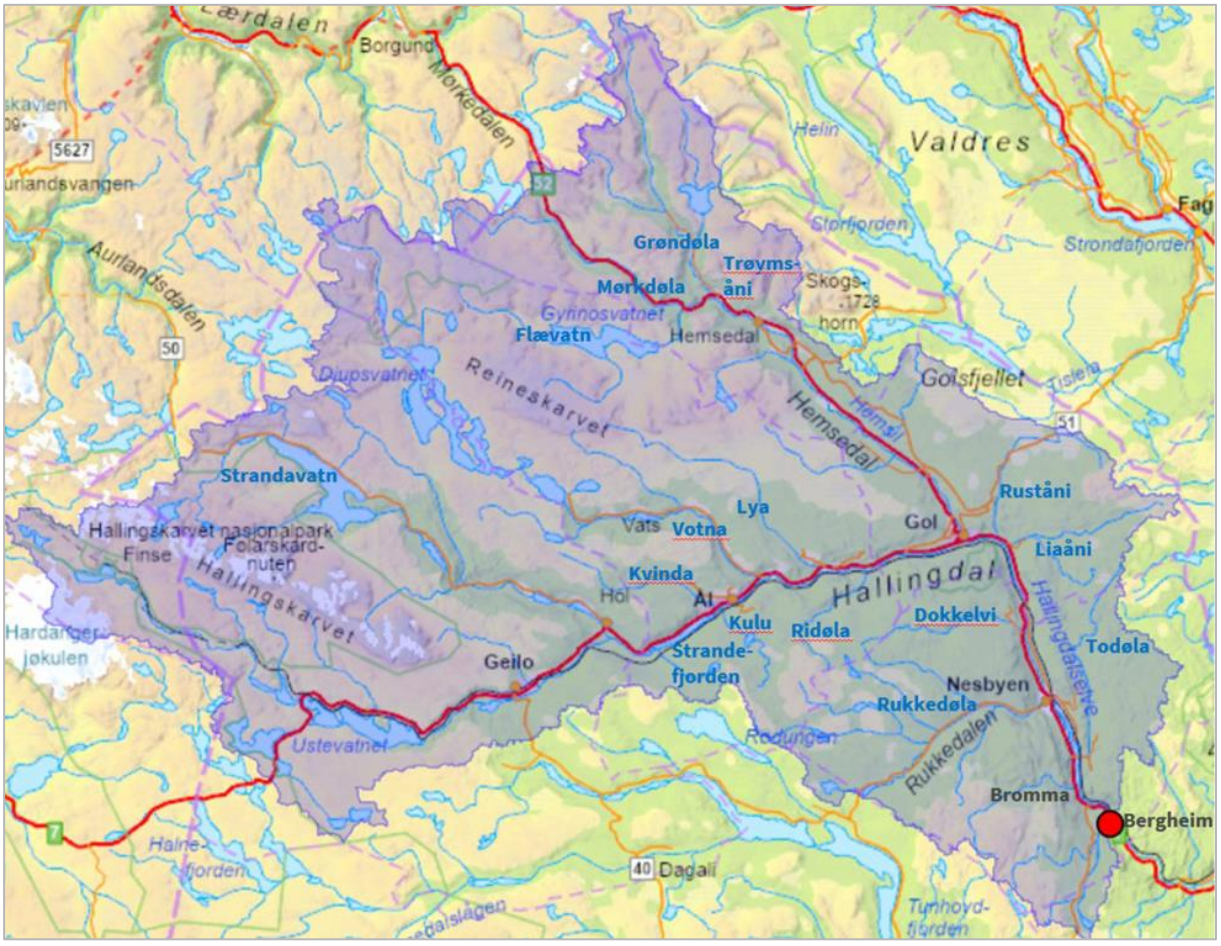
Det undersøkte området strekker seg derfor fra Nedre Sjong i nord, ca. 4 km oppstrøms samløpet med Rukkedøla, til målestasjon 12.97.0 Bergheim i sør, ca. 15 km nedstrøms Nesbyen, og omfatter hele dalføret langs Hallingdalselva. Ved Nesbyen / Rukkedalen har området utstrekning fra fossen i Rukkedøla i vest til Nesbyens østside på andre siden av Hallingdalselva.



Figur 3.1: Oversiktskart av Nesbyen med elvenett. Rukkedøla renner fra øst ut i Hallingdalselva. Nesflata mellom Rukkedøla og Hallingdalselva. Kilde: NVE Atlas[1]

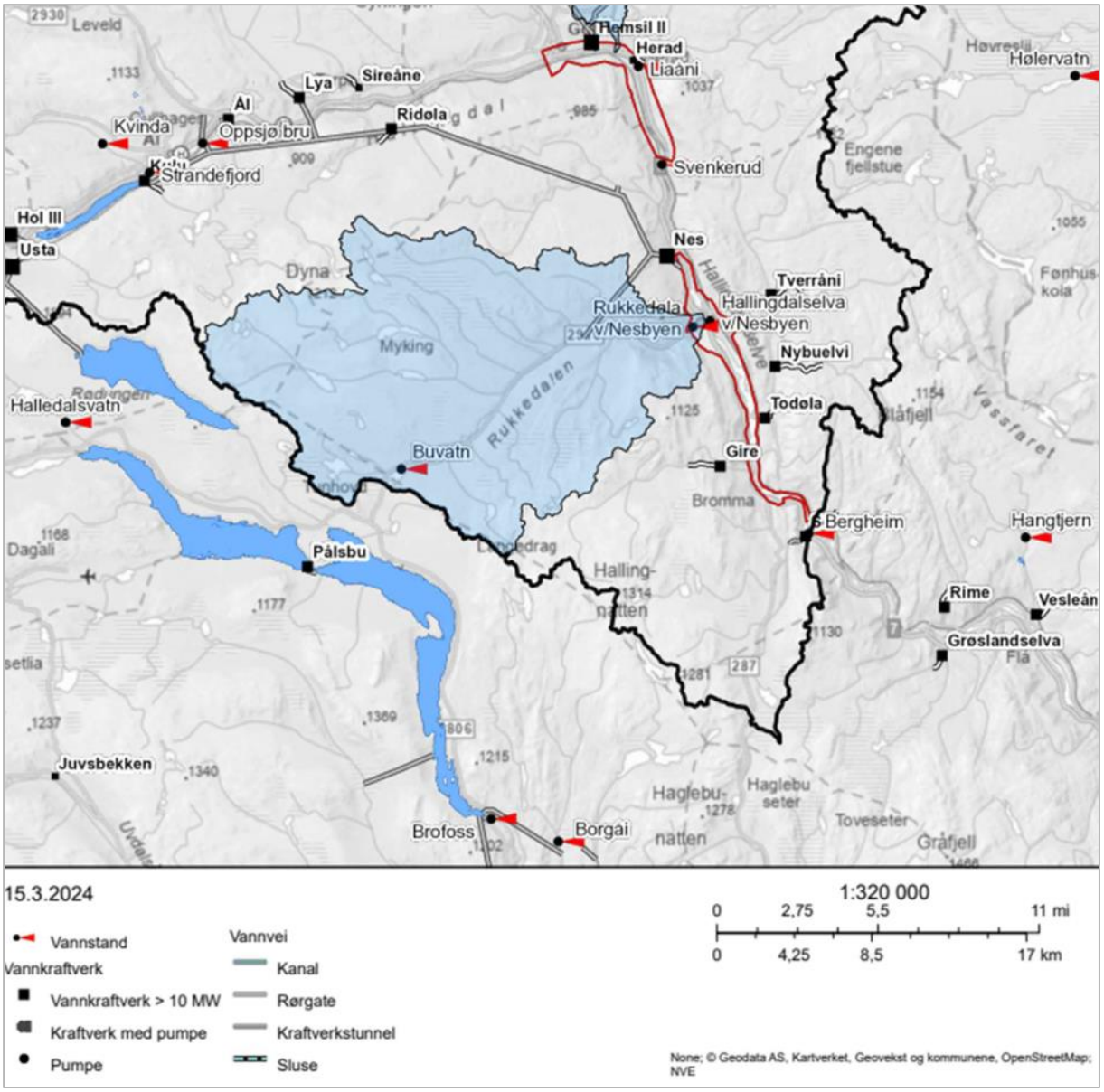
1 www.atlas.nve.no

Nedbørfeltene til de to modellerte vassdragene har et feltareal på 4233 km^2 og 300 km^2 for henholdsvis Hallingdalselva ved Bergheim (Figur 3.2) og Rukkedøla ved samløpet med Hallingdalselva (Figur 3.3). Begge nedbørfelt er regulert. For en beskrivelse av vassdragene samt vannkraftreguleringen henvises det til NVEs flomberegningsrapport[2].



Figur 3.2: Oversikt over Hallingdalselvas nedbørfelt ned til målestasjonen Bergheim. Kilde: NVE (2024a)[2]

2 *NVE (2024a) Flomberegning for Hallingdalsvassdraget (012.CZ). Del 1 Rukkedøla, Trøimsåni, Ruståni, Liaåni, Todøla og bekk gjennom Bromma Del 2: Hallingdalselva, Hemsil, Grøndøla og Mørkdøla. Rapport nr. 8/2024, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, mai 2024*



Figur 3.3: Oversikt over Rukkedølas nedbørfelt (blå polygon). I tillegg viser kartet utbygd vannkraft, vannmerker med vannstandsmåling og analyseområder av tidligere flomsonekartlegginger (rød). Kilde: NVE (2024a)[2]

4. Datagrunnlag

Som grunnlag for modellverktøy er det brukt både ferdig opparbeidete digitale terrengmodeller (dtm), innmålinger og kilder fra tidligere studier. Lasermålte terrenghøyder ble hentet fra Høydedata.no[3]. Innmåling av bunndata i elver ble gjennomført av innmålingsfirmaer.

De hydrauliske analysene bygger på følgende datasett:

- Laserdatasett, dtm: NDH Flå-Nes 5pkt 2018[3], GeoTIFF, oppløsning 1 m, lastet ned 02.07.2024
- Bruddkanter som bygninger, veier, vassdragskant etc.: FKB-datasett for Nesbyen kommune
- Arealbruk: AR5 i FKB-datasettet for Nesbyen kommune
- Konstruksjoner som bruer og kulverter: Hentet fra NVE sin HEC-RAS-modell fra mulighetsstudien[4]
- Bunndata Hallingdalselva:
    - Punktsky fra innmåling med grønn laser, innmålt etter ekstremværet «Hans», september 2023
    - Punktsky fra ekkoloddmålinger, innmålt av Styvehavn AS juli og august 2024

Alle koordinater og høyder er i koordinatsystemet ETRS 1989 UTM Zone 32N og høydesystemet NN2000.

3 www.hoydedata.no, Kartverket

4 NVE (2024b) Mulighetsstudie Flomsikring Nesbyen. Saksnr. 202313409, Norges vassdrags- og energidirektorat Region Sør, Tønsberg, 19.02.2024

5. Hydrologisk grunnlag

5.1 Flomverdier

NVE utarbeidet i 2024 ny flomberegning for Hallingdalsvassdraget[2]. Del 1 omfatter beregning av flomverdier for 6 sidevassdrag, med følgende 6 beregningspunkter: Rukkedøla ved Hallingdalselva, Trøimsåni ved Hemsil, Ruståni ved Hallingdalselva, Liaåni ved Hallingdalselva, Todøla ved Hallingdalselva og bekken gjennom Bromma ved Hallingdalselva. Del 2 omfatter beregning av flomverdier for Hallingdalselva ved 13 punkter, for Hemsil ved 5 punkter og for to av de største sideelvene til Hemsil, Grøndøla og Mørkdøla.

For de hydrauliske beregningene for Nesflata er kulminasjonsvannføringer ved følgende beregningspunkter viktigst: Rukkedøla ved Hallingdalselva, Hallingdalselva nedenfor Rukkedøla, Hallingdalselva ovenfor Todøla, Hallingdalselva nedenfor Todøla og Hallingdalselva ved Bergheim (Tabell 5.1). Flomverdiene for punktet Hallingdalselva før samløp med Rukkedøla er beregnet ved å trekke Rukkedølas flomverdier fra dem for punktet Hallingdalselva nedenfor Rukkedøla.

Tabell 5.1: Kulminasjonsvannføringer i Hallingdalsvassdraget for aktuelle beregningspunkter uten klimapåslag.

Beregningspunkt	QM [m^3/s]	Q5 [m^3/s]	Q10 [m^3/s]	Q20 [m^3/s]	Q50 [m^3/s]	Q100 [m^3/s]	Q200 [m^3/s]	Q500 [m^3/s]	Q1000 [m^3/s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	69	99	126	146	179	199	218	245	266
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	436	558	654	753	873	1160	1254	1558	1644
Hallingdalselva ndf. Rukkedøla	505	657	780	899	1052	1359	1472	1803	1910
Hallingdalselva ovf. Todøla	507	658	782	901	1055	1362	1475	1806	1913
Hallingdalselva ndf. Todøla	516	670	795	915	1071	1379	1494	1826	1934
Hallingdalselva ved Bergheim	530	687	814	937	1095	1405	1521	1857	1966

5.2 Klimapåslag

NVE vurderte klimapåslaget for Hallingdalselva og sideelvene i flomberegningsrapporten[2] og valgte 20 % for Hallingdalselva, Rukkedøla og andre sideelver. For to små, raske sidefelt, Trøimsåni og bekken gjennom Bromma, valgte NVE 40 % klimapåslag. Flomvannføringene med klimapåslag vises i Tabell 5.2).

Tabell 5.2: Kulminasjonsvannføringer i Hallingdalsvassdraget for aktuelle beregningspunkter med klimapåslag.

Beregningspunkt	QM [m³/s]	Q5 [m³/s]	Q10 [m³/s]	Q20 [m³/s]	Q50 [m³/s]	Q100 [m³/s]	Q200 [m³/s]	Q500 [m³/s]	Q1000 [m³/s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	86	129	152	183	214	238	**262**	294	319
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	541	716	850	1165	1324	1624	**1733**	1870	1973
Hallingdalselva ndf. Rukkedøla	627	845	1002	1348	1538	1862	**1995**	2164	2292
Hallingdalselva ovf. Todøla	629	847	1004	1351	1541	1865	**1999**	2167	2295
Hallingdalselva ndf. Todøla	640	861	1020	1368	1560	1886	**2021**	2192	2321
Hallingdalselva ved Bergheim	656	882	1043	1394	1589	1917	**2054**	2228	2359

6. Hydraulisk modellering

6.1 Modellverktøy og -oppsett

De hydrauliske beregningene ble gjennomført ved bruk av den hydrauliske modellen HYDRO_AS-2D. Programmet er en numerisk modell for todimensjonale, hydrodynamiske vannspeilberegninger, som benytter finite volum-metoden og «shallow water equations». Ligningene er basert på tredimensjonale kontinuitetsligninger og Navier-Stokes-ligningene, midlet over dybden for et inkompressibelt fluid med hydrostatisk trykkfordeling.

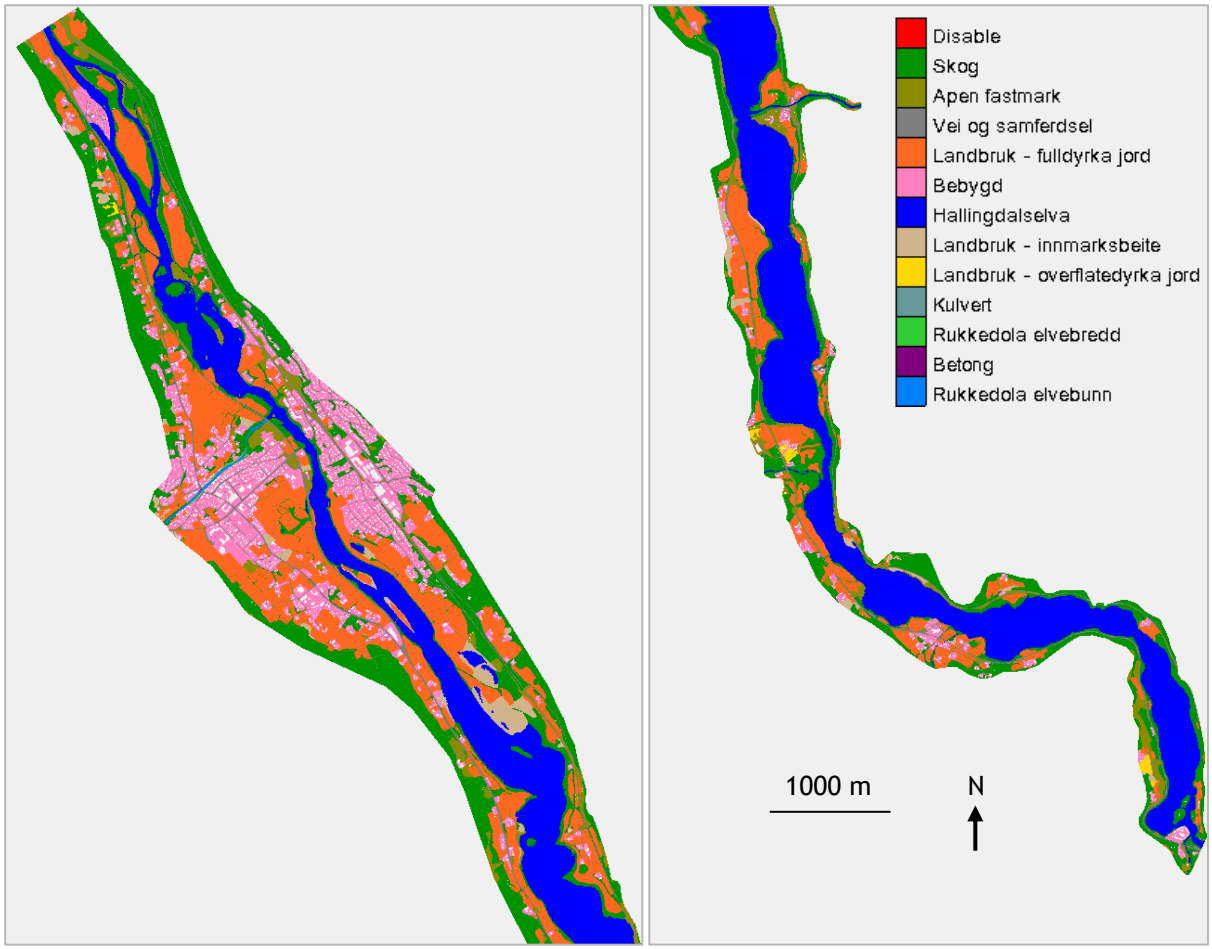
For å utføre de numeriske simuleringene deles området opp i diskrete elementer. Beregningsmetoden benytter et beregningsnett som kombinerer tre- og firkantede elementer. Bruken av et kombinert nett gjør det lettere å tilpasse modellen til de topografiske og hydrodynamiske forholdene. På den måten kan strømninger, voller og veier avbildes med tilstrekkelig nøyaktighet, noe som er avgjørende for modelleringen av strømningsprosessen.

Beregningsnettet settes opp på grunnlag av lasermålte terrengdata, innmålinger og grunnkart ved hjelp av LASER_AS-2D. Programvaren reduserer datamengden, samtidig som nøyaktigheten av terrengmodellen opprettholdes ved identifisering av høy- og lavbrekk i terrenget og tilpasset variasjon av elementstørrelsen. På den måten avbildes strukturer som veier og voller. For elve- og bekkeløp brukes det innmålte tverrprofiler eller bunndata, siden lasermålte høydedata ikke gjengir formen av

elveleiet og konstruksjoner langs elva med tilstrekkelig nøyaktighet. Tverrprofiler eller bunndata gir derfor et bedre grunnlag for nøyaktig beregning av strømninger og vannstander.

Etter oppsett av beregningsnettet blir de enkelte nettelementer tildelt ruhetskoeffisienter k_{st} etter Manning-Strickler. Denne koeffisienten beskriver overflatenes ruhet og derved strømningsmotstand. Ruhetskoeffisienten settes utfra de lokale forholdene og bygger på erfaringsverdier.

Det ble tatt utgangspunkt i ruhetskoeffisientene som NVE brukte i sin hydrauliske modell i mulighetsstudien[4]. Noen av verdiene fra HEC-RAS modellen ble justert: vei og samferdsel, åpen fastmark og Rukkedølas elvebunn/elvebredd var vurdert for glatte (100, 50 og 33,33). Følgende verdier ble lagt til: kulverter i Rukkedøla under riksvei 7, Rukkedølas elvebredd, og betong i Rukkedøla ved Hajem bru og terskelen i flomparken. Bygninger ble modellert som ikke gjennomstrømbare ved hull for dem i beregningsnettet. Oversikt over ruhetskoeffisientene vises i Figur 6.1 og Tabell 6.1.



Figur 6.1: Ruhet i hydraulisk modell; nordlig del rundt Nesbyen (venstre) og sørlig del ned til Bergheim (høyre).

Tabell 6.1: Valgte ruhetskoeffisienter etter Manning-Strickler for ulike arealtyper.

Type flate	k_{st} [$m^{1/3}/s$]
Bygninger – ikke gjennomstrømbar	-
Bebygd	20
Vei og samferdsel	40
Hallingdalselva	33,33
Rukkedøla - elvebunn	28
Rukkedøla - elvebredd	20
Rukkedøla – kulverter rv. 7	77
Rukkedøla – betongoverflate ved terskel, bru	50
Landbruk – fulldyrka jord	20
Landbruk – overflatedyrka jord	20
Landbruk – innmarksbeite	18
Skog	14,28
Åpen fastmark	28

Beregningsnettet ble satt opp på grunnlag av terreng- og bunndata fra flere kilder (jf. kapittel 0). For Hallingdalselva ble det brukt innmålte / kartlagte bunndata, som er satt sammen av grønn laser og ekkolodd datasett. For Rukkedølas bunn ble det brukt 2018 laserdatasettet fra Høydedata.no. Høyder på flomslette og øvrig terreng er basert på samme terrengdata fra Høydedata.no.

Masseavsetningene i Rukkedøla under ekstremværet «Hans» i august 2023 ble fjernet i løpet av våren 2024, med målet å oppnå nivået fra før denne flommen. 2018 laserdatasettet er derfor vurdert som de beste tilgjengelige data for Rukkedølas bunn.

Hallingdalselva er modellert med trekant-elementer som har en gjennomsnittlig kantlengde på 3 m. Rukkedølas elveløp er modellert med rektangulære elementer med bredde og lengde på ca. 1 m og 3 m, unntatt rundt terskelen ved flomparken og Hajem bru, hvor det er brukt mindre elementer på 0,5 m ganger 1,5 m.

Beregningsnettet omfatter totalt omtrent 1 413 000 noder og 2 769 000 elementer med et areal på 16 118 000 m^2.

Nesbyen kommune har et organisatorisk tiltak for flomsikring langs Rukkedøla ved Hajem bru og flomparken. Kommunen setter i en flomsituasjon opp betongelementer tettet med duk på begge sider av elva. Dette tiltaket ble tatt hensyn til i modellsimuleringene gjennom justering av terrengmodellen langs sikringslinjen.

6.2 Simuleringer

Hovedscenariene her er dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene, 200-årsflom med klimapåslag, for situasjonene før og etter tiltak. For situasjonen etter tiltak er tiltakene i denne prosjektfasen bygd inn i modellen ved blokkerte elementer langs sikringslinjen.

I tillegg ble det kjørt en simulering for sammenligning med resultater fra NVEs kalibrerte HEC-RAS modell og med observerte vannstander under flommen i forbindelse med ekstremværet «Hans» i august 2023 (jf. kapittel 6.4), og en med endret nedre grensebetingelse (jf. kapittel 6.5).

Flere simuleringer ble utført i tillegg til de her presenterte, på bakgrunn av endrete flomverdier og oppdaterte bunndata i løpet av forprosjektet.

Andre scenarier, blant annet flere flomvannføringer, kombinasjoner av flommer med ulike gjentaksintervall i henholdsvis Hallingdalselva og Rukkedøla, og flomvoll kombinert med heving av riksvei 7, er beregnet av NVE og er presentert i eget notat om vannstandsendringer som følge av flomsikringstiltakene.

6.3 Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelse er dimensjonerende flomvannføring for sikringstiltakene i henhold til TEK 17, 200-årsflom med klimapåslag. I Rukkedøla ved Nesbyen og i Hallingdalselva ved Nedre Sjong tilsvarer dette en vannføring på henholdsvis 262 m^3/s og 1733 m^3/s. Tilløp til Hallingdalselva fra sidefelt på strekningen mellom Rukkedøla og Bergheim ble lagt inn i modellen på to steder (Tabell 6.2, Figur 6.1).

Tabell 6.2: Flomvannføringer med gjentaksintervall på 200 år og klimapåslag lagt inn i modellen.

Tilløp i modellen	Q200k [m^3/s]
Rukkedøla ved Hallingdalselva	262
Hallingdalselva før samløp Rukkedøla	1733
Hallingdalselva oppstrøms Todøla	4
Hallingdalselva oppstrøms Bergheim	55

Som nedstrøms grensebetingelse er det brukt vannstanden hentet fra vannføringskurven for målestasjon 12.97.0 Bergheim, som er tilgjengelig på NVEs nettsted Sildre[5]. Ved 200-års flomvannføring med klimapåslag på 2054 m^3/s ved Bergheim er vannstanden 156,078 moh (NN2000).

For bruer er underkantenes kote lagt inn på noder i beregningsnettet, dvs. det er strømning under trykk når vannstanden overstiger denne høyden. Ved bruer der det er antatt sannsynlig at vannstanden overstiger bruas overkant, beregnes vannmengden som strømmer over bruene ved hjelp av endimensjonalt modellerte overløp.

Kulvertene i Rukkedøla under rv. 7 er modellert todimensjonalt, på samme måte som bruer, ved å sette høyder på nodene i beregningsnettet for den nedre halvdelen av rørene, og ved å legge kotene for innvendig overkant på nodene for den øvre halvdelen av rørene. Når vannstanden overstiger nivået av rv. 7, beregnes vannmengden som strømmer over veien ved hjelp av endimensjonalt modellerte overløp.

5 https://sildre.nve.no/station/12.97.0?12.97.0_tab=2

6.4 Modellvalidering

Hydro_AS-2D modellen ble ikke kalibrert, men modellresultatene ble sammenlignet med resultatene fra NVE sin HEC-RAS modell og med observerte vannstander under flommen i forbindelse med ekstremværet «Hans» i august 2023. HEC-RAS modellen er kalibrert til vannstander observert under «Hans»[4].

Vannføringer for flommen under «Hans» er 1151 m^3/s i Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla (før revidering av flomverdier, brukt i første validering) og 186 m^3/s i Rukkedøla. Flomvannføringene og vannstanden for nedre grensebetingelse ble hentet fra HEC-RAS modellen. Den andre valideringen ble gjennomført med revidert flomverdi for Hallingdalselva, dvs. med 1187 m^3/s i Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla (1414 m^3/s ved Bergheim[2] minus Rukkedøla samt sidefelt mellom Nesbyen og Bergheim) og 186 m^3/s i Rukkedøla.

6.5 Sensitivitet på nedre grensebetingelse

Vannstanden ved Nesbyen påvirkes av de hydrauliske forholdene på nedstrøms elvestrekning med liten elvegradient. Derfor ble det testet hvor følsom den beregnede vannstanden ved Nesbyen er for en endring i vannstanden brukt som nedre grensebetingelse.

200-årsflommen med klimapåslag ble simulert med nedre grensebetingelse ved Bergheim økt med 20 cm til 156,278 moh.

7. Resultater

7.1 Modellvalidering

Både flomverdier og bunndata endret seg i løpet av forprosjektet. Den første valideringen ble gjort før flomverdier og bunndata ble oppdatert.

Langs Hallingdalselva ga Hydro_AS-2D vannstander med avvik på mellom -13 cm og +23 cm sammenlignet med observerte verdier. Det gjennomsnittlige avviket er 6 cm (basert på absolutte avviksverdier), mens HEC-RAS modellen ga et gjennomsnittlig avvik på 11 cm for vannstander på Nesflata.

Etter oppdatering av flomverdiene og bunndataene for Hallingdalselva ble simulerte vannstander nok en gang sammenlignet med de observerte verdiene under ekstremværet Hans.

Langs Hallingdalselva ga Hydro_AS-2D vannstander med avvik på mellom +9 cm og +42 cm sammenlignet med observerte verdier. Det gjennomsnittlige avviket er 21 cm (basert på absolutte avviksverdier).

Dette er et godt og noe konservativt resultat. Modellens kvalitet er vurdert til å være klasse B i henhold til NVEs veileder 3/2022[6].

---

6 NVE (2022) Sikkerhet mot flom – Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. Veileder nr. 3/2022, Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, desember 2022

7.2 Kvalitetssikring av bunndata

Bunndataene målt inn med grønn laser (dekker grunne områder) og ekkolodd (dekker også dype områder) ble kvalitetssikret ved å sammenligne den digitale terrengmodellen levert av NVE med egen oppbygd digital terrengmodell basert på prosessering av rådataene. Fremgangsmåte, datasett, prosessering samt resultater og konklusjoner er beskrevet i et eget notat, se vedlegg 4 til forprosjektrapporten «Notat – Kvalitetssikring av bunndata for Hallingdalselva».

Oppsummert er hovedresultatene og -konklusjonene følgende:

- Det ble funnet god overensstemmelse mellom de to terrengmodellene. Generelt er avvikene små (< 0,1 m), og de er tilfeldig fordelt over analyseområdet.
- Større avvik finnes ved overgangen mellom grønn laser og ekkolodd data. Disse systematiske avvikene forklares av forskjeller i fremgangsmåten ved prosessering av rådataene, valg av metoder for interpolasjon, og prioritering av datasett i områder med overlapp.

Det er vurdert at avvikene som finnes, f.eks. i områder med overlapp mellom ekkolodd og grønn laser data, er i en størrelsesorden som har ingen betydning for de hydrauliske resultatene.

7.3 Sensitivitet på nedre grensebetingelse

Simuleringen med vannstand som nedre grensebetingelse økt med 20 cm ga rundt 5 cm høyere vannstand ved Nesbyen.

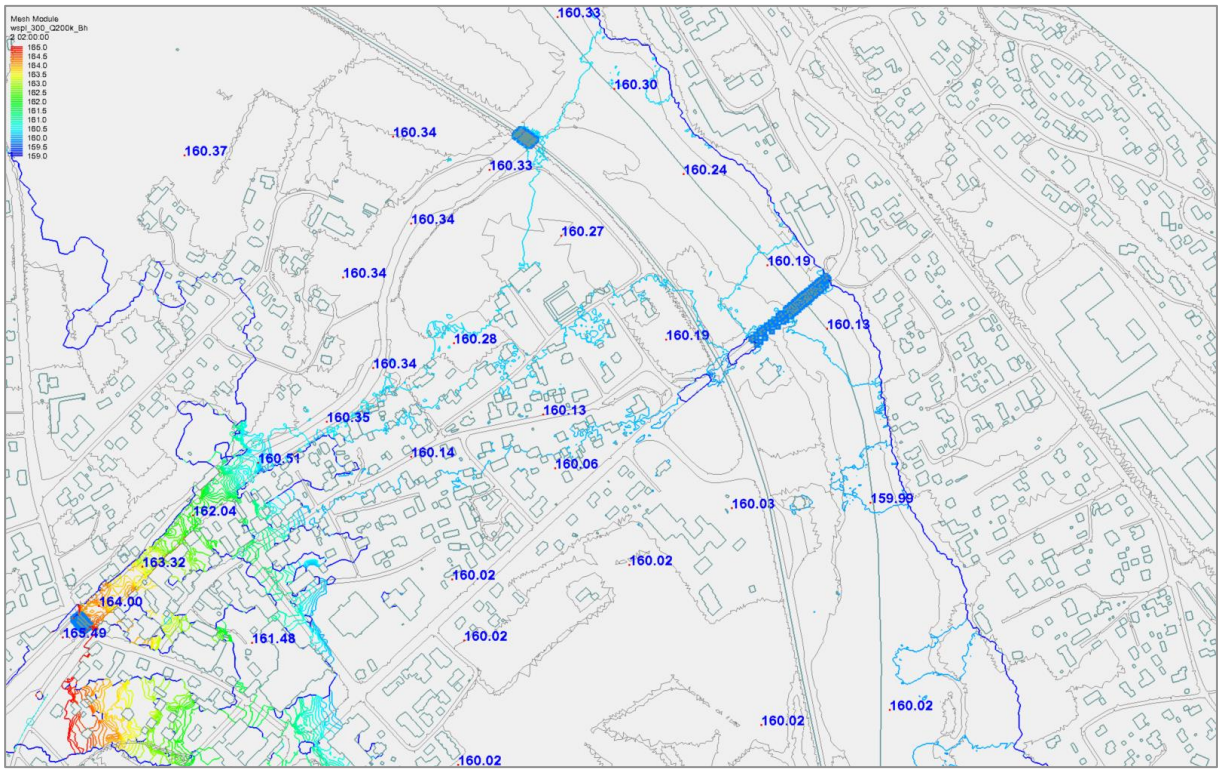
Vannføringskurven ved målestasjonen antas å være av god kvalitet ved store vannføringer[2]. Likevel gir resultatet en størrelse på hvor mye den nedre grensebetingelsen påvirker vannstanden ved Nesbyen. Resultatet kan gå inn i en vurdering av sikkerhetspåslaget for sikringstiltakene som legges på beregnede vannstander.

7.4 Vannstander, flomareal, vanndybder og vannhastigheter

7.4.1 Eksisterende situasjon, 200-årsflom med klimapåslag

For situasjonen før gjennomføring av sikringstiltak på Nesflata varierer vannstander langs Hallingdalselva mellom 160,00 moh og 160,35 moh ved 200-årsflom med klimapåslag (Figur 7.1).

Nedstrøms Rukkedalsveien / Stasjonsbrua er vannstanden på 160,00 moh. Rundt brua ligger den mellom 160,10 moh og 160,20 moh. Oppstrøms brua øker den fra 160,20 moh til 160,35 moh oppover i Hallingdalselva ved Steinmogutu og mot Rukkedøla, hvor elva treffer bakvannet fra Hallingdalselva.



Figur 7.1: Vannspeil ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak; vannstandskuver med ekvidistanse på 0,1 m; på utvalgte punkter er vannstandskoter [moh] skrevet på.

Modellresultatene viser at store deler av Nesflata og Nesbyen sentrum er under vann ved 200-årsflom med klimapåslag (Figur 7.2). Hallingdalselva oversvømmer Steinmogutu, markedsplassen, Stasjonsveien og Rukkdalsveien samt bebyggelsen opp mot kjøpesentret, bensinstasjonen og supermarkedet ved rv. 7, og bebyggelsen vest for Jørgenmojordet. I tillegg til flom fra Hallingdalselva rammes Nesbyen sentrum av vann som går over Rukkedølas bredde. Vannet renner ut langs den sørlige bredden, både opp- og nedstrøms Hajem bru, og renner videre østover gjennom sentrumsbebyggelsen, bl.a. til kommunehuset og kjøpesentret.

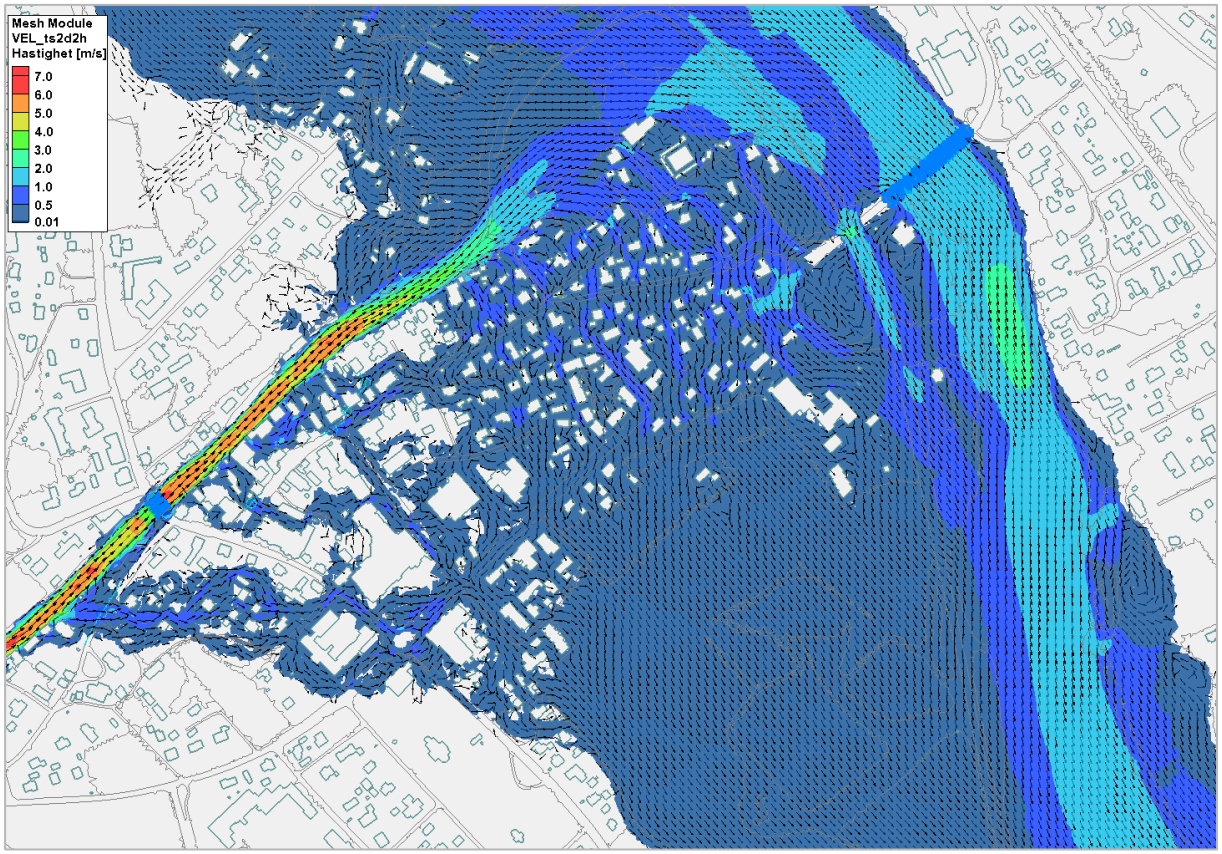
Vanndybder knyttet til flomvann som renner over Rukkedølas sørlige elvekant er stort sett lavere enn 0,5 m, med unntak plassen vest for kjøpesenteret med vanndybder opptil 1,2 m (Figur 7.2). På Nesflata er vanndybder rundt bebyggelsen opptil 4,5 m ved markedsplassen.

Et kart over flomareal og vanndybder (tegning E 202 «Situasjonsplan øst – eksisterende tilstand») finnes blant tegningene som ligger ved forprosjektrapporten.

Figur 7.2: Flomareal og vanndybder [m] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak.

Strømningshastigheter i Hallingdalselva er forholdsvis lave med 1 m/s til 2 m/s i elveløpet og på rv. 7 (Figur 7.3). I Hallingdalselva ved Nesbyen er hastigheter høyest nedstrøms Stasjonsbrua (opptil 2,2 m/s). Rundt bebyggelsen på Nesflata ligger vannhastigheter godt under 1 m/s, med unntak av området Rukkedalsveien vest for Stasjonsbrua og enkelte steder på og ved markedsplassen.

I Rukkedøla er strømningshastigheter høye, stort sett mellom 4 m/s og 6 m/s og på flere steder større enn 6 m/s (Figur 7.3). Vannet som renner fra Rukkedøla mot sentrum har i hovedsaken lav hastighet under 0,5 m/s. Langs hovedavrenningslinjene er vannhastigheter opptil ca. 1 m/s.

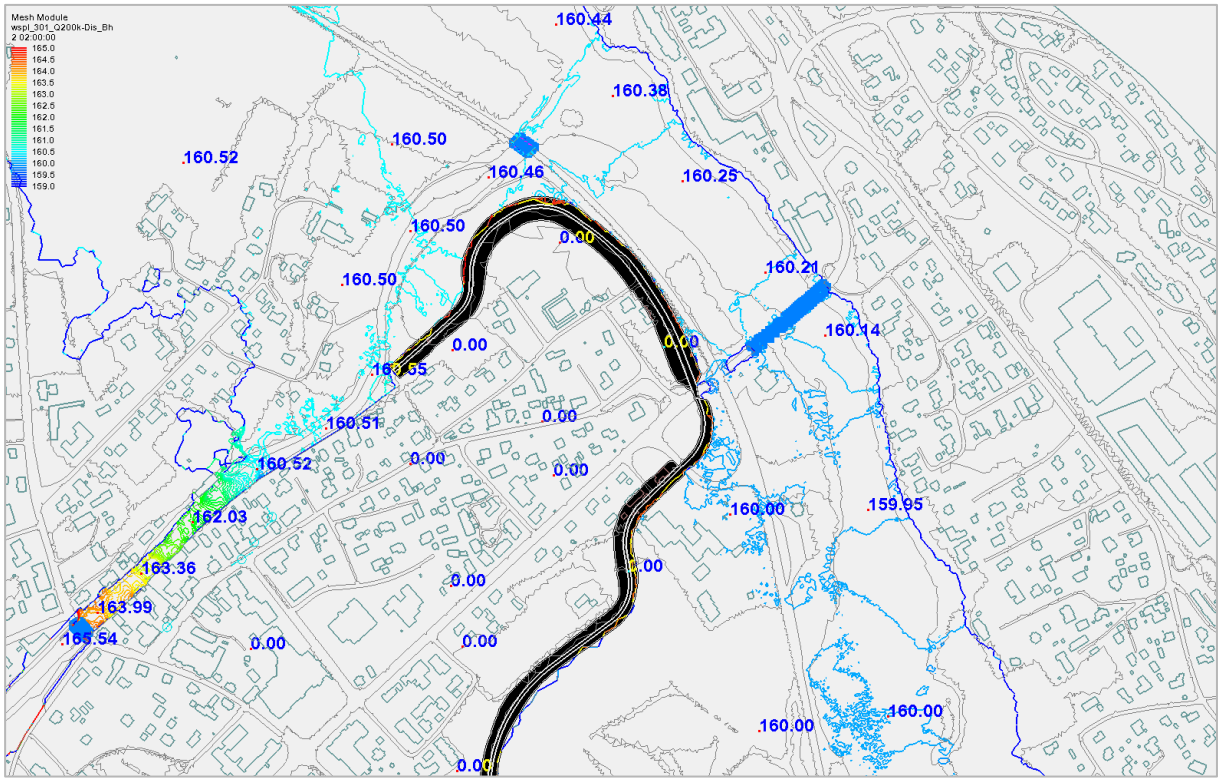


Figur 7.3: Vannhastigheter [m/s] og strømningsretning ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag før tiltak.

7.4.2 Situasjon etter tiltak, 200-årsflom med klimapåslag

For situasjonen etter gjennomføring av sikringstiltak på Nesflata og langs Rukkedøla varierer vannstander langs Hallingdalselva mellom 160,00 moh og 160,55 moh ved 200-årsflom med klimapåslag (Figur 7.4).

Nedstrøms Rukkedalsveien / Stasjonsbrua er vannstanden uforandret på 160,00 moh. Også rundt brua ligger den uforandret mellom 160,10 moh og 160,20 moh. Fra samløpet med Rukkedøla øker vannstanden sammenlignet med eksisterende situasjon. Tiltakene snevrer tverrsnittet av flomsletten inn og fører til en vannstandsstigning på opptil 20 cm ved flomvollens vestlige ende. Her er vannstanden beregnet til 160,55 moh. På Steinmogutu er vannstandsstigningen rundt 15 cm, og vannstanden er beregnet til rundt 160,50 moh.

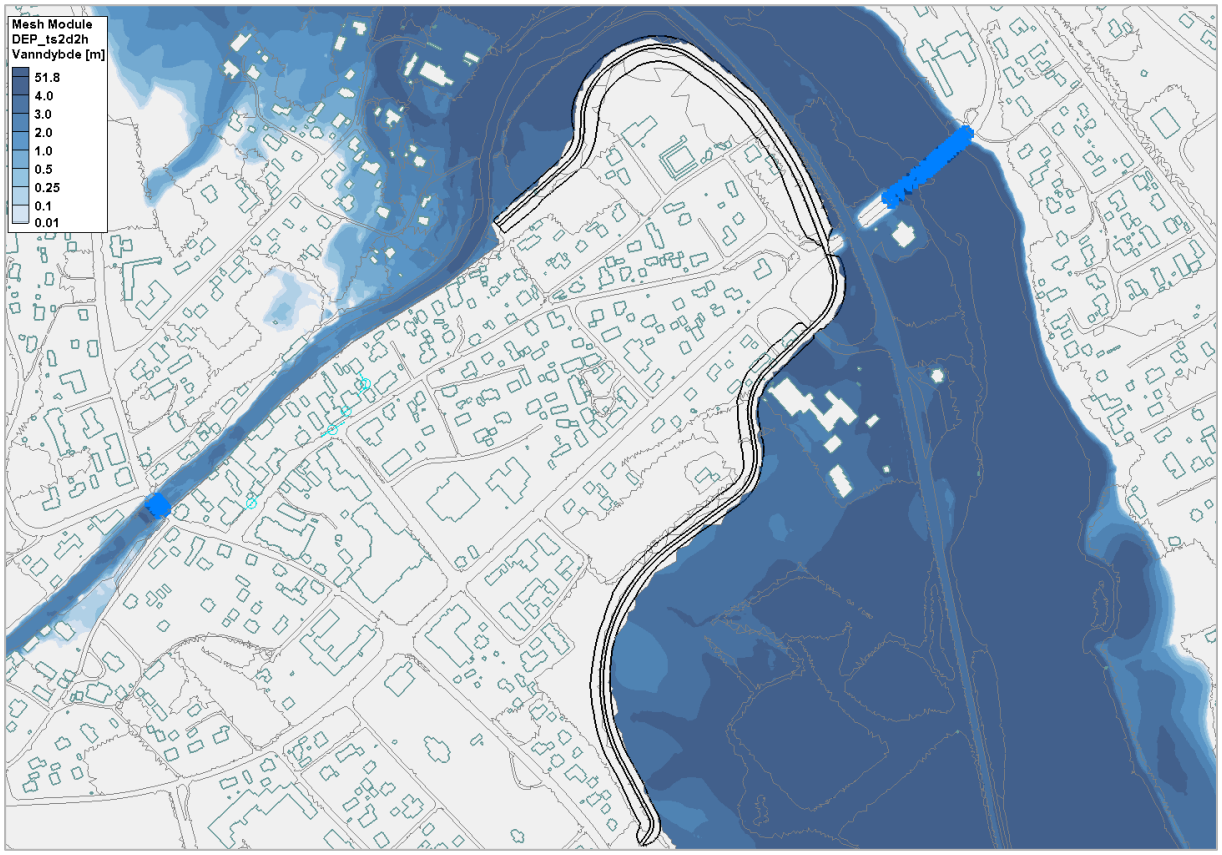


Figur 7.4: Vannspeil ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak; plassering av planlagt flomvoll på Nesflata er avmerket svart; vannstandskuver med ekvidistanse på 0,1 m; på utvalgte punkter er vannstandskoter [moh] skrevet på.

Flomvollen på Nesflata og tiltak langs Rukkedøla sørger for sikring av bebyggelsen på Nesflata og i sentrum mot flom. I samråd med NVE og Nesbyen kommune ble det bestemt at enkelte bygninger ikke sikres. Det gjelder supermarkedet, bensinstasjonen og bolighuset ved rv. 7, og to bygninger øst for rv. 7.

På Steinmogutu øker vanndybder ved bygningene med opptil 15 cm. Flomarealet er noe større etter tiltak, men det dreier seg om en større utbredelse på opptil få meter.

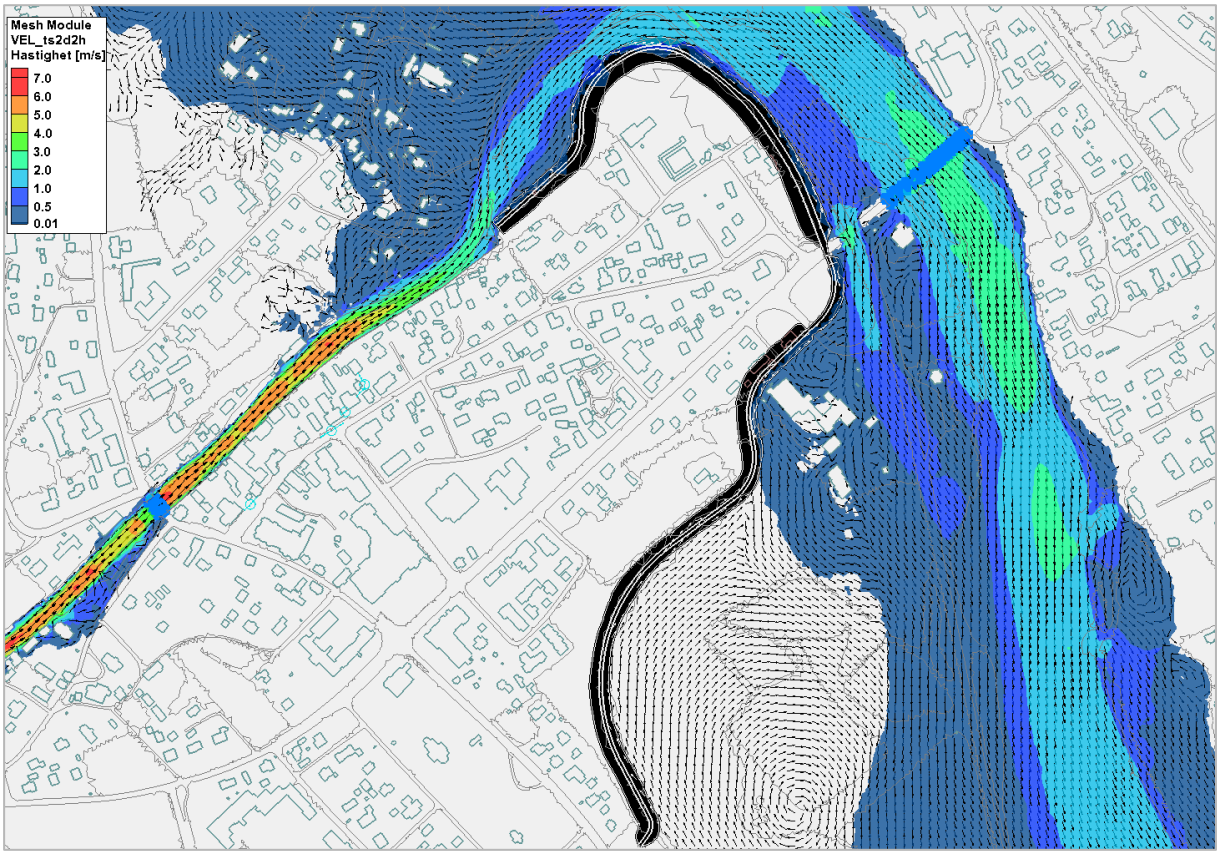
Et kart over flomareal og vanndybder (tegning E 212 «Situasjonsplan øst – Planlagte tiltak») finnes blant tegningene som ligger ved forprosjektrapporten.



Figur 7.5: Flomareal og vanndybder [m] ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak.

Innsnevringen av flomslettens tverrsnitt gjennom sikringstiltakene gir høyere strømningshastigheter. I Hallingdalselva øker hastigheter rundt Stasjonsbrua med ca. 0,4 m/s (hastigheter opptil 2,6 m/s). Ved samløpet med Rukkedøla øker hastigheter med 0,6 m/s. Den største økningen opptil 1 m/s, på enkelte steder en økning på 2 m/s, finnes oppstrøms samløpet, på nederste strekning av Rukkedøla, mellom flomvollens nordlige ende og rv. 7.

Rundt bebyggelsen på Steinmogutu, rundt supermarkedet og bensinstasjonen, og på Jørgenmojordet er strømningshastigheter opptil 0,3 m/s lavere enn før tiltak. På Jørgenmojordet er det stående vann (< 0,01 m/s).



Figur 7.6: Vannhastigheter [m/s] og strømningsretning ved Nesbyen for 200-årsflom med klimapåslag etter tiltak; plassering av planlagt flomvoll på Nesflata er avmerket svart.

8. Oppsummering

I forbindelse med sikring av Nesbyen mot flom ble det satt opp en todimensjonal hydraulisk modell for hovedelva Hallingdalselva og sideelva Rukkedøla, med formål beregning av vannstandskoter og flomutbredelse ved dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene. Resultatene danner grunnlaget for fastsetting av høyden og plassering av flomvollen som er planlagt på Nesflata.

I den hydrauliske analysen er det lagt vekt på Hallingdalselva og flomvollen på Nesflata. Rukkedøla er modellert og sikring av strekningen forbi Nesbyen sentrum er forutsatt for situasjonen etter tiltak, men resultatene for sideelva lengre opp enn Nesflata er ikke del av analysen i denne fasen av prosjektet. Eventuell heving av riksvei 7 samt ny bru over Rukkedøla tilknyttet flomvollen er ikke heller tatt hensyn til i denne prosjektfasen.

Resultater for dimensjonerende vannføring for sikringstiltakene, 200-årsflom med klimapåslag, er presentert for situasjonen før og etter tiltak. Dette tilsvarer en flomvannføring på 262 m^3/s i Rukkedøla ved Nesbyen og på 1733 m^3/s i Hallingdalselva før samløpet med Rukkedøla. Andre scenarier, blant annet flere flomverdier, kombinasjoner av flom med ulike gjentaksintervall i henholdsvis Hallingdalselva og Rukkedøla, og flomvoll kombinert med heving av riksvei 7, er beregnet av NVE og er presentert i egen rapport.

For situasjonen før tiltak på Nesflata og langs Rukkedøla er store deler av Nesflata og Nesbyen sentrum under vann ved 200-årsflom med klimapåslag.

For situasjonen før tiltak strekker vannstandene langs Hallingdalselva seg fra 160,00 moh sør for Rukkedalsveien og nedstrøms Stasjonsbrua til 160,35 moh ved Steinmogutu og på stedet der Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva vest for markedsplassen.

For situasjonen etter tiltak varierer vannstander langs Hallingdalselva mellom 160,00 moh sør for Rukkedalsveien og nedstrøms Stasjonsbrua, 160,50 moh ved Steinmogutu og 160,55 moh hvor Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva. Det betyr at vannstander og vanndybder øker oppstrøms Stasjonsbrua som følge av tiltakene, med 15 cm ved Steinmogutu og med 20 cm hvor Rukkedøla møter bakvannet fra Hallingdalselva. Nedstrøms Rukkedalsveien og Stasjonsbrua ligger vannstanden uforandret på 160,00 moh.

Innsnevringen av flomslettens tverrsnitt gjennom sikringstiltakene gir høyere strømningshastigheter. I Hallingdalselva øker hastigheter rundt Stasjonsbrua med ca. 0,4 m/s, og modellresultatene viser hastigheter opptil 2,6 m/s. Ved samløpet med Rukkedøla øker hastigheter med 0,6 m/s. Den største økningen opptil 1 m/s, på enkelte steder en økning på 2 m/s, finnes oppstrøms samløpet, på nederste strekning av Rukkedøla.

Rundt bebyggelsen på Steinmogutu, rundt supermarkedet og bensinstasjonen, og på Jørgenmojordet er strømningshastigheter opptil 0,3 m/s lavere enn før tiltak. På Jørgenmojordet er det stående vann.

Inning am Ammersee, 31.01.2025

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Benedikt Sander-Kessels
Daglig leder

i.A. J. Sauterleute

Julian Sauterleute
Prosjektleder

Flomsikring i Nesbyen kommune

Notat
Kvalitetssikring av bunndata for Hallingdalselva

31.01.2025

Notat

1. Data 1
2. Generering av digitale terrengmodeller 1
2.1 Konvertering av punktskydata 1
2.2 Sammenslåing av konverterte rasterdata 2
2.3 De siste prosesseringstrinnene for DTM-generering 2
3. Evaluering og konklusjon 3

1. Data

Dataene som er brukt i denne analysen, er levert av NVE og omfatter følgende datasett:

- Ekkolodddata fra Hallingdalselvas elveleie. Dette datasettet leveres som tre punktsky-datasett som dekker elvebunnen, formatert som .las-filer.
- Flybåren grønn laserskanning av Hallingsdalselvas gruntvannsområder samt omkringliggende flater. Dataene er punktskydata, formatert som .las-filer. De grønne laserdataene inneholder allerede tagger for spesifikke områdetyper ("bunn" for elveleieområder, "terreng" for terrestriske overflater osv.), noe som muliggjør enkel filtrering under DTM-genereringsprosessen.
- Et digitalt terrengdatasett "NDH Flå-Nes 5pkt 2018", opprinnelig levert av hoydedata.no. Disse dataene leveres som preprosesserte terrengdata, der f.eks. vegetasjon allerede er ekskludert og ytterligere preprosessering allerede er gjort. Detaljert informasjon om preprosesseringen og datasettet er tilgjengelig fra hoydedata.no.
- En digital terrengmodell (DTM) av Hallingdalselvas elveleie og tilstøtende landområder bygget av NVE. Dette datasettet fungerer som referanse-DTM for evalueringstrinnet i denne analysen.

2. Generering av digitale terrengmodeller

For å kunne lage en digital terrengmodell av Hallingdalselvas elveleie og tilstøtende landområder som kan brukes til senere hydraulisk modellbygging, må dataene som er beskrevet i kapittel 1 bearbeides ytterligere. De nødvendige trinnene for å oppnå dette er beskrevet nedenfor.

2.1 Konvertering av punktskydata

For det første må de medfølgende punktskydataene (ekkolodd og grønn laser) konverteres til georefererte rasterdatasett. Det foretrukne formatet for sistnevnte er .tif. For dette trinnet må modellereren ta noen viktige valg. Det viktigste er interpolasjonsmetoden og størrelsen på målrastercellene.

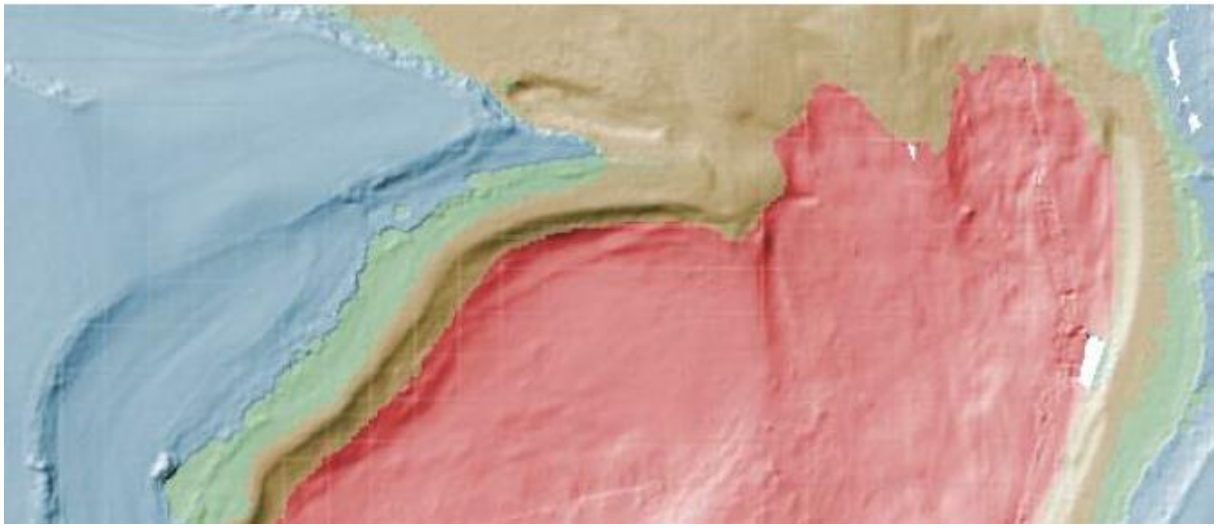
- Det er valgt en målrastercellestørrelse på **1 m,** som passer til rastercellestørrelsen i referanse-DTM-en.

- Interpolasjonsmetoden som brukes, er **invers avstandsvektet interpolasjon**. Denne metoden tar hensyn til alle punkter innenfor en gitt rutenettcelle, men antar at punkter som ligger nærmere rutenettcellens sentrum, har større innflytelse på den resulterende rutenettcelleverdien enn de som ligger lenger unna.

Metodene ovenfor brukes på alle de tre ekkoloddfilene og på filene med grønn laser. Konvertering av grønn laserdata gjøres med filtre som brukes i henhold til gitte typekoder, og genererer derfor separate rasterfiler for hver gitt type. Alle konverteringer er utført ved hjelp av Whitebox Workflows-verktøyene i QGIS versjon 3.34.6.

2.2 Sammenslåing av konverterte rasterdata

I dette andre trinnet slås de konverterte rasterdatasettene fra trinnet beskrevet i kapittel 2.1 sammen i en bestemt rekkefølge for å gi mulighet til å prioritere det ene datasettet over det andre i bestemte områder. Denne sammenslåingsrekkefølgen er et annet viktig valg som må tas av modellereren. I det aktuelle tilfellet anses grønne laserdata å være mer pålitelige i gruntvannsområder enn ekkolodddata. Derfor prioriteres grønne laserrasterdata med "bunn"-taggen fremfor ekkolodddata i overlappende områder. Etter den første sammenslåingen av datasett utvides det resulterende rasterdatasettet med grønne laserdata med "terreng"-taggen, som gir tilstøtende terrestriske områder. Alle sammenslåinger utføres ved hjelp av Python-skript og rasterio-utvidelsen. Figur 2-1 viser et eksempel på det resulterende rasterdatasettet og fargene som markerer de ulike datakildene.



Figur -21 : Utsnitt av sammenslåtte ekkolodd- og grønne laserdata. Ekkolodddata vist i rødt, overlappende områder vist i grønn-oransje, grønne laserdata med "bunn"-taggen vist i grønt og grønne laserdata med "terreng"-taggen vist i blått.

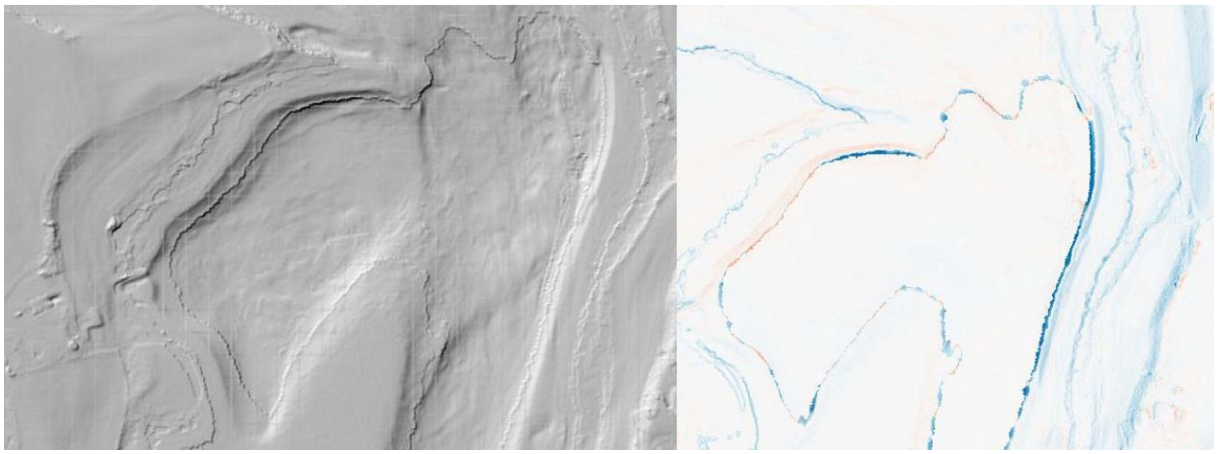
2.3 De siste prosesseringstrinnene for DTM-generering

DTM-en som ble opprettet i kapittel 2.2, har fortsatt små områder som ikke er dekket av data. Disse små hullene i DTM-en kan fylles ved hjelp av interpolasjon fra nærliggende rutenettceller. Denne prosessen gir vanligvis tilfredsstillende resultater for små hull i den gitte DTM-en. Selve utfyllingen gjøres ved hjelp av Whitebox-arbeidsflytens "fill gaps"-funksjon i QGIS versjon 3.34.6 ved hjelp **av invers avstandsvektet interpolasjon**.

Den opprettede DTM-en må justeres i forhold til referanse-DTM-en for å kunne sammenlignes på riktig måte. Dette siste trinnet er nødvendig på grunn av små forskyvninger mellom rutenettcellene i den opprettede DTM-en og referanse-DTM-en, som oppstår i det opprinnelige rutenettoppsettet under konverteringen av punktskydata til rasterdata. Justeringen oppnås ved hjelp av QGIS' rasterjusteringsfunksjon, der referansedTM-en er målrasteret.

3. Evaluering og konklusjon

For å kunne foreta en kvalitetsvurdering av den opprettede DTM-en og referanse-DTM-en, gjennomføres det en sammenlignings- og evalueringsprosess. Dette innebærer beregning av modellavvik mellom DTM-ene og diskusjon av potensielle kilder til usikkerhet under prosessen med å lage DTM som fører til avvik. Figur 3-1 viser et eksempel på den opprettede DTM-en og avvikene som finnes i det viste området.



Figur 3 -1 : Utsnitt av den opprettede DTM-en (venstre). Beregnede avvik mellom den opprettede DTM-en og referanse-DTM-en (til høyre). Blå og røde områder markerer områder med negative og positive avvik, og jo mørkere fargen er, desto større er avvikene.

Generelt er avvikene mellom den opprettede DTM-en og referanse-DTM-en ubetydelige (< 0,1 m) og tilfeldig fordelt i de fleste områder, noe som bør ses på som god overensstemmelse mellom den opprettede DTM-en og referanse-DTM-en. Likevel finnes det områder med større avvik. Disse områdene ligger for det meste i overgangsområder mellom opprinnelig separate kildedatasett (f.eks. ekkosondering og grønn laser).

Små og tilfeldig fordelte avvik kan betraktes som støy forårsaket av den innledende interpoleringen og den endelige justeringsprosedyren. Slike ubetydelige avvik begrenser ikke gyldigheten eller kvaliteten på noen av DTM-ene.

Større avvik i dataovergangsområdene kan forklares med modellørens valg, som beskrevet i forrige kapittel. Disse avvikene er av mer systematisk karakter. Det er spesielt viktig å være oppmerksom på disse når man sammenligner to uavhengig preprosesserte DTM-er med potensielt ulike valg med hensyn til interpolasjonsmetode og datasettprioritet, slik tilfellet er her. I tillegg til å være klar over dette, begrenser det ikke den generelle kvaliteten på en av DTM-ene som er opprettet. Av praktiske årsaker kan kjente overgangsområder med urealistisk store hopp i høyden, som kan skape problemer for hydrauliske beregninger, glattes ut ved hjelp av ekstra interpolasjonstrinn. Slike utjevningsprosedyrer er utelatt i denne analysen.

På bakgrunn av funnene i sammenligningen og uttalelsene ovenfor kan det konkluderes med følgende

- Den presenterte prosedyren er egnet for å lage DTM-er av god kvalitet fra tilgjengelige data.
- Den opprettede DTM-en viser generelt god overensstemmelse med referanse-DTM-en.
- Områder som er følsomme for større avvik, skyldes for det meste prioritering av datasett under sammenslåing, metodiske valg og antakelser gjort av modellereren, og ikke selve kildedataene. Hvis disse punktene er godt dokumentert, kan det tas hensyn til dem.

Avsluttende bemerkninger:

Begge DTM-ene, både den egenproduserte og referansedTM-en fra NVE, **anses som gode representasjoner** av elveleiet og tilstøtende terreng som er egnet til å bygge en modell for hydrauliske beregninger.

Den opprettede DTM-en tok kun hensyn til grønne laserdata for det tilstøtende terrenget og utelot de digitale terrengdataene fra hoydedata.no.

Den høye punkttettheten i ekkolodd- og grønn laser-datasettene åpner også for alternative interpoleringsmetoder, som nærmeste nabointerpolering, som kan gi litt forskjellige, men like gyldige resultater, forutsatt en måloppløsning på 1 m. Denne tilnærmingen, samt TIN-interpolering eller andre metoder, er ikke testet i denne analysen.

Inning am Ammersee, 31.01.2025

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Julian Sauterleute
Prosjektleder

Brian Böker
Prosjektingeniør

Flomsikring i Nesbyen kommune

Notat

Samtidighetsanalyse

31.01.2025

Revidert 24.02.2025

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Forfatter: Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Billerberg 10
82266 Inning am Ammersee

ea-NVE-014-01/HeFi

Notat

1. Prosjektansvarlig 1
2. Målsettinger og tilnærming 1
3. Grunnlag 1
4. Dataserier 2
4.1 Nedbørsdata 2
4.2 Nedbørintensiteter og gjentaksintervaller 3
4.3 Observert vannføring 4
5. Grunnleggende statistiske analyser 5
6. Utvidet og oppdatert ekstremverdianalyse for Nesbyen 6
6.1 Returperioder med en nedbørvarighet på 12 timer 6
6.2 Ekstremverdianalyser basert på høyt oppløste nedbørsdata 8
6.3 Konklusjon 10
7. Samtidighet mellom flom og kraftig nedbør 11
7.1 Bestemmelse av oppdemmingshendelser 11
7.2 Analyse av nedbørsmengder under oppdemmingshendelser 12
7.3 Tilpasning av ekstremverdifordelinger 13
7.4 Sammenligning av de empiriske fordelingsfunksjonene 16
7.5 Konklusjon 17
8. Dimensjonerende nedbør 17
9. Sammendrag 19

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

2. Målsettinger og tilnærming

Samtidig forekomst av kraftig nedbør og flomhendelser for Nesbyen er analysert. Dersom det under en flomhendelse i Hallingdalselva inntreffer en nedbørshendelse som fører til oppstuving i avløpssystemet, er drenering av overvann bare mulig i begrenset grad eller ikke i det hele tatt. Under ugunstige forhold kan vannet komme opp på overflaten via kumlokk, renne videre på terrenget og oversvømme tilgrensende områder. Denne risikoen kan minimeres ved hjelp av tiltak for håndtering av bakvann. I forbindelse med flomsikringstiltak er det ofte nødvendig å gjennomføre tiltak for avledning av overvann og lekkasjevann under flomverket gjennom drenssystem og pumpestasjoner. Jo større overvannsmengde som må håndteres, jo dyrere er tiltakene i bygging, drift og vedlikehold.

For å dimensjonere slike konstruksjoner må man anslå hvilke nedbørsmengder som kan inntreffe lokalt samtidig med flom i vassdrag. Flomsikringen og systemet for håndtering av bakvann dimensjoneres for et gjentaksintervall på 200 år og klimajustert nedbør.

Som en del av denne studien analyseres eksisterende nedbørsdata generelt og under flomhendelser ved hjelp av statistiske ekstremverdimetoder. Siden erfaringer har vist at nedbørsvarigheter mellom 10 og 90 minutter er avgjørende for planlegging av tiltak for håndtering av bakvann, må dataserier med høy tidsoppløsning (1 til 10 min) analyseres i tillegg til langvarige dataserier med 12 timers oppløsning. Ettersom disse seriene er korte i forhold til den nødvendige prognosehorisonten, kan det oppstå usikkerhet ved valg av fordelingsfunksjon og ved ekstrapolering til lange returperioder.

Til slutt presenteres en fremgangsmåte for estimering av dimensjonerende vannstander, som er basert på resultatene av de utførte analysene, og som tar hensyn til usikkerhetene ved tilpasning av den statistiske modellen.

3. Grunnlag

Følgende data og dokumenter ble brukt for samtidighetsanalysen:

(1) Meteorologisk institutt (MET): Observasjoner og værstatistikk, NORSK KLIMASERVICESENTER: https://seklima.met.no/observations/

(2) Meteorologisk institutt (MET): IVF-verdier for Nesbyen - Skoglund (SN24480), NORSK KLIMASERVICESENTER: https://klimaservicesenter.no/ivf?locale=nb&locationId=SN24880

(3) NVE: Vannføringsserie vannmerke 12.97.0 Bergheim, https://sildre.nve.no/station/12.97.0

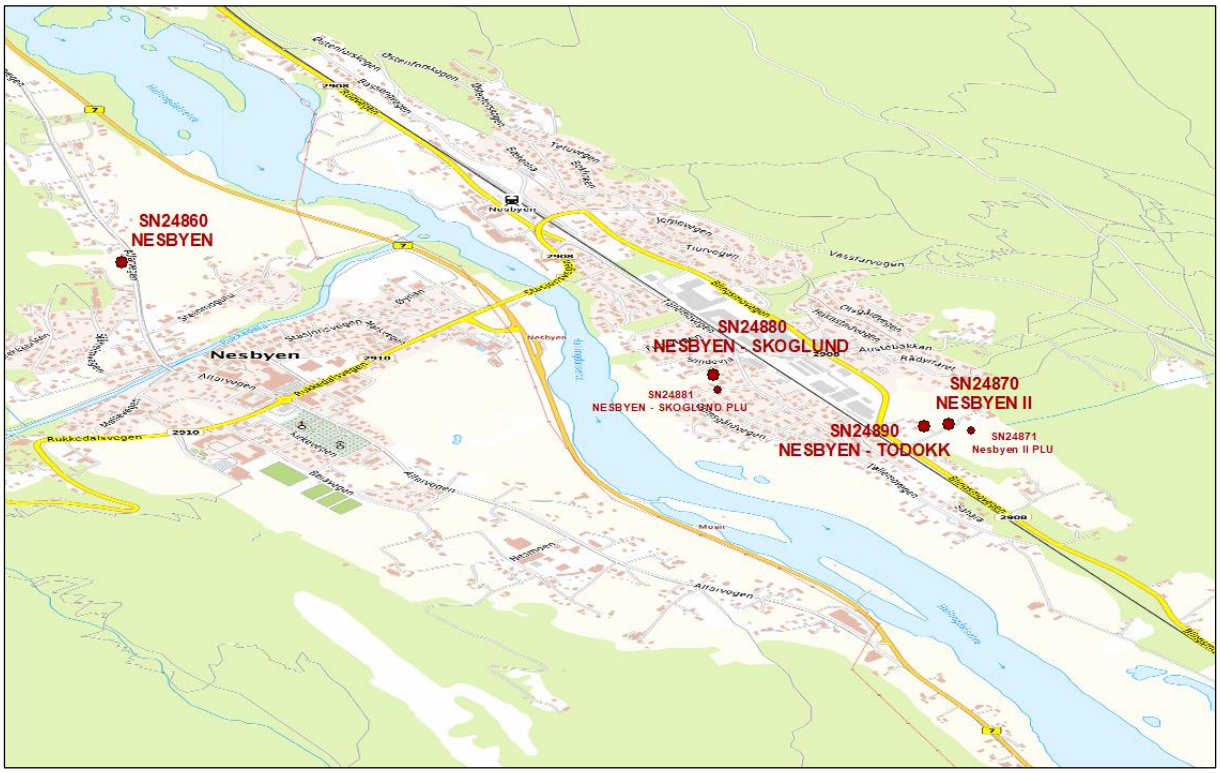
(4) Deutscher Wetterdienst («Den tyske værtjenesten») (2015): KOSTRA-DWD-2010: Starkniederschlagshöhen für Deutschland (Bezugszeitraum 1951 bis 2010) – Abschlussbericht («Ekstremnedbørsmengder for Tyskland (referanseperiode 1951 til 2010) – Sluttrapport»)

(5) Ruhr-Universität Bochum - Lehrstuhl für Hydrologie, Wasserwirtschaft und Umwelttechnik («faggruppe for hydrologi, vannforvaltning og miljøteknikk») (2010): EXANTO - Extreme Value Analysis Tool

4. Dataserier

4.1 Nedbørsdata

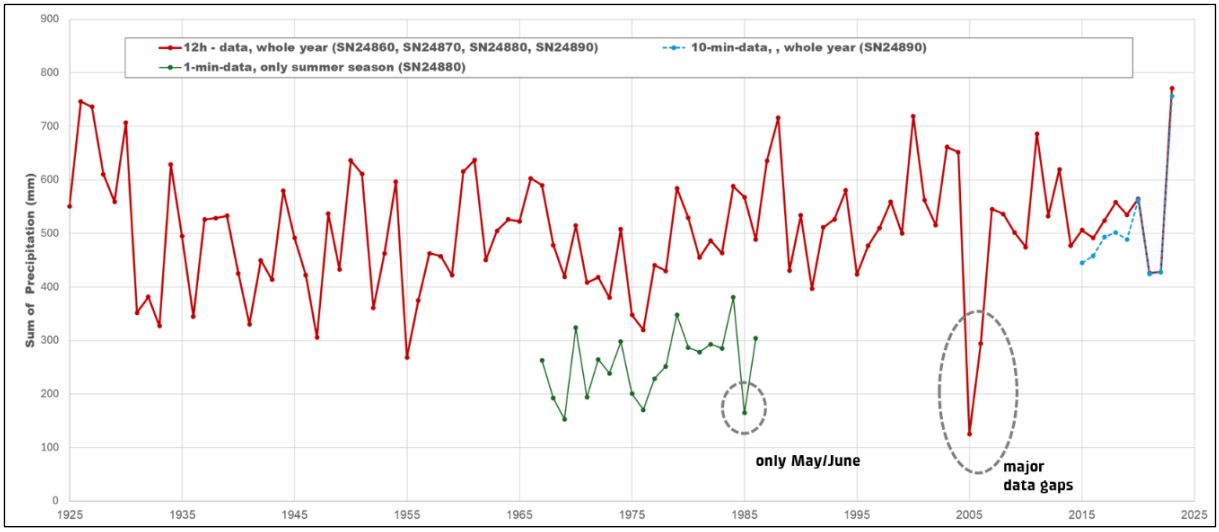
Omfattende klimadata for Nesbyen er tilgjengelig på NORSK KLIMASERVICESENTER sine nettsider (se (1)). Fra år 1925 kan man bruke observasjoner fra i hovedsak fire målestasjoner, som gir data med ulik oppløsning for ulike tidsperioder. Figur 4.1 viser plasseringen av målestasjonene. Observasjonsperioder og tidsoppløsning for de aktuelle dataseriene er vist i Tabell 4.1.



Figur 4.1: Målestasjoner i Nesbyen

Tabell 4.1: Oversikt over nedbørsdata for Nesbyen

Målestasjon	Periode	Tids-oppløsning	Merknader
SN24860: Nesbyen	30.05.1919 - 28.02.1946	12 h	Data uten større hull fra 1925
SN24870: Nesbyen II	01.03.1946 - 31.10.1976	12 h	
SN24880: Nesbyen Skoglund	31.12.1976 - 31.04.2004	12 h	
	30.05.1967 - 30.11.1986	1 min	Registering kun i sommermånedene, for det meste fra mai til oktober; 1985 kun mai og juni
SN24890: Nesbyen Todokk	fra 01.01.2004	12 h	Manglende data 2005/2006
	fra 23.02.2015	10 min	



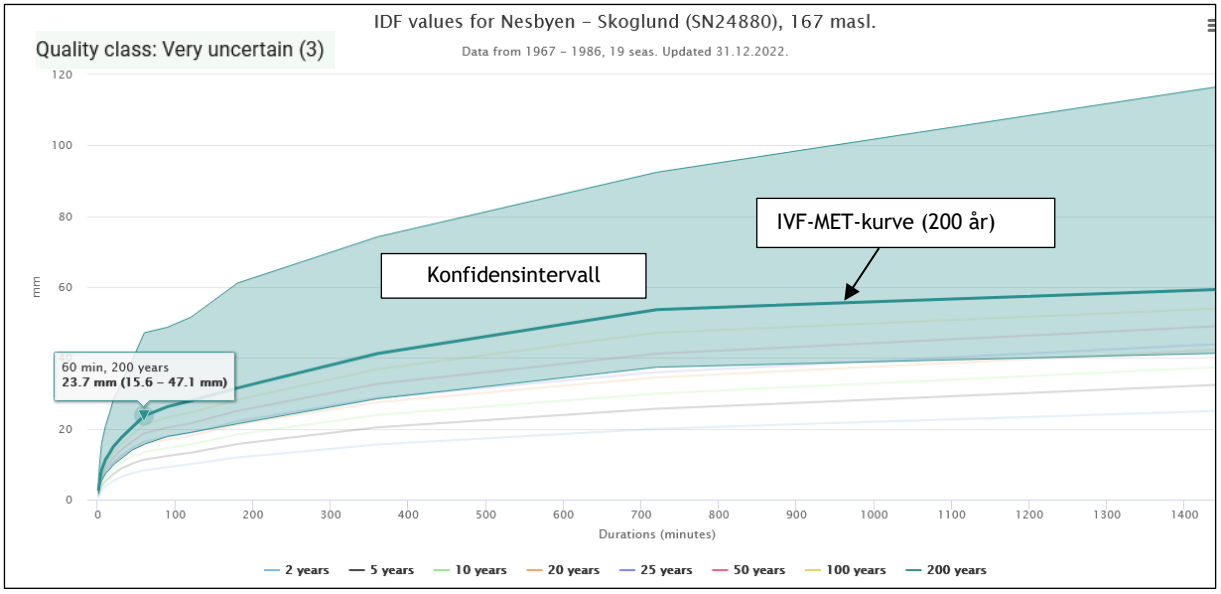
Figur 4.2: Årsnedbør (rød, blå) og nedbørsmengder for sommermånedene (grønn) i Nesbyen

Årsnedbøren for Nesbyen fra 1925 til 2023 ble bestemt på grunnlag av helårs nedbørsobservasjoner med en oppløsning på henholdsvis 12 timer og 10 minutter (se Figur 4.2). Disse ligger i gjennomsnitt på 510 mm og varierer mellom ca. 270 mm (1955) og 770 mm (2023), og det er ingen tydelig trend. Mens nedbørsmengdene basert på 12 timers eller 10 minutters data viser gjennomsnittlige avvik på ca. 45 mm for årene fra 2015 til 2019, er verdiene fra 2020 og fremover nesten identiske.

Nedbørsmengdene for sommermånedene fra 1967 til 1986, som ble bestemt ut fra data med oppløsning på 1 minutt, utgjør ca. 55 % av helårs nedbøren (unntatt 1985). Nedbøren i mai og juni 1985 tilsvarer ca. 30 % av den registrerte helårs nedbøren.

4.2 Nedbørintensiteter og gjentaksintervaller

NORSK KLIMASERVICESENTER kan også brukes til å få tilgang til resultater fra Meteorologisk institutt (MET) om returperioder for ulike nedbørintensiteter. IVF-kurver (Intensitets-Varighets-Frekvens-kurver) viser gjentaksintervallene for nedbørsmengder som en funksjon av nedbørens varighet. IVF-kurvene fra MET forkortes som IVF-MET-kurver i det følgende.



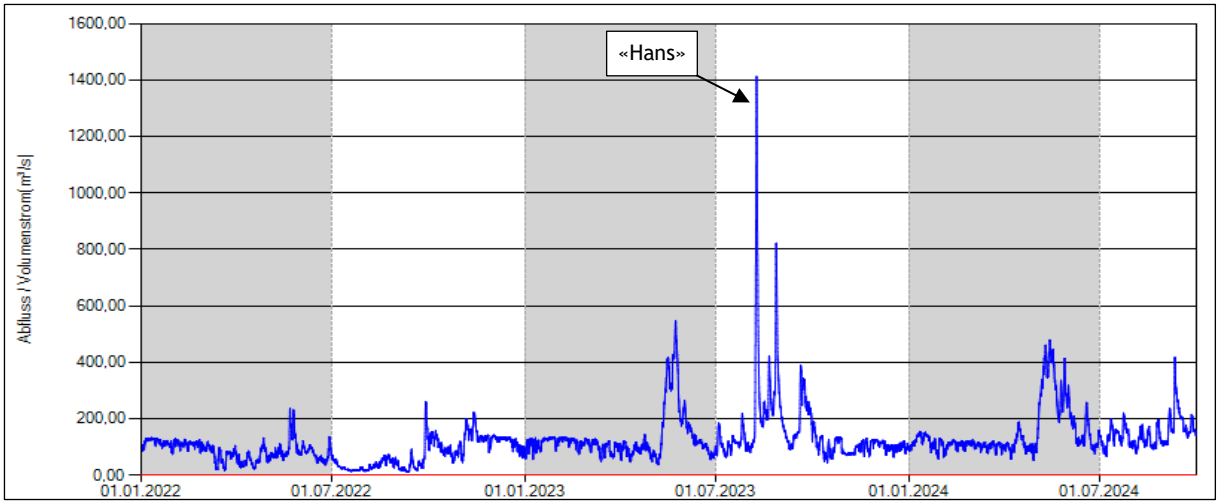
Figur 4.3: IVF-MET-kurver for målestasjon SN24880 (kilde: MET(2))

Figur 4.3 viser IVF-MET-kurvene for Nesbyen som resulterer av analysen av nedbørsdata fra målestasjon SN24880. Hver kurve representerer en returperiode og angir hvor mye nedbør som kan forventes for en bestemt nedbørvarighet. For å beskrive usikkerheten er det angitt 95 %-konfidensintervallet, dvs. intervallet som verdien ligger innenfor med en sannsynlighet på 95 %.

IVF-MET-kurvene er basert på statistiske ekstremverdianalyser av 1-minutts nedbørsdata fra 1967 til 1986 og dekker 19 sommersesonger. På grunn av det begrensede datagrunnlaget tildeler MET disse kurvene kvalitetsklasse 3 - svært usikker.

4.3 Observert vannføring

Det er brukt vannføringsdata fra målestasjon 12.97.0 Bergheim, tilgjengelig fra NVE (3). Målestasjonen ligger ca. 15 km sør-øst for Nesbyen. Fra 1925 til 1985 er data tilgjengelig med døgnoppløsning, fra 1986 er data tilgjengelig med timesoppløsning. Figur 4.4 viser et utsnitt av vannføringsserien med flomhendelsen «Hans» i august 2023.



Figur 4.4: Observert vannføring ved Bergheim, januar 2022 til oktober 2024

5. Grunnleggende statistiske analyser

IVF-MET-kurvene, som gir informasjon om gjentaksintervall for nedbørintensiteter for Nesbyen, er basert på en kort dataserie og er derfor usikre. For å kunne gjøre analysene av kraftige nedbørshendelser under flom basert på et bedre datagrunnlag er det først gjennomført statistiske ekstremverdianalyser basert på en utvidet og oppdatert database:

- Nedbørsdata med en tidsoppløsning på 12 timer er slått sammen i en dataserie som dekker en periode på 97 år. Denne lange serien gir et solid grunnlag for analyseresultater for lange returperioder på 100 eller 200 år. Det er imidlertid bare varigheter på 12 timer eller mer som kan tas i betraktning.
- Nedbørsdata med en oppløsning på 1 min og 10 min er også slått sammen til en serie som dekker 28 år i stedet for 19. Med tanke på den nødvendige prognoseperioden på 200 år er denne serien forholdsvis kort. Resultater for hyppigheten av ekstreme hendelser - også på grunnlag av det utvidete datagrunnlaget - kan bare betraktes som estimater.

[1]For tilpasning av ekstremverdifordelinger til observerte data må maksimums nedbørsverdier for uavhengige nedbørshendelser bestemmes som en funksjon av nedbørvarighet. Disse maksima er et resultat av overlappende nedbørsummer, dets lengde tilsvarer den respektive varigheten. Basert på disse maksimumsverdiene dannes det stikkprøver, som er sammensatt på følgende måte, avhengig av den valgte modelleringsmetoden:

- Bruk av en årlig serie: Utvalget er dannet ut fra årlige maksimumsverdier.
- Bruk av en partiell serie: Utvalget dannes av de maksima som overskrider en viss terskelverdi. Flere maksima per år kan inkluderes i stikkprøven.

Både 10 minutters og 12 timers verdiene er ekvidistante måledata. Ettersom en sammenhengende nedbørshendelse kan være fordelt over to måleverdier, er de ekvidistante målingene generelt lavere enn de søkte maksimale nedbørsmengdene med hvilken som helst nedbørstart og -slutt. For å korrigere dette økes stikkprøveverdiene ved bruk av en faktor. Tabell 5.1 viser de empiriske

[1] Nedbørshendelser anses som uavhengige hvis en periode uten nedbør, som varer i minst to ganger varigheten av den aktuelle varigheten, skiller hendelsene fra hverandre.

korreksjonsfaktorene i henhold til (4). Størrelsen av faktorene avhenger av hvor ofte måleintervallet forekommer i den respektive varigheten.

Tabell 5.1: Korreksjonsfaktorer for å øke ekvidistant målte nedbørsmengder (kilde: (4))

Multiplum av basisintervallet	1	2	3	4	>4
Korreksjonsfaktor	1,14	1,07	1,03	1,03	1

For å finne returperioder tilpasses statistiske fordelingsfunksjoner til de delvis korrigerte stikkprøvene. Beregning av parameterne for stikkprøvene, estimering av fordelingsparameterne og gjennomføring av tester for tilpasningen utføres ved hjelp av programmet EXANTO (5).

EXANTO støtter tilpasning av ulike fordelingsfunksjoner, som er grunnlaget for modellering og forutsigelse av sjeldne og ekstreme hendelser. Eksempler inkluderer den generaliserte ekstremverdifordelingen (GEV), Gumbel-, Weibull-, Pearson III- og 3-par. Log-normalfordelingen. GEV- og Gumbel-fordelingene brukes ofte i modellering av ekstreme hendelser innen hydrologi og meteorologi. Fordelingsparameterne estimeres av EXANTO ved hjelp av maximum likelihood-metode.

Hvor godt en fordeling passer til en stikkprøve testes ved hjelp av Kolmogoroff-Smirnov-test (KS-test) for en feilsannsynlighet på α = 0,05. I tillegg sammenlignes den empiriske fordelingsfunksjonen grafisk med de tilpassede modellene, og kvaliteten av tilpasningen vurderes visuelt.

6. Utvidet og oppdatert ekstremverdianalyse for Nesbyen

Ved hjelp av den oppdaterte og utvidede databasen er det først gjennomført ekstremverdianalyser for å beskrive den generelle forekomsten av kraftige nedbørshendelser i Nesbyen. Disse sammenlignes med IVF-MET-kurvene.

6.1 Returperioder med en nedbørvarighet på 12 timer

Hvis man slår sammen registreringene fra målestasjonene SN24860, SN24870, SN24880 og SN24890, kan nedbørsdata fra år 1925 til 2023 med en tidsoppløsning på 12 timer brukes til statistiske analyser av ekstremverdier. Større datahull forekom bare i årene 2005 og 2006. Dataserien representerer den mangeårige tidsmessige utviklingen av nedbøren, inkludert dagens forhold.

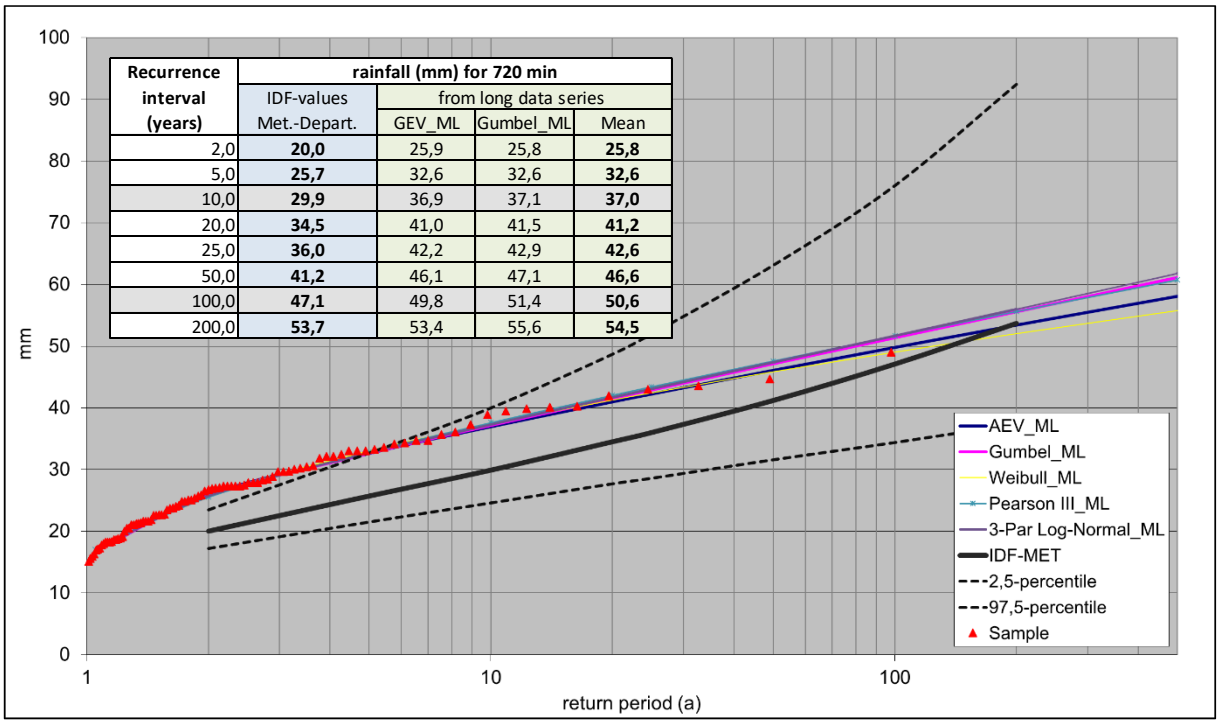
Disse registreringene kan ikke brukes til å si noe om nedbørintensiteter for varigheter mindre enn 12 timer. For nedbørvarigheter på 12 timer eller mer gir den 97-årige dataserien et pålitelig grunnlag som gjør det mulig å tilpasse statistiske fordelingsfunksjoner og å gi resultater for returperioder på over 100 år opptil 200 år. Denne tidshorisonten ligger innenfor 2 til 2,5 ganger observasjonsperioden, som generelt brukes som øvre grense for ekstrapolering.

Først ble de målte, årlige maksimalverdiene økt med en korreksjonsfaktor på 1,14 på grunn av de ekvidistante målingene. Deretter ble det tilpasset statistiske fordelingsfunksjoner til denne stikkprøven (Figur 6.1). Til sammenligning er den empiriske fordelingen vist som følger av hyppigheten og størrelsen på stikkprøvens verdier i observasjonsperioden. Figuren viser også IVF-MET-kurven med tilhørende 95 % konfidensintervallet (2,5 og 97,5 persentiler).

Alle de tilpassede ekstremverdifordelingene viser et sammenlignbart mønster og representerer stikkprøven svært godt[2]. Dette gjelder spesielt Gumbel- og GEV-fordelingen, som resulterer i en Nedbørsmengde på ca. 51 mm på 12 timer for en returperiode på 100 år. Denne verdien ligger bare 4 mm over IVF-MET-verdien for en returperiode på 100 år (2). IVF-MET-verdiene og verdiene for den tilpassede Gumbel- og GEV-fordelingen er også omtrent de samme for en returperiode på 200 år.

De tilpassede ekstremverdifordelingene representerer stikkprøveverdiene også svært godt for kortere returperioder. IVF-MET-verdiene underestimerer imidlertid klart nedbørintensitetene som er observert over mange år. Sammenligningen med den empiriske stikkprøvefordelingen viser at for returperioder på opptil 5 år forekommer det nedbørsmengder som overstiger 97,5-persentilen av IVF-MET-verdiene (2).

Når gjentaksintervallet øker, tilnærmer den empiriske og den tilpassede ekstremverdifordelingen seg IVF-MET-kurven.



Figur 6.1: Statistisk (fargete linjer) og empirisk (røde trekanter) fordeling av maksimale nedbørsmengder for varighet D = 720 min (datagrunnlag: nedbørserie med 97 år og 12 timers oppløsning) sammenlignet med IVF-MET-verdiene (svart)

[2] Visuell sammenligning, og resultatene for KS-testen (0,055 til 0,070) ligger betydelig under den kritiske verdien (0,138) for alle fordelingsfunksjoner

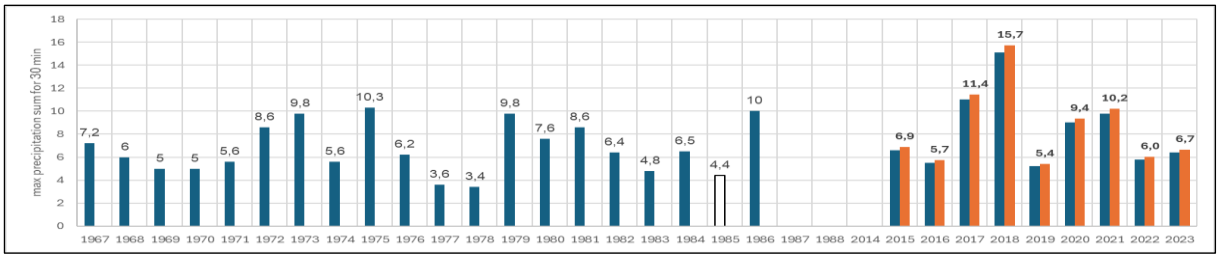
6.2 Ekstremverdianalyser basert på høyt oppløste nedbørsdata

De høyt oppløste dataseriene fra nedbørstasjonene SN24880 og SN24890 er slått sammen for å kunne si noe om returperioder for korte varigheter. Data med 1 minutts oppløsning er tilgjengelig for sommermånedene fra 1967 til 1986. Disse er supplert med data med 10 minutters oppløsning fra og med 2015. Den 19 år lange dataserien, som er grunnlaget for de statistiske analysene til MET, er dermed forlenget med 9 år og inkluderer også dagens nedbørsdata.

Til tross for det utvidete datagrunnlaget kan man bare i begrenset grad si noe om hyppigheten av ekstreme hendelser. På grunn av den relativt korte dataserien kan det oppstå usikkerhet ved valg av fordelingsfunksjon og ved ekstrapolering til lange returperioder. Generelt bør 2 til 2,5 ganger observasjonsperioden være den øvre grensen for ekstrapolering. For den 28 år lange dataserien med en oppløsning på henholdsvis 1 min og 10 min kan returperioder på rundt 50 til 70 år anses som pålitelige. Verdier for returperioder på 100 eller 200 år har betydelig usikkerhet og kan kun betraktes som estimater.

Også her ble årlige serier brukt i modelleringen. Dette forutsetter at de årlige maksimumsverdiene ble registrert, og dermed at de maksimale nedbørintensitetene også inntraff i sommermånedene i de årene der det kun ble målt i sommermånedene. IVF-MET-kurvene er også basert på denne antakelsen.

Den årlige maksimale nedbøren ble bestemt for ni varigheter mellom 10 minutter og 12 timer utfra de høyt oppløste nedbørsdataene. For varighetene 10, 20 og 30 minutter ble verdiene økt fra år 2015 på grunn av 10 minutters ekvidistant måling ved hjelp av korreksjonsfaktorer (se (4) og Figur 6.2).



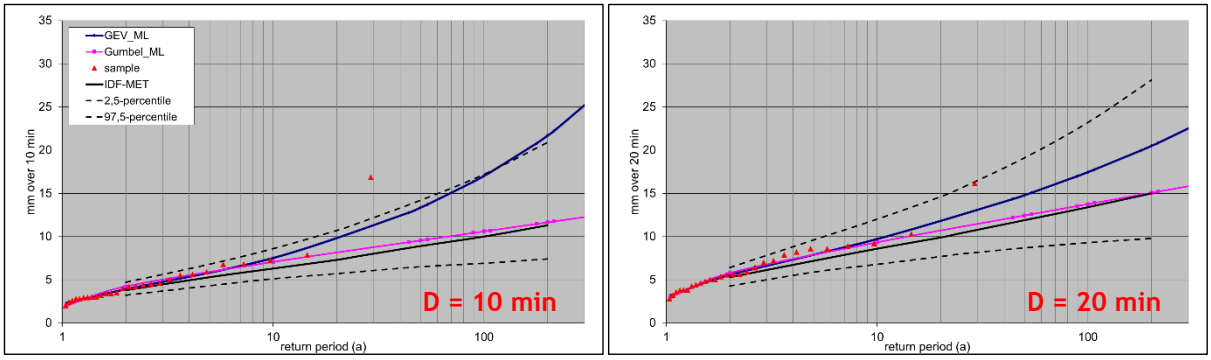
Figur 6.2: Korrigering av de årlige maksimale Nedbørsmengdene basert på 10 minutters oppløsning ved bruk av eksempelet varighet D = 30 min

Ekstremverdifordelinger ble tilpasset til stikkprøvene som ble dannet på den måten. Ifølge KS-testen viser GEV- og Gumbel-fordelingen ingen signifikante avvik fra de empiriske fordelingsfunksjonene for alle varigheter. Både Gumbel- og GEV-fordelingen kan derfor brukes til statistisk modellering.

Den visuelle sammenligningen av kurvene viser imidlertid følgende forskjeller avhengig av nedbørens varighet:

Returperioder for nedbør med varighet på 10 og 20 minutter

Figur 6.3 viser stikkprøvene samt de tilpassede Gumbel- og GEV-fordelingene for varigheter på 10 og 20 minutter. Til sammenligning er det vist IVF-MET-kurvene med tilhørende 95 % konfidensintervall (2,5 og 97,5 persentiler).



Figur 6.3: Statistiske og empiriske fordelinger av maksimale nedbørsmengder for varigheter på 10 og 20 min (datagrunnlag: 28 års dataserie, oppløsning på hhv. 1 og 10 min) sammenlignet med IVF-MET-kurvene

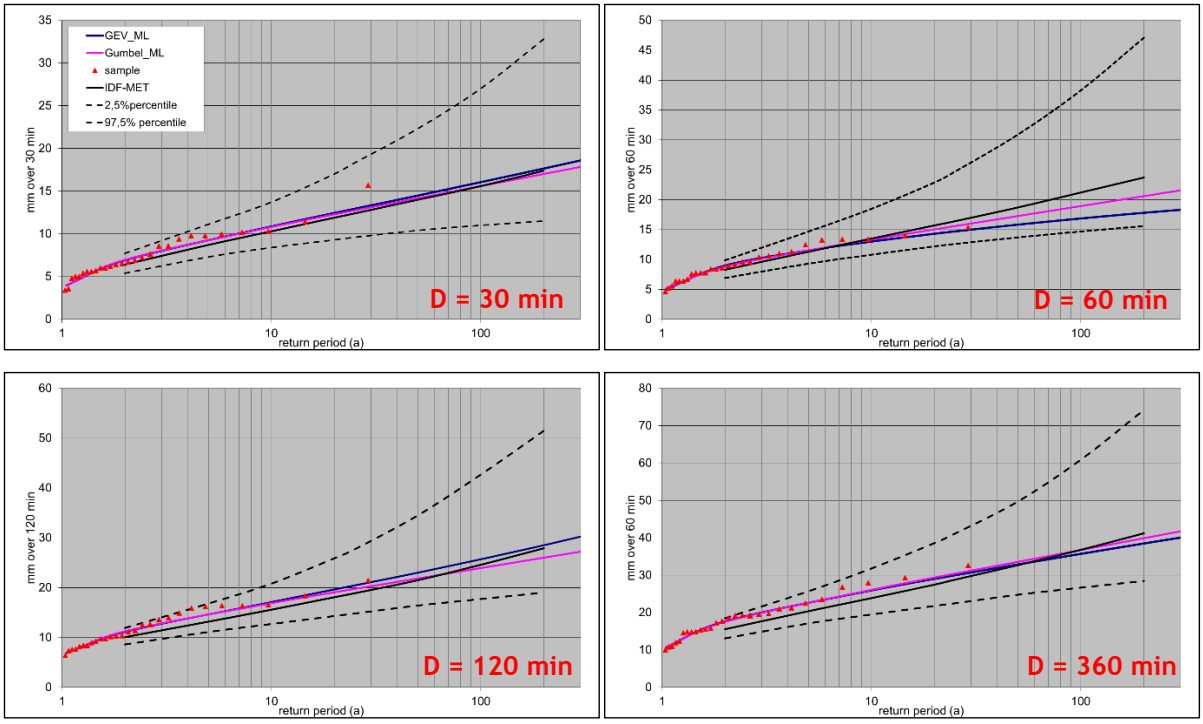
For disse varighetene gjelder følgende:

- For middels og lange returperioder avviker de tilpassede fordelingsfunksjonene mer og mer fra hverandre. Dette gjenspeiler usikkerheten i modelltilpasningen og ekstrapoleringen av verdier ved bruk av relativt korte dataserier.
- Gumbel- og GEV-fordelingene ligger over IVF-MET-kurvene. Mens Gumbel-fordelingen nærmer seg IVF-MET-kurvene ovenfra med økende returperiode, overskrider GEV-fordelingene dem klart. - Verdiene for GEV-fordelingene nærmer seg eller overskrider 97,5-persentilene.

Returperioder for nedbør med varighet på 30 til 720 minutter

For varigheter mellom 30 og 720 minutter nærmer de tilpassede ekstremverdifordelingene seg hverandre (Figur 6.4):

- For korte returperioder ligger stikkprøvene og de tilpassede fordelingsfunksjonene over IVF-MET-verdiene. Disse avvikene har en tendens til å øke i størrelse og omfang med økende varighet.
- For middels til lange returperioder tilsvarer de tilpassede fordelingsfunksjonene IVF-MET-kurvene eller underskrider dem.
- For varigheten på 720 minutter gir den statistiske analysen av henholdsvis 1 og 10 minutters dataserien og 12 timers dataserien lignende resultater (100-års nedbør 46,4 mm, 200-års nedbør 50,4 mm)



Figur 6.4: Statistiske og empiriske fordelinger av maksimale nedbørsmengder for varigheter på 30, 60, 120 og 360 min (datagrunnlag: 28 års dataserie, oppløsning på hhv. 1 og 10 min) sammenlignet med IVF-MET-kurvene

6.3 Konklusjon

Utfra analysene av det utvidete datagrunnlaget og sammenligningen med IVF-MET-kurvene kan følgende fastslås for returperioder på 100 til 200 år:

- **For korte varigheter** (10 til 20 min) har IVF-MET-verdiene en tendens til å underestimere de faktiske intensitetene. **Oppdaterte og utvidete nedbørdata tilsier at nedbørsmengder kan nå omtrent 97,5 prosentil-verdiene til IVF-MET-kurvene.**
- **For middels og lange varigheter** (30 til 720 min) bekreftes IVF-MET-verdiene.

På grunn av den begrensede lengden på de tilgjengelige tidsseriene på 28 år er beregning av nedbørsmengder med lange returperioder på 100 til 200 år imidlertid usikker for varigheter på mindre enn 12 timer.

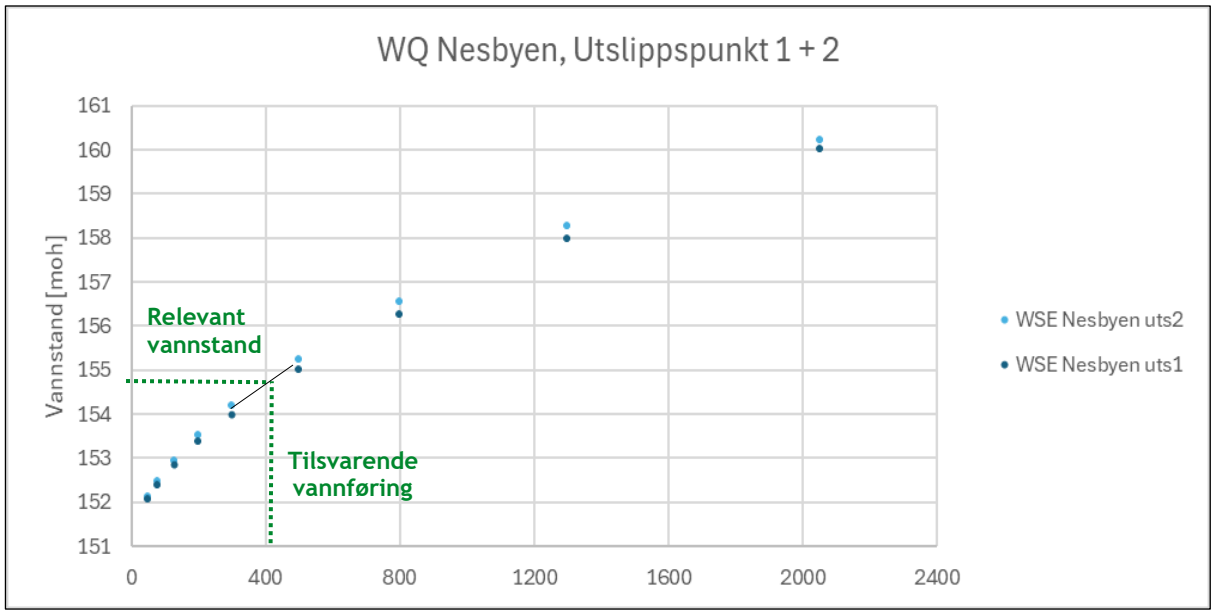
7. Samtidighet mellom flom og kraftig nedbør

I det følgende analyseres nedbørsmengder og -intensiteter under tidligere flomhendelser som kan føre til oppstuving i avløpssystemet (oppdemmingshendelse). Ved å tilpasse ekstremverdifordelinger skal det utledes den potensielle hyppigheten av slike hendelser.

7.1 Bestemmelse av oppdemmingshendelser

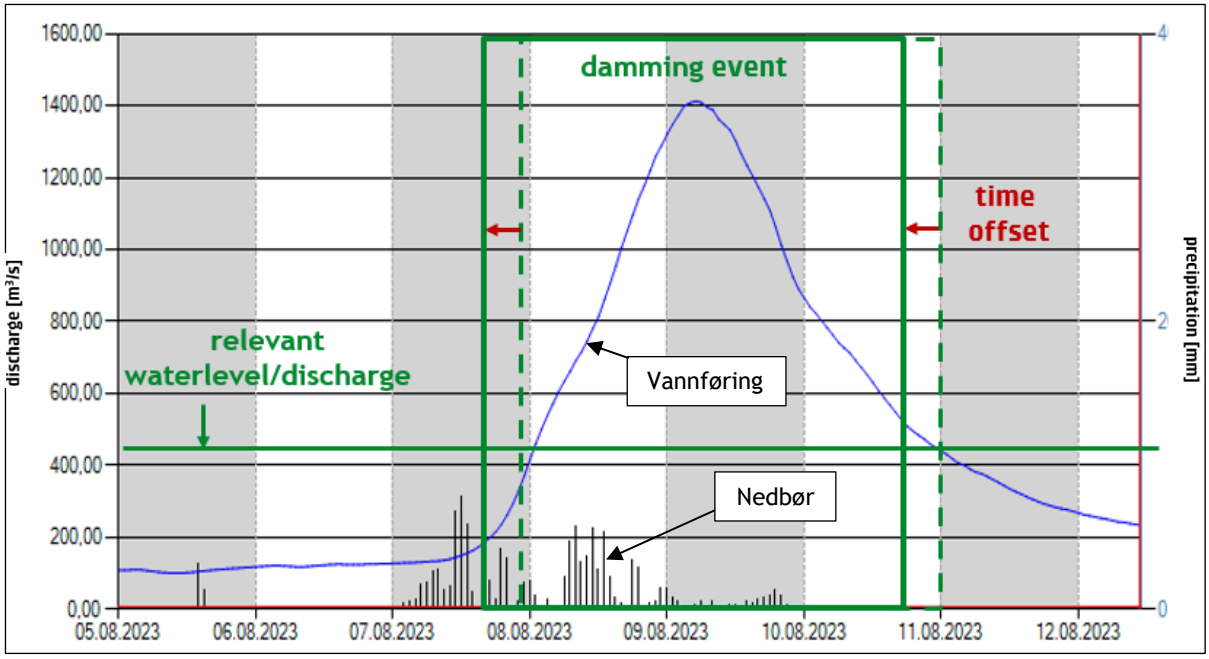
I første steg er det utledet de periodene hvor en flom i Hallingdalselva ville ha påvirket håndtering av bakvann. Dette er basert på vannføringsdata fra Bergheim målestasjon.

Ved hjelp av vannføringskurven (sammenhengen mellom vannstand og vannføring) for Hallingdalselva ved Nesbyen kan den målte vannføringsserien omformes til en vannstandsserie i området for de planlagte tiltakene for håndtering av bakvann. Vannføringskurven for Hallingdalselva ved Nesbyen (Figur 7.1) ble beregnet ved hjelp av simuleringer med todimensjonal hydraulisk modell (se forprosjektrapport, vedlegg 3). Utfra ledningsnettsimuleringer er det forventet at overvannsnettet er overbelastet fra en vannstand på ca. 154,6 moh i Hallingdalselva ved Nesbyen. Denne vannstanden tilsvarer en vannføring på ca. 420 m^3/s ved Bergheim.



Figur 7.1: Sammenheng mellom vannstand og vannføring i Hallingdalselva ved utslippspunktene av overvannsnettet ved Nesbyen

På grunn av avstanden mellom Bergheim og Nesbyen er det også en tidsforskyvning av vannføringskurven. Utfra observerte flommer og gjennomsnittlig vannhastighet på elvestrekningen beregnet med hydraulisk modell er den anslått til å være 4 timer.



Figur 7.2: Utledning av oppdemmingshendelsene basert på vannføringsdata fra Bergheim målestasjon

Periodene hvor overvannssystemet ville være overbelastet ble utledet på grunnlag av disse sammenhengene. Fremgangsmåten er illustrert i Figur 7.2. For perioden 1925 til 2023 er det 133 oppdemmingshendelser. Dette betyr at det kan forventes minst én oppdemming av det planlagte systemet for håndtering av bakvann per år, og den årlige sannsynligheten for oppdemming er 1.

7.2 Analyse av nedbørsmengder under oppdemmingshendelser

I tillegg ble oppdemmingshendelsene og driftstidene til nedbørmålerne i Nesbyen sjekket:

- Nedbørsdata med en tidsoppløsning på 12 timer er tilgjengelig for alle de 133 oppdemmingsperiodene fra 1925 til 2023. I årene 2005 og 2006 med manglende nedbørsregistreringer ble det ikke observert noen oppdemmingshendelser.
- Høyt oppløste nedbørsdata (1 og 10 min) dekker 24 av de 27 oppdemmingshendelsene i årene 1967 til 1986 og 2015 til 2023 (se Tabell 7.1). For oppdemmingshendelsene i 1967 og 1971 er ingen eller mangelfulle nedbørsdata tilgjengelige.

Basert på dette ble de uavhengige nedbørshendelsene og de tilhørende maksimale Nedbørsmengdene bestemt for hver nedbørsvarighet og hver oppdemmingshendelse.

Tabell 7.1: Oversikt over oppdemmingshendelser og tilgjengelighet av høyt oppløste nedbørsdata

Year	Damming Events		1-10min
	number	duration (h)	data available
1967	2	276	partly
1971	1	45	no
1972	1	5	yes
1977	1	153	yes
1978	1	189	yes
1979	2	65	yes
1981	3	75	yes
1983	4	252	yes
1985	1	115	yes
1986	1	67	yes
…	…	…	...
2015	1	68	yes
2017	1	38	yes
2018	2	145	yes
2019	2	26	yes
2020	1	31	yes
2023	3	217	yes

7.3 Tilpasning av ekstremverdifordelinger

For den 27 år lange observasjonsperioden fra 1968 til 1987 (unntatt 1971) og 2015 til 2023 er det 24 oppdemmingsperioder som kan brukes til å beregne returperioder for nedbørintensiteter under flomhendelser.

Tabell 7.2 viser antall og maksimale nedbørsmengder for de uavhengige nedbørshendelsene under oppdemmingsperiodene som en funksjon av nedbørens varighet, basert på henholdsvis 1 og 10 minutters data.

Maksimumsverdiene øker med økende varighet, fra 2,5 mm (D = 10 min) til 38,7 mm (D = 720 min). Dette betyr at maksimumsverdiene for varighetene mindre enn 1 time ligger under IVF-MET-verdiene med en returperiode på 2 år. For D = 720 min nås derimot en verdi som tilsvarer nesten det dobbelte av 2-års nedbøren.

Tabell 7.2: Antall og maksimale nedbørsmengder for nedbørshendelsene under oppdemmingshendelser

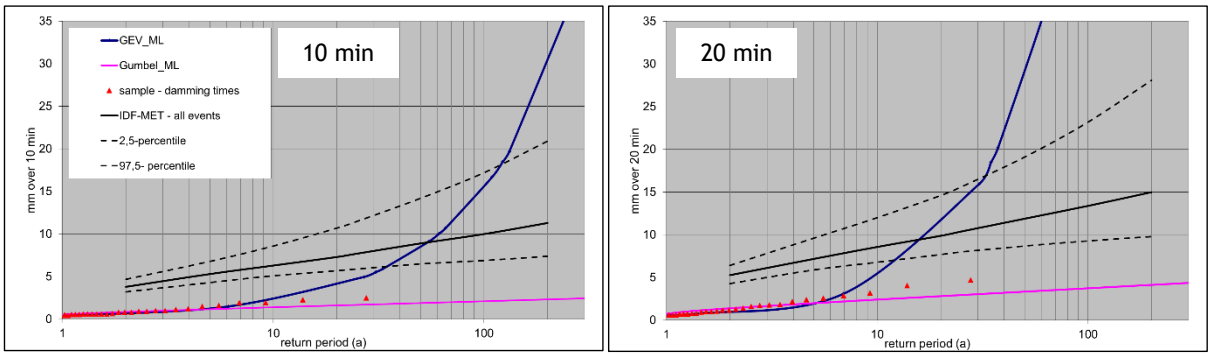
Varighet (min)	**10**	**20**	**30**	**45**	**60**	**90**	**120**	**360**	**720**
Antall nedbørshendelser i oppdemmingsperiodene	162	97	67	51	49	42	37	36	31
Maks. nedbør (mm)	2,5 (korr. 2,85)	4,4 (korr. 4.7)	5,4 (korr. 5,6)	7,2	8,4	12,6	16,4	23,0	38,7
IVF-MET-verdier for returperiode på 2 år	3,8	5,3	6,4	7,5	8,3	9,2	10,1	15,6	20,0
Størrelse på stikkprøve = antall hendelser med nedbørsmengde >= 0,1 * IVF-MET-verdi (2 år)	43	39	29	26	23	24	24	29	27

I tillegg ble ekstremverdifordelinger tilpasset nedbørintensitetene under oppdemmingshendelsene på samme måte som i kapittel 6. Ettersom observasjonsperioden også inkluderer år uten oppdemmingshendelser, kan her ikke brukes årlige serier til modellering (jf. kapittel 6). I henhold til konseptet med partielle serier inkluderes de nedbørshendelsene i stikkprøvene som har en nedbørsmengde større enn 10 % av IVF-MET-verdiene med en returperiode på 2 år. Maksimumsverdier under denne terskelverdien tas ikke med i tilpasningen av ekstremverdifordelingsfunksjoner på grunn av deres ubetydelighet. Tabell 7.2 viser den resulterende størrelsen på stikkprøvene for de analyserte varighetene.

Figur 7.3 viser Gumbel- og GEV-fordelingene beregnet med EXANTO for eksempler på varighetene 10 og 20 minutter.

De sterkt divergerende kurvene og sammenligningen med de empiriske stikkprøvefordelingene viser problemene som oppstår i den statistiske beskrivelsen av nedbørshendelsene, som er begrenset til de 24 oppdemmingshendelsene:

- Gumbel-fordelingene har en tendens til å underestimere nedbørintensitetene under oppdemmingshendelsene.
- GEV-fordelingene antar urealistisk høye verdier for middels til lange returperioder, og noen av disse ligger også over 97,5-persentilene til IVF-MET-kurvene.

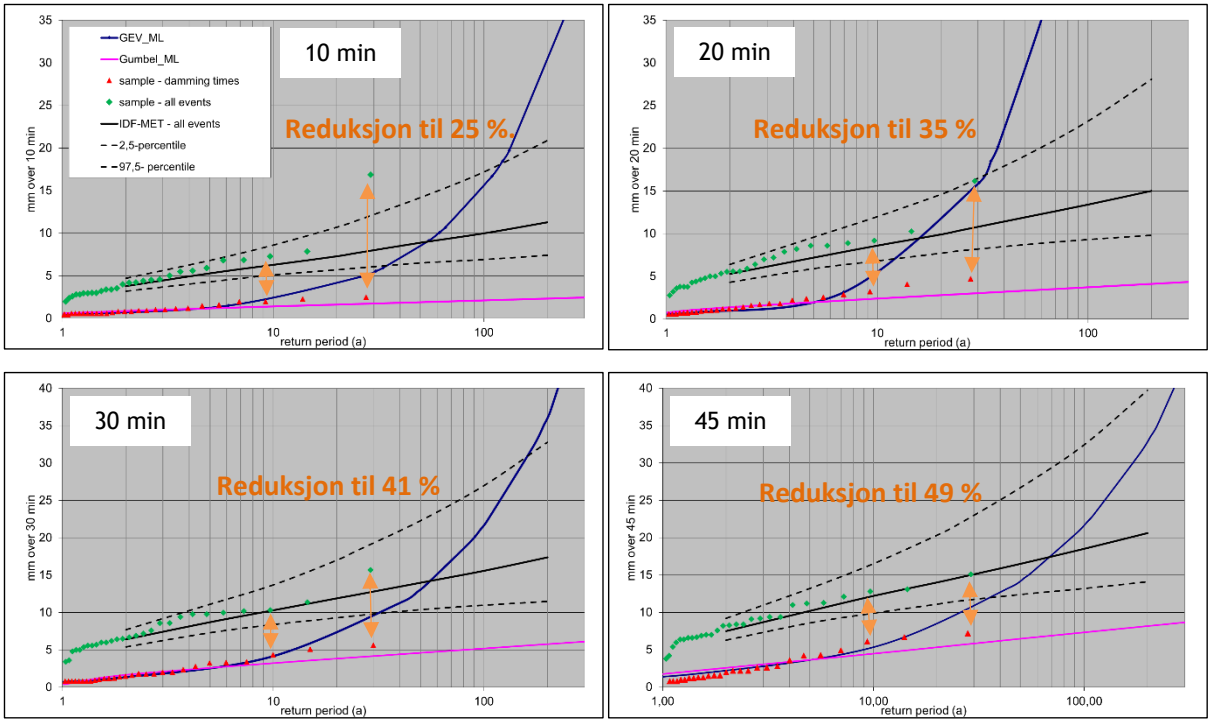


Figur 7.3: Tilpasning av Gumbel- og GEV-fordelingene til de empiriske fordelingene av de maksimale nedbørsmengdene under oppdemmingshendelsene for varighetene 10 og 20 min (datagrunnlag: 28 års dataserie, oppløsning på hhv. 1 og 10 min) sammenlignet med IVF-MET-verdiene

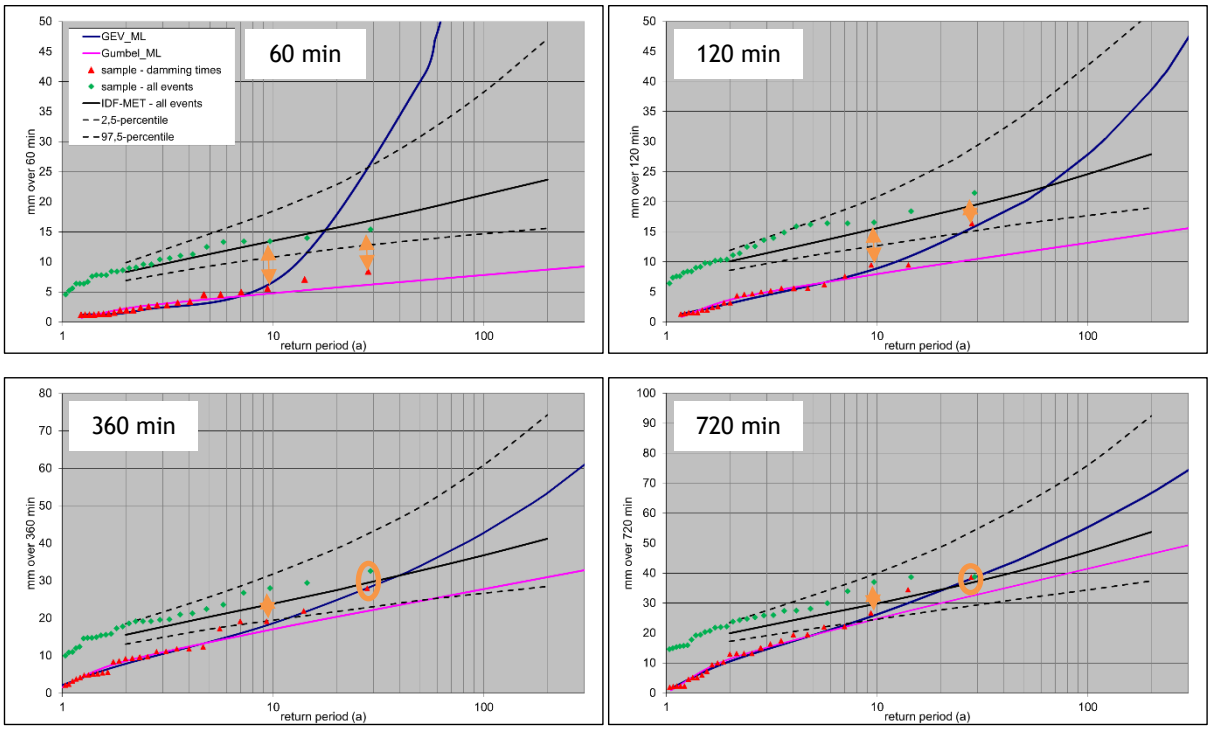
Ifølge KS-testen er modellering av ekstremverdiene ved hjelp av GEV-fordelingen tillatt, mens Gumbel-fordelingen ikke kan brukes for varighetene på 10 og 20 min.

For lengre varigheter kan begge de teoretiske fordelingene brukes i henhold til KS-testen. Modelltilpasningene for middels og lange returperioder avviker imidlertid fra hverandre også her (Figur 7.4 og Figur 7.5).

Oppsummert er den statistiske beskrivelsen av nedbør under flomhendelser svært usikker, noe som ikke tillater beregning av returperioder ved hjelp av de tilpassede ekstremverdifordelingene.



Figur 7.4: *Statistiske og empiriske fordelinger av maksimale nedbørsmengder under oppdemmingshendelsene for varigheter mellom 10 og 45 minutter (datagrunnlag: 28 års dataserie, oppløsning på hhv. 1 og 10 min) sammenlignet med IVF-MET-verdiene*



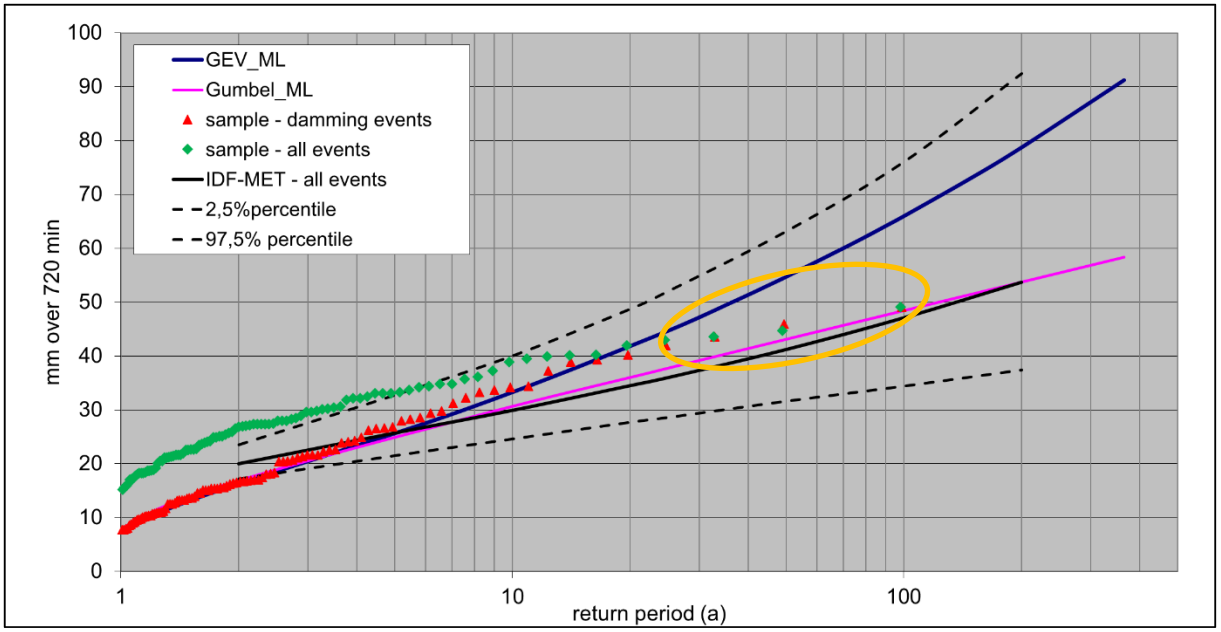
Figur 7.5: *Statistiske og empiriske fordelinger av maksimale nedbørsmengder under oppdemmingshendelsene for varigheter mellom 60 og 720 min (datagrunnlag: 28 års dataserie, oppløsning på hhv. 1 og 10 min) sammenlignet med IVF-MET-verdiene*

7.4 Sammenligning av de empiriske fordelingsfunksjonene

Hvis man sammenligner de to empiriske stikkprøvefordelingene, som er et resultat fra analysen av (A) hele datasettet av nedbørshendelser og (B) nedbørshendelsene som opptrer under oppdemmingsperioder, kan man konstatere følgende, avhengig av hvilken varighet man ser på:

- **For varigheter på mindre enn 1 time (**Figur 7.4**):**
  - Nedbørsmengdene til den empiriske stikkprøvefordelingen for oppdemmingshendelser er betydelig lavere enn Nedbørsmengdene til den empiriske stikkprøvefordelingen for alle flomhendelser.
  - Når returperioden øker, forblir forskjellene mellom de to empiriske fordelingsfunksjonene de samme eller øker.
  - Ser man på returperioder mellom 8 og 30 år, utgjør nedbørsmengdene under oppdemmingshendelser bare mellom 25 % og 49 % av de tilsvarende verdiene for alle hendelser.
- **For varigheter på 1 time og lengre (**Figur 7.5**):**
  - For returperioder på mindre enn 8 år er den empiriske fordelingen for oppdemmingshendelser betydelig lavere enn den empiriske fordelingen for alle hendelser.
  - Forskjellen mellom de to stikkprøvefordelingene minker med økende returperiode.
  - Forskjellen mellom de to empiriske fordelingene går mot null med økende varighet (se f.eks. D = 720 min i Figur 7.5: nedbørsmengder fra en returperiode på 30 år er identiske).

For varighet D = 720 min kan den statistiske modelleringen av nedbør under flomhendelser også utføres på grunnlag av den lange nedbørserien med 12 timers oppløsning. For en stikkprøvestørrelse på 97, som tilsvarer antallet av observerte år, får man de empiriske og statistiske fordelingene som er vist i Figur 7.6. Sammenligningen av fordelingene bekrefter på den ene siden usikkerheten i modelltilpasningen og på den andre siden den samtidige forekomsten av langvarig kraftig nedbør og flomhendelser.



Figur 7.6: *Statistiske og empiriske fordelinger av de maksimale nedbørsmengdene under oppdemmingshendelsene for D = 720 min (datagrunnlag: 97 års dataserie, 12 timers oppløsning)*

7.5 Konklusjon

På grunn av den store usikkerheten ved tilpasning av statiske modeller er det ikke mulig å estimere nedbør med lange returperioder, som kan forekomme under flomhendelser, ved hjelp av statistiske fordelinger basert på det tilgjengelige datagrunnlaget.

Sammenligning av de empiriske fordelingene som følger av analysen av (A) hele datasettet av nedbørshendelser og (B) nedbørshendelsene som opptrer under oppdemmingsperioder, viser imidlertid følgende:

- For varigheter på mindre enn 1 time kan det antas en betydelig reduksjon i nedbørsmengdene under oppdemmingshendelser på 25 % til 49 %.
- Med økende varighet konvergerer de empiriske fordelingene for begge stikkprøver: langvarig kraftig nedbør og flom- eller oppdemmingshendelser inntreffer samtidig.

8. Dimensjonerende nedbør

Ved dimensjonering av tiltak for håndtering av bakvann er de nedbørsmengdene avgjørende som kan inntreffe samtidig med flom i vassdraget med et gjentaksintervall på 200 år. Utfra de her gjennomførte analysene kan disse estimeres på følgende måte, avhengig av nedbørens varighet, og på grunnlag av IVF-MET-kurvene og de tilhørende 95 % konfidensintervallene (Figur 8.1):

D = 10 min og D = 20 min:

For disse varighetene kan det generelt forventes nedbørsmengder på opptil omtrent 97,5-persentilen av IVF-MET-kurvene (henholdsvis 20,9 mm og 28,1 mm). Hvis nedbørshendelsene begrenses til

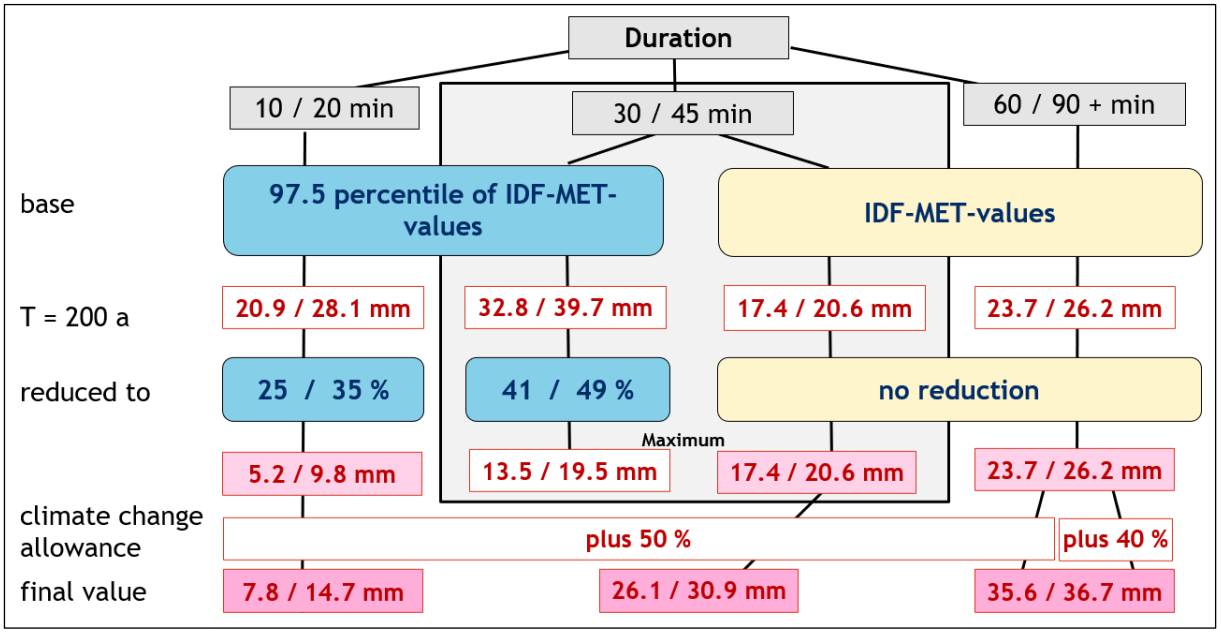
oppdemmingsperiodene, kan man regne med en reduksjon til henholdsvis 25 % og 35 % av den opprinnelige nedbørsmengden. Det betyr at henholdsvis 5,2 mm og 9,8 mm kan brukes som 200-årsnedbør under oppdemmingshendelsene for disse varighetene.

D = 60 min og D = 90 min (og lengre):

For disse varighetene bekrefter ekstremverdianalysene utført med det utvidete datagrunnlaget IVF-MET-kurvene, som beskriver den generelle forekomsten av kraftig nedbør. Hvis nedbørshendelsene begrenses til oppdemmingsperiodene, kan man imidlertid ikke anta en reduksjon i nedbørsmengdene. De tilhørende empiriske fordelingene av stikkprøvene viser allerede en tilnærming til nedbørsverdiene fra en returperiode på 30 år. Det betyr at det legges til grunn en nedbørsmengde på 23,7 mm for D = 60 min og 26,2 mm for D = 90 min.

D = 30 minutter og D = 45 minutter:

For de varighetene som ligger imellom er det valgt den maksimale nedbørsmengden som følger av prosedyren for de tilgrensende varighetene. Nedbørsmengdene fra IVF-MET-kurvene på henholdsvis 17,4 mm (D = 30 min) og 20,6 mm (D = 45 min) benyttes her som maksimum av IVF-MET-verdiene (17,4 og 20,6 mm) og de reduserte 97,5-persentilene (13,5 og 19,5 mm).



Figur 8.1: Fastsetting av dimensjonerende nedbør for planlegging av tiltakene for håndtering av bakvann i forbindelse med flomsikringstiltakene

Ved planlegging av infrastruktur og dimensjonering av tiltak skal nedbøren økes med et klimapåslag. I henhold til (2) skal nedbøren med gjentaksintervall på 200 år og varigheter like eller mindre enn 1 time økes med 50 %. For varigheter mellom 1 og 3 timer er påslaget 40 %. De klimajusterte nedbørsmengdene vises nederst i Figur 8.1 og ligger mellom 7,8 mm for D = 10 min til 36,7 mm for D = 90 min.

9. Sammendrag

I denne studien er det gjennomført ekstremstatistiske analyser på grunnlag av tilgjengelige nedbør- og vannføringsdata.

For det første ble den generelle forekomsten av kraftig nedbør undersøkt. Intensitet-varighet-frekvens- (IVF-) verdiene fra MET for lange returperioder på 100 eller 200 år ble i stor grad bekreftet av den statistiske modelleringen, som er basert på et utvidet datagrunnlag.

For det andre ble det kun tatt hensyn til nedbørshendelser som inntraff under flom i Hallingdalselva. På grunn av den begrensede dataserien er den statistiske beskrivelsen av disse nedbørshendelsene beheftet med store usikkerheter, som gjør at det ikke er mulig å beregne returperioder ved hjelp av tilpassede ekstremverdifordelinger.

Sammenligning av de empiriske stikkprøvefordelingene, som følger av analysen av (A) hele datasettet av nedbørshendelser og (B) nedbørshendelsene som opptrer under oppdemmingsperioder, viser imidlertid at nedbørsmengdene reduseres betydelig for nedbør som varer mindre enn 1 time når analysen begrenses til nedbørshendelsene som opptrer under oppdemmingsperioder.

Utfra de ekstremstatistiske analysene ble det utviklet en fremgangsmåte for å estimere 200-årsnedbøren under flomhendelser avhengig av nedbørens varighet. For planlegging av tiltak for håndtering av bakvann i forbindelse med flomsikringstiltakene må disse verdiene økes med et klimapåslag. Avhengig av nedbørens varighet er dette 40 % eller 50 %.

Inning am Ammersee, 24.02.2025

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

i.V. Dr. Stefan Hülmeyer
Avdelingsleder

i.A. Dr. Heidrun Fischer
Prosjektingeniør

Kostnadsestimat

	Mengde	Enhet	Enhetspris kr	Pris kr	**Sum** kr
Sikring BA 1: Rukkedøla					**-**
- kommer seinere -	-	-	-	-	
Flomvoll BA 2: Hallingdalselva					**132.035.640**
Rigg av anleggsområdet	1	RS		15.656.400	
Anleggsveier	2.000	m	310	620.000	
Utgraving av matjord / dekklag, inkl. transport og lagring	20.000	m^2	50	1.000.000	
Forberedelse grunnflate voll	20.000	m^2	80	1.600.000	
Forgraving 2 m dyp	12.000	m^3	120	1.440.000	
Fylling voll	70.000	m^3	250	17.500.000	
Tetning av undergrunnen (spunt)	28.000	m^2	2.800	78.400.000	
Driftsveier på voll	8.000	m^2	150	1.200.000	
Tillegg ramper og adkomst	4	stk	100.000	400.000	
Filter og drensledninger	1.700	m	300	510.000	
Driftsveier langs vollens fot	5.100	m^2	60	306.000	
Fylling dekklag	40.000	m^2	35	1.400.000	
Uforutsigbare kostnader	10	%		12.003.240	
Landskapsarkitektoniske tiltak					
- kommer seinere -	-	-	-	-	
Pumpestasjon 1					**3.654.324**
Rigg av anleggsområdet	1	RS		462.564	
Forbygging av byggegrop (midlertidig spunt)	96	m^2	10.000	960.000	
Utgraving av masser	120	m^3	350	42.000	
Armert betong arbeider	44	m^3	30.000	1.320.000	
Oppfylling byggegrop / jordarbeider	22	m^3	80	1.760	
Kumlokk og tetninger	2	stk	20.000	40.000	
Hydromekanisk utstyr (ledninger og ventiler)	1	RS	150.000	150.000	
Pumper	3	stk	50.000	150.000	
Stiger og trapper	1	RS	20.000	20.000	
Driftsbygg	1	RS	150.000	150.000	
Energiforsyning og styreteknikk	1	RS	250.000	250.000	
Øvrig 10%				108.000	
Pumpestasjon 2					**3.765.324**
Rigg av anleggsområdet	1	RS		476.064	
Forbygging av byggegrop (midlertidig spunt)	96	m^2	10.000	960.000	
Utgraving av masser	120	m^3	350	42.000	

Armert betong arbeider	44	m^3	30.000	1.320.000	
Oppfylling byggegrop / jordarbeider	22	m^3	80	1.760	
Kumlokk og tetninger	4	stk	20.000	80.000	
Hydromekanisk utstyr (ledninger og ventiler)	1	RS	200.000	200.000	
Pumper	3	stk	50.000	150.000	
Stiger og trapper	1	RS	20.000	20.000	
Driftsbygg	1	RS	150.000	150.000	
Energiforsyning og styreteknikk	1	RS	250.000	250.000	
Øvrig 10%				115.500	
Pumpestasjon 3					**5.175.040**
Rigg av anleggsområdet	1	RS		659.940	
Forbygging av byggegrop (midlertidig spunt)	120	m^2	10.000	1.200.000	
Utgraving av masser	192	m^3	350	67.200	
Omlegging av ledninger, tilkopling	1	RS	300.000	300.000	
Oppfylling byggegrop / jordarbeider	30	m^3	80	2.400	
Armert betong arbeider	66	m^3	30.000	1.980.000	
Kumlokk og tetninger	4	stk	20.000	80.000	
Hydromekanisk utstyr (ledninger og ventiler)	1	RS	200.000	200.000	
Pumper	3	stk	50.000	150.000	
Stiger og trapper	1	RS	20.000	20.000	
Driftsbygg	1	RS	150.000	150.000	
Energiforsyning og styreteknikk	1	RS	250.000	250.000	
Øvrig 10%				115.500	
Pumpestasjon 4					**14.006.296**
Rigg av anleggsområdet	1	RS		1.770.756	
Forbygging av byggegrop (midlertidig spunt)	200	m^2	10.000	2.000.000	
Utgraving av masser	480	m^3	350	168.000	
Omlegging av ledninger, tilkopling	1	RS	600.000	600.000	
Oppfylling byggegrop / jordarbeider	88	m^3	80	7.040	
Armert betong arbeider	200	m^3	30.000	6.000.000	
Kumlokk og tetninger	8	stk	20.000	160.000	
Hydromekanisk utstyr (ledninger og ventiler)	1	RS	500.000	500.000	
Pumper	3	stk	200.000	600.000	
Stiger og trapper	1	RS	20.000	20.000	
Driftsbygg	1	RS	250.000	250.000	

Energiforsyning og styreteknikk	1	RS	1.500.000	1.500.000	
Øvrig 10%				430.500	
Nødstrømaggregat	1	RS	600.000	600.000	**600.000**
					159.236.624

Flomsikring i Nesbyen kommune

Rapport om feltarbeidet 25.04. - 09.05.2024

Etablering av grunnvannsbrønner og gjennomføring av pumpetester

28.02.2025

Oppdragsgiver: **NVE**

Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Forfatter: Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH

Billerberg 10
82266 Inning am Ammersee

ea-NVE-014-01 / StHe

Dokumentoversikt

Rapport

Vedlegg 1: Situasjonsplan målestokk 1 : 5 000: Oversiktskart grunnvannsovervåking
Vedlegg 2: Borprofiler og tegninger av grunnvannsbrønnene
Vedlegg 3: Analyse av pumpetestene i henhold til THIEM/DUPUIT
Vedlegg 4: Målinger under pumpetestene
Vedlegg 5: Fotodokumentasjon
Vedlegg 6: Kornfordelingskurver (Romerike GeoLab)

Rapport

1. Prosjektansvarlig 1
2. Bakgrunn og formål 1
3. Utført feltarbeid 1
4. Etablering av grunnvannsbrønnene 2
5. Resultater av boringen 3
6. Resultater av pumpetestene 5
7. Sammenligning av resultatene fra kornstørrelsesanalysene 7
8. Grunnvannstand / grunnvannsavstand 9
9. Andre observasjoner 9

1. Prosjektansvarlig

Prosjektansvarlig er: Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør

Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

2. Bakgrunn og formål

I forbindelse med flomsikring av Nesbyen var det allerede utført grunnundersøkelser på Nesflata, 24 prøveserier (naver-/poseprøver) og 24 totalsonderinger fra nord over øst til sør-øst for Nesbyen sentrum. Evalueringen av disse grunnundersøkelsene avdekket noen usikkerheter i pålitelig tolkning av sonderingene med hensyn til mulige lag i undergrunnen med lav permeabilitet.

Ytterligere 11 borehull ble boret og grunnvannsbrønner ble etablert for å øke kunnskapen om grunnvannsforholdene. Den hydrauliske permeabiliteten skal bestemmes ved hjelp av pumpetester.

I neste trinn skal grunnvannsbrønnene måles inn (plassering og høyde) og utstyres med trykksensorer og dataloggere for å kontinuerlig måle vannstanden i brønnene. Etter en tilstrekkelig lang registreringsperiode, som inkluderer både lave og høye vannstander, vil det foreligge et godt grunnlag for oppsett av en numerisk grunnvannsstrømningsmodell.

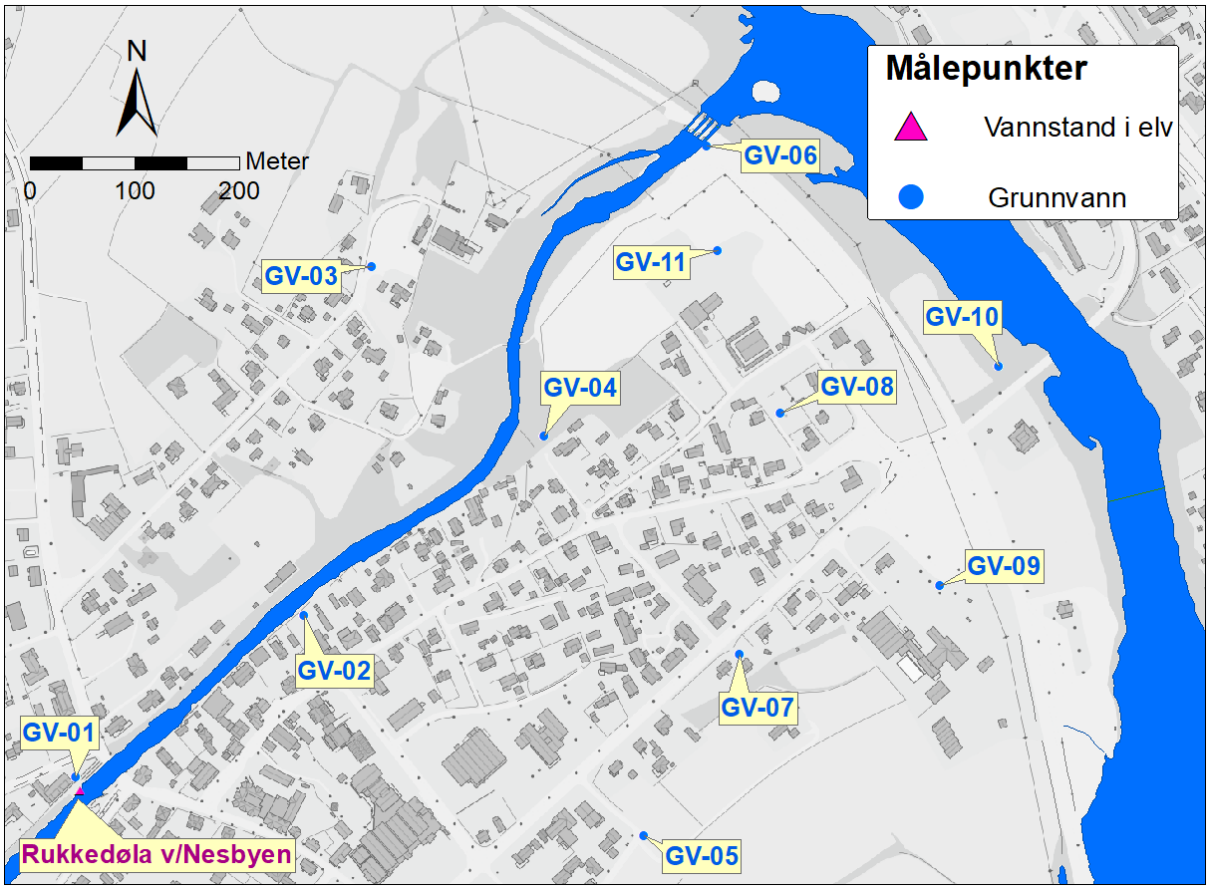
På grunn av plasseringen av noen målepunkter nær elva, kan den hydrauliske forbindelsen mellom elvene Rukkedøla og Hallingdalselva og grunnvannet vurderes.

3. Utført feltarbeid

Plasseringen av de 11 grunnvannsbrønnene på Nesflata er vist i Figur 3.1.

Boringene ble utført i perioden 25. april 2024 til 9. mai 2024 av boreselskapet *Brødrene Myhre AS*. Målepunktene ble først etablert, og det ble gjennomført prøvepumpetester. Fra 6. mai 2024 ble det gjennomført pumpetester med høyere målenøyaktighet. Denne endelige testen kunne ikke gjennomføres ved GV-10, da målepunktet ikke lenger var tilgjengelig på grunn av at Hallingdalselva hadde godt over bredden og brønnen stod i vann.

De første dagene frem til 3. mai 2024 ble det gjennomført avklaringer på telefon med operatøren av boreriggen (målepunktene GV-07 til GV-11). Mellom 6. og 9. mai 2024 var Dr. Hülmeyer fra Dr. Blasy – Dr. Øverland på stedet og førte tilsyn med opprettelsen av grunnvannsbrønnene GV-01 til GV-06 og gjennomføringen av pumpetestene.



Figur 3.1: Oversikt over lokasjoner av grunnvannsbrønner på Nesflata og vannstandsmåling i Rukkedøla

4. Etablering av grunnvannsbrønnene

Hullene ble boret ved hjelp av spyling med en borediameter på 273 mm.

Diameteren på foringsrøret (PVC, uslisset rør og filterrør med en slisseåpning på 1 mm) er 115 mm (GV-08 til GV-10) eller 125 mm (alle andre GV-er). Det ble brukt en filtergrusfylling med kornstørrelse på 2,0 - 3,2 mm.

Tabell 4.1 oppsummerer lokasjoner av målepunktene samt boredybder og brønnenes dybder, basert på innmålingene 5. juni 2024.

Tabell 4.1: Oversikt over boredybder og installasjon av brønnene på hvert målepunkt

Navn	ØV	NS	Høyde terreng [NN 2000)	Høyde topp metallrør [NN 2000)	Dybde Boring [m]	Dybde Brønn [m]	Filterør fra [m]	Filterrør til [m]	Filter [m]	Dato (Etablering målepunkt)
GV-01	505.312	6.714.834	166,25	167,26	8	8	1	8	7	06.05.2024
GV-02	505.530	6.714.989	161,53	162,38	12	10,2	3,2	10,2	7	07.05.2024
GV-03	505.595	6.715.323	156,79	157,50	9,5	9,5	1,5	9,5	8	07.05.2024
GV-04	505.760	6.715.160	158,92	159,88	12	9,7	3,7	9,7	6	06.05.2024
GV-05	505.855	6.714.777	157,54	158,40	12	9,75	2,75	9,75	7	08.05.2024
GV-06	505.916	6.715.439	155,11	155,98	6	4,2	2,2	4,2	2	09.05.2024
GV-07	505.948	6.714.952	157,38	158,36	12	9,1	2,1	9,1	7	02.05.2024
GV-08	505.986	6.715.183	157,24	157,96	6	5,3	2,3	5,3	3	25.04.2024
GV-09	506.139	6.715.018	156,02	156,91	9	7	3	7	4	26.04.2024
GV-10	506.196	6.715.228	154,19	155,16	6	4,2	2,2	4,2	2	29.04.2024
GV-11	505.926	6.715.338	155,78	156,65	9	5,1	2,1	5,1	3	02.05.2024

5. Resultater av boringen

Det ble ikke tatt uforstyrrede prøver på grunn av boremetoden med spyling som ble brukt. Overganger mellom lag kan derfor ikke bestemmes nøyaktig, men med tilstrekkelig nøyaktighet. Grovere sedimenter (stein) ble gjenkjent ved at boringen gikk sakte og det ble hentet ut knust materiale.

I utgangspunktet er det en inhomogen lagdeling av fluviale avsetninger med vekslende sanddominerte og grusdominerte sedimenter.

I tre tilfeller (GV-06, GV-08 og GV-11) ble det påtruffet kohesive enheter av betydelig tykkelse (desimeter). Sammenhengende lag med lav permeabilitet (silt/leire, morene) ble ikke påtruffet.

De ellers stort sett finkornfrie (silt/leire) sedimentene forventes å ha høy hydraulisk permeabilitet.

Vedlegg 2 inneholder boreprofiler og tegninger av grunnvannsbrønnene; vedlegg 5 fotodokumentasjon av feltarbeidet fra 6. mai 2024.

6. Resultater av pumpetestene

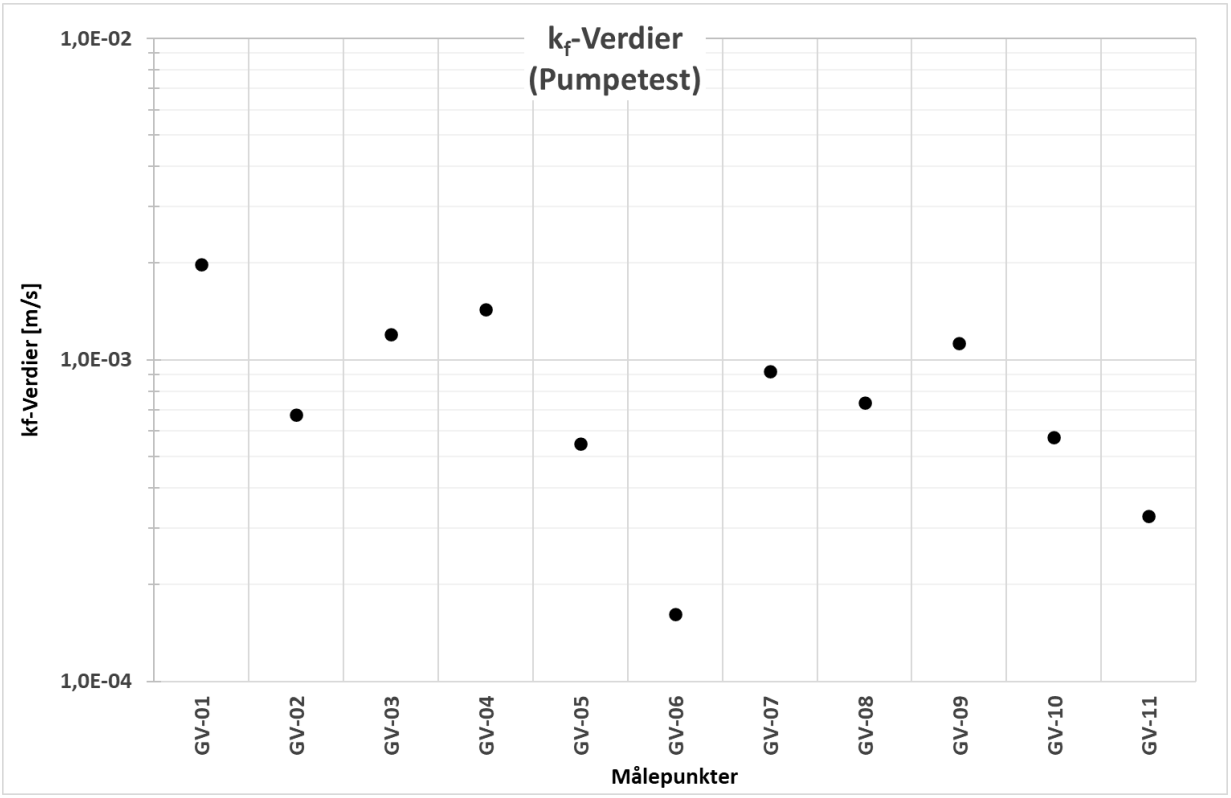
Analysene av de stasjonære grunnvannssenkningene fra pumpetestene i henhold til THIEM/DUPUIT finnes i vedlegg 3. Vedlegg 4 inneholder registreringene av grunnvannssenkningene under pumpetestene. Figur 6.1 og Figur 6.2 viser resultatene grafisk.

Resultatene av analysene av pumpetestene er oppsummert i Tabell 6.1.

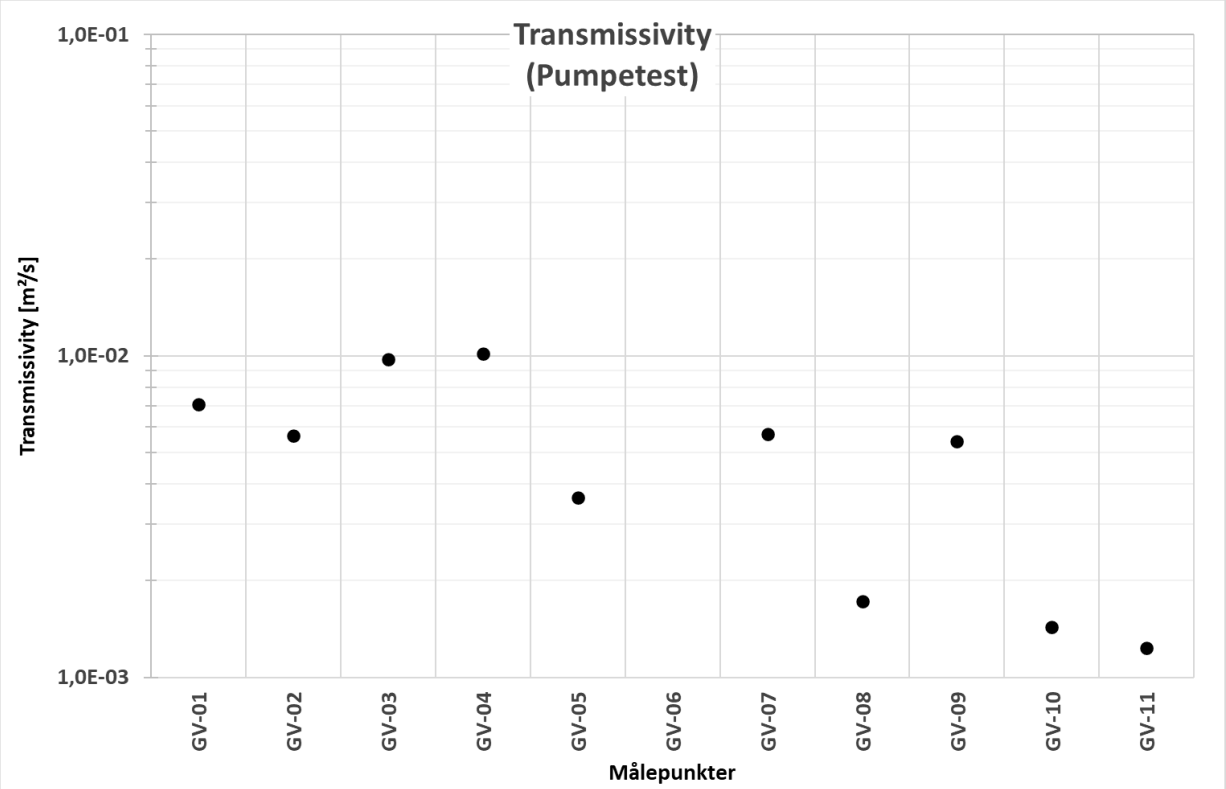
Tabell 6.1: Sammendrag av resultatene fra pumpetester

Navn	Dato	Grunnvanns-nivå	Vann-uttak	Senkning	k_f-Verdier	Trans-missivitet
[-]	[-]	[m u. MP]	[l/s]	[m]	[m/s]	[m²/s]
GV-01	08.05.2024	5,47	3,6	0,54	2,0E-03	7,1E-03
GV-02	08.05.2024	2,73	3,6	0,61	6,8E-04	5,7E-03
GV-03	09.05.2024	2,06	3,6	0,33	1,2E-03	9,8E-03
GV-04	08.05.2024	3,56	3,6	0,32	1,4E-03	1,0E-02
GV-05	09.05.2024	3,94	3,6	1,08	5,5E-04	3,6E-03
GV-06	10.05.2024	1,00	1,0	2,07	1,6E-04	6,5E-04
GV-07	07.05.2024	3,90	3,5	0,62	9,2E-04	5,7E-03
GV-08	08.05.2024	3,71	0,9	0,56	7,4E-04	1,7E-03
GV-09	07.05.2024	3,03	3,6	0,71	1,1E-03	5,4E-03
GV-10	30.04.2024	2,50	1,5	1,75	5,7E-04	1,4E-03
GV-11	07.05.2024	2,28	2,0	2,98	3,3E-04	1,2E-03
				Geometrischer Mittelwert:	**7,3E-04**	**3,5E-03**

Den endelige pumpetesten ved målepunkt GV-10 kunne ikke gjennomføres siden vannstanden i Hallingdalselva hadde steget i mellomtiden, noe som gjorde målepunktet utilgjengelig (se fotodokumentasjon). Her ble de foreløpige pumpetestdataene brukt fra umiddelbart etter at grunnvannsbrønnen var etablert.



Figur 6.1: Hydraulisk permeabilitet ved grunnvannsbrønnene (k_f-verdier)



Figur 6.2: Transmissivitetsverdier ved grunnvannsbrønnene

Middelverdien av den hydrauliske permeabiliteten er **k_f = 7,3 x 10^{-04} m/s**. Den gjennomsnittlige transmissiviteten, produktet av permeabilitet og grunnvannstykkelse, er T = 3,5 x 10^{-03} m/s.

Det er en viss usikkerhet knyttet til grunnvannstykkelsen som skal legges til grunn for de oppgitte verdiene, da det ikke ble nådd bunnen av akviferen i noen av brønnene (sluttdyp opptil 11 m). Tykkelsen mellom grunnvannsoverflaten og filterrørets underkant ble derfor brukt. Dette kan føre til en (liten) overestimering av permeabiliteten.

7. Sammenligning av resultatene fra kornstørrelsesanalysene

Romerike Geo-Lab utførte kornstørrelsesanalyser basert på våtsikting og slemmeanalyser på ti prøver fra seks av borehullene fra grunnundersøkelsene. De tilhørende kornfordelingskurvene finnes i vedlegg 6. I henhold til bildene av naverprøvene inneholder prøvene kohesive andeler.

Merknader til beregningsmetoden:

Det finnes flere formler for å beregne den hydrauliske permeabiliteten på grunnlag av kornfordelingskurver, f.eks. i henhold til BIALAS, HAZEN, BEYER eller SEELHEIM.

k_f-verdiberegning i henhold til HAZEN: $k_f = 0{,}01160 \times d_{10}^2$

k_f-verdiberegning i henhold til BIALAS: $k_f = 0{,}00360 \times d_{20}^{2,3}$

k_f-verdiberegning i henhold til SEELHEIM: $k_f = 0{,}00357 \times d_{50}^2$

En faktor i disse empirisk bestemte formlene er basert på korndiameteren til prøven som er bestemt ved hjelp av våtsikting og slemmeanalyse opp til en karakteristisk massefraksjon av prøven. For eksempel betyr betegnelsen d_{50} = 0,008 mm at 50 % (masseandel) av prøven har en korndiameter < 0,008 mm.

De ulike beregningsmetodene er basert på forskjellige karakteristiske massefraksjoner (f.eks. HAZEN d_{10}, BIALAS d_{20}, SEELHEIM d_{50}). HAZEN og BIALAS metodene krever at graderingstallet $C_u = d_{60}/d_{10}$ ikke skal være større enn 5. Ettersom graderingstallet i de aktuelle prøvene vanligvis er godt over 5, kan disse to metodene strengt tatt ikke brukes. For å sammenligne resultatene ble imidlertid k_f-verdiene først beregnet ved hjelp av alle metodene.

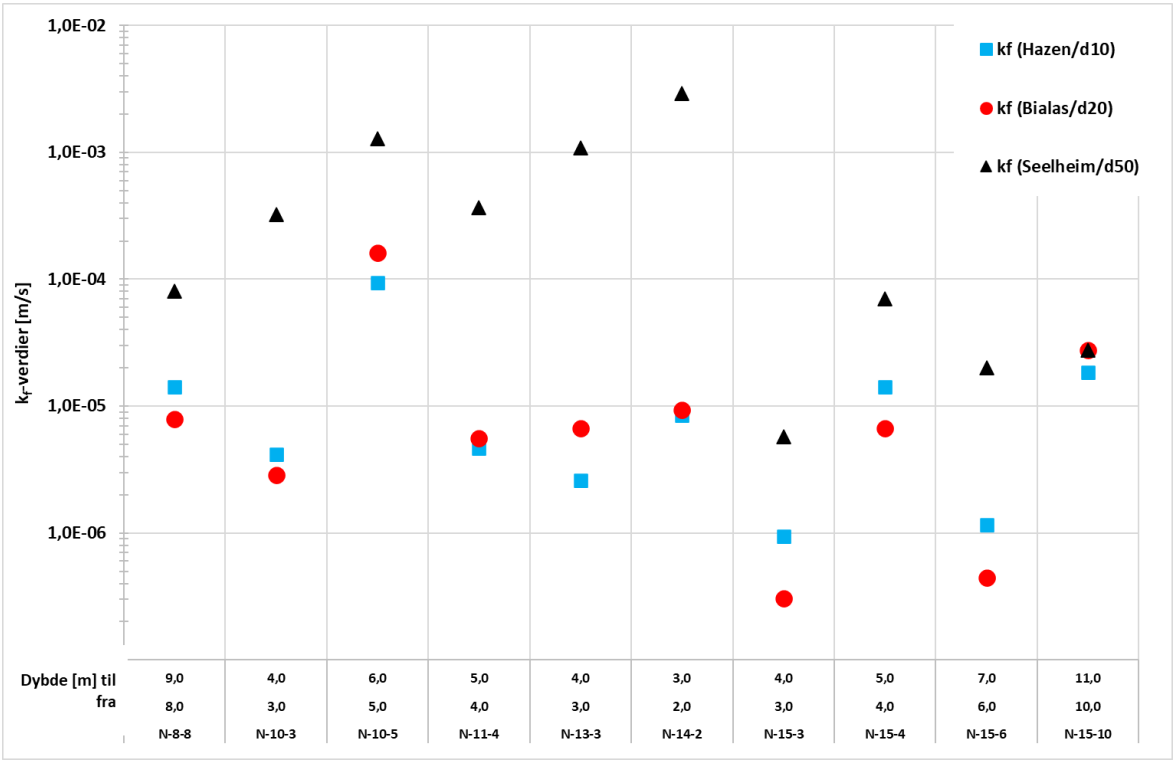
Beregningsresultatene er vist i Figur 7.1. Tabell 7.1 inneholder en oppsummering av alle resultater med detaljer om prøvetakingsdybde og klassifisering av kornsammensetningen.

SEELHEIM metoden gir generelt betydelig høyere permeabiliteter, ettersom det også tas hensyn til masseandelen til de større kornfraksjonene. Resultatene fra BIALAS og HAZEN metodene viser derimot bare mindre forskjeller.

Det pekes også på at den faktiske kornfordelingen i den uforstyrrede undergrunnen kan påvirkes av boremetoden (naverprøver) og prøvetakingen, f.eks. ved knusing eller selektiv prøvetaking. Resultatene gir likevel en god indikasjon på variasjonen og størrelsen på den hydrauliske permeabiliteten.

Sju prøver har et innhold av svært fine korn (silt/leire) på < 20 %. Ved bruk av SEELHEIM metoden (inkludering av de grovere kornfraksjonene; også tillatt for U > 5) gir disse prøvene en beregnet middelverdi på **$k_f = 3{,}7 \times 10^{-04}$ m/s.**

Prøvene N-8-8, N-15-3 og N-15-6 har et silt-/ leirinnhold på 25 til 60 % og gir lavere k_f-verdier (6×10^{-06} til 8×10^{-05} m/s). Den samlede gjennomsnittsverdien for alle prøvene er $k_f = 1{,}7 \times 10^{-04}$ m/s.



Figur 7.1: Hydraulisk permeabilitet (k_f-verdier; bestemt ut fra kornfordelingsanalyser)

Tabell 7.1: Oversikt over prøvene og resultatene fra kornfordelingsanalysene

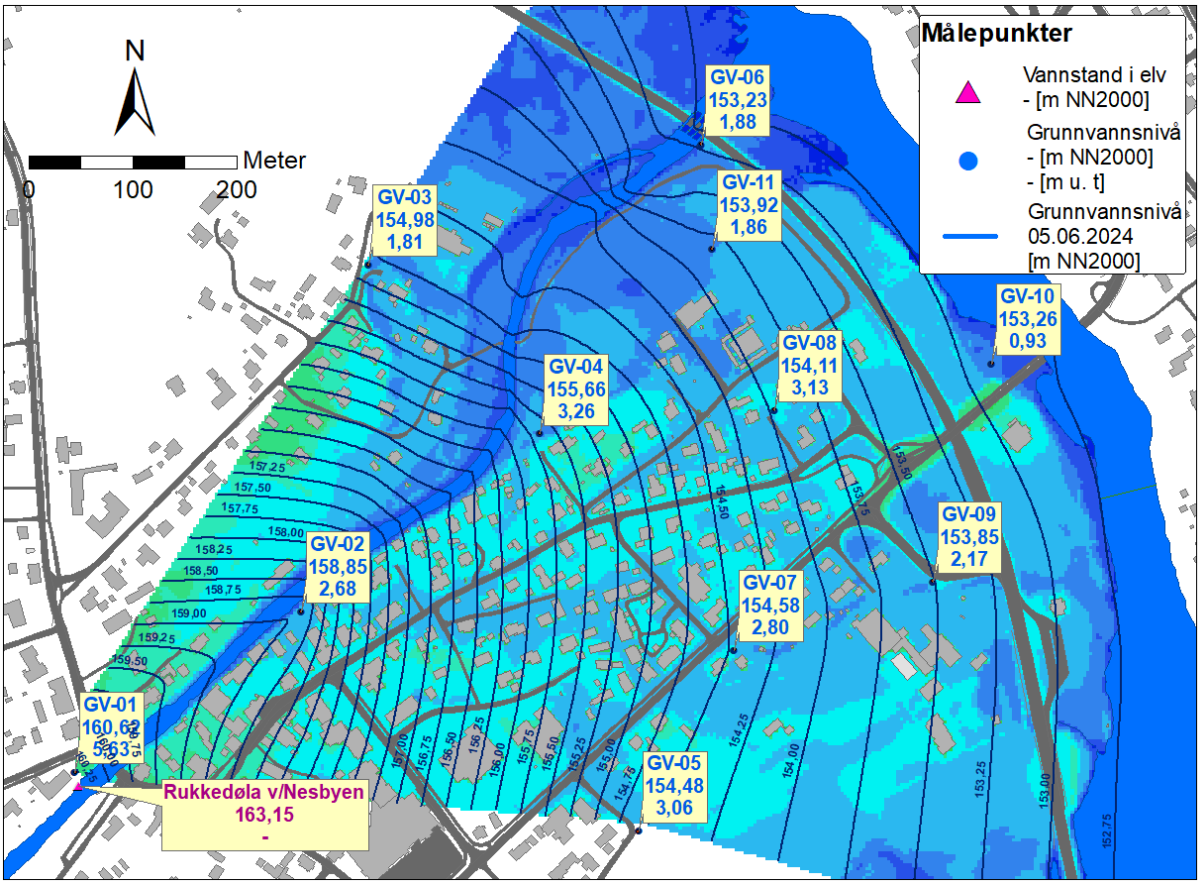
Boring	Dybde fra	Dybde til	Materiale	U (d_{60}/d_{10})	k_f (Seelheim/d_{50})	k_f (Bialas/d_{20})	k_f (Hazen/d_{10})
N-8-8	8,0	9,0	Siltig sand	4,9	8,0E-05	7,9E-06	1,4E-05
N-10-3	3,0	4,0	Siltig sandig, grusig	36,8	3,2E-04	2,9E-06	4,2E-06
N-10-5	5,0	6,0	Sand	8,3	1,3E-03	1,6E-04	9,4E-05
N-11-4	4,0	5,0	Siltig, sandig, grusig	35,0	3,7E-04	5,6E-06	4,6E-06
N-13-3	3,0	4,0	Siltig sand	46,7	1,1E-03	6,7E-06	2,6E-06
N-14-2	2,0	3,0	Sandig, grusig, siltig	74,1	2,9E-03	9,3E-06	8,5E-06
N-15-3	3,0	4,0	Sandig silt	6,1	5,7E-06	3,1E-07	9,4E-07
N-15-4	4,0	5,0	Siltig sand	4,6	7,0E-05	6,7E-06	1,4E-05
N-15-6	6,0	7,0	Siltig, sandig	9,5	2,0E-05	4,5E-07	1,2E-06
N-15-10	10,0	11,0	Grusig, sandig	27,5	2,7E-05	2,7E-05	1,9E-05
			Gjennomsnitt	**27,6**	**1,7E-04**	**5,4E-06**	**6,1E-06**

8. Grunnvannstand / grunnvannsavstand

I etterkant av feltarbeidet ble grunnvannsbrønnene målt inn, og kartet over grunnvannsnivåene ble oppdatert.

Tabell 8.1 oppsummerer grunnvannsnivåene [m over NN2000] og grunnvannsavstand [m under terreng] som ble påtruffet.

Figur 8.1 viser grunnvannsnivåene og vannstanden i Rukkedøla den 5. juni 2024.



Figur 8.1: Grunnvannsnivå (isolinjer, moh) og grunnvannsavstand [m.u.t.] ved målepunktene og vannstand [moh] i Rukkedøla 5. juni 2024

Tabell 8.1: Oversikt over grunnvannsnivåer 5. juni 2024

Navn	Grunnvanns-nivå [m NN 2000]	Grunnvanns-nivå [m u.rørtopp.]	Grunnvanns-nivå [m u. t.]	Dato
GV-01	160,62	6,64	5,63	05.06.2024
GV-02	158,85	3,53	2,68	05.06.2024
GV-03	154,98	2,52	1,81	05.06.2024
GV-04	155,66	4,22	3,26	05.06.2024
GV-05	154,48	3,92	3,06	05.06.2024
GV-06	153,23	2,75	1,88	05.06.2024
GV-07	154,58	3,78	2,80	05.06.2024
GV-08	154,11	3,85	3,13	05.06.2024
GV-09	153,85	3,06	2,17	05.06.2024
GV-10	153,26	1,90	0,93	05.06.2024
GV-11	153,92	2,73	1,86	05.06.2024

Ytterligere funn med hensyn til grunnvannsavstander:

Det ble grovt anslått at grunnvannstanden ved målepunktene GV-01 (ved Rukkedøla v/Nesbyen) og GV-04 i kort avstand fra Rukkedøla lå ca. 2 m under vannstanden målt i elva. Det kan derfor antas at elvebunnen er delvis tettet i disse områdene.

9. Andre observasjoner

I området ved markedsplassen, ved GV-11, ble det påvist utvasking i undergrunnen. Boringer i synkehullene avdekket større hulrom mellom steinblokker i ett tilfelle (størrelse: desimeter; se fotodokumentasjon). Analysen av historiske flyfoto fra 1970-tallet viser den tidligere elveviften til Rukkedøla i dette området. Det dreier seg antakelig om utvaskinger i undergrunnen som følge av flommen under ekstremværet «Hans» i august 2023.

Inning am Ammersee, 28.02.2025

Dr. Blasy – Dr. Øverland Ingenieure GmbH

i.V. Dr. Stefan Hülmeyer
Avdelingsleder

Vedlegg 1

Situasjonsplan målestokk 1 : 5 000:
Oversiktskart grunnvannsovervåking

N

Meter
0 100 200

Tegnforklaring

- Vannstand i elv
- Boring med profil
- Grunnvannsmålepunkt
- Grunnvannsnivå 08./09.05.2024 [m NN2000]

Terrenghøyde [moh]

> 200	183,1 - 184,0	166,1 - 167,0
199,1 - 200,0	182,1 - 183,0	165,1 - 166,0
198,1 - 199,0	181,1 - 182,0	164,1 - 165,0
197,1 - 198,0	180,1 - 181,0	163,1 - 164,0
196,1 - 197,0	179,1 - 180,0	162,1 - 163,0
195,1 - 196,0	178,1 - 179,0	161,1 - 162,0
194,1 - 195,0	177,1 - 178,0	160,1 - 161,0
193,1 - 194,0	176,1 - 177,0	159,1 - 160,0
192,1 - 193,0	175,1 - 176,0	158,1 - 159,0
191,1 - 192,0	174,1 - 175,0	157,1 - 158,0
190,1 - 191,0	173,1 - 174,0	156,1 - 157,0
189,1 - 190,0	172,1 - 173,0	155,1 - 156,0
188,1 - 189,0	171,1 - 172,0	154,1 - 155,0
187,1 - 188,0	170,1 - 171,0	153,1 - 154,0
186,1 - 187,0	169,1 - 170,0	152,1 - 153,0
185,1 - 186,0	168,1 - 169,0	151,1 - 152,0
184,1 - 185,0	167,1 - 168,0	< 150

GV-01 Rukkedøla v/Nesbyen
GV-02
GV-03
GV-04
GV-05
GV-06
GV-07
GV-08
GV-09
GV-10
GV-11

A-1
A-2
A-3

Prosjekt: **Flomsikring Nesbyen**

Prosjektnr.: ea-NVE-014-01

Vedlegg 1

Plannr.: 001

Målestokk 1:5.000

Oversiktskart Grunnvannsovervåkning

	Dato	Navn
Konsept	Mai 2024	Hülmeyer
Tegnet	Mai 2024	Hülmeyer
Kontroll.	Mai 2024	Hanke

Oppdragsgiver:

Norges vassdrags- og energidirektorat
Region sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Dato Signatur

Planlegging:

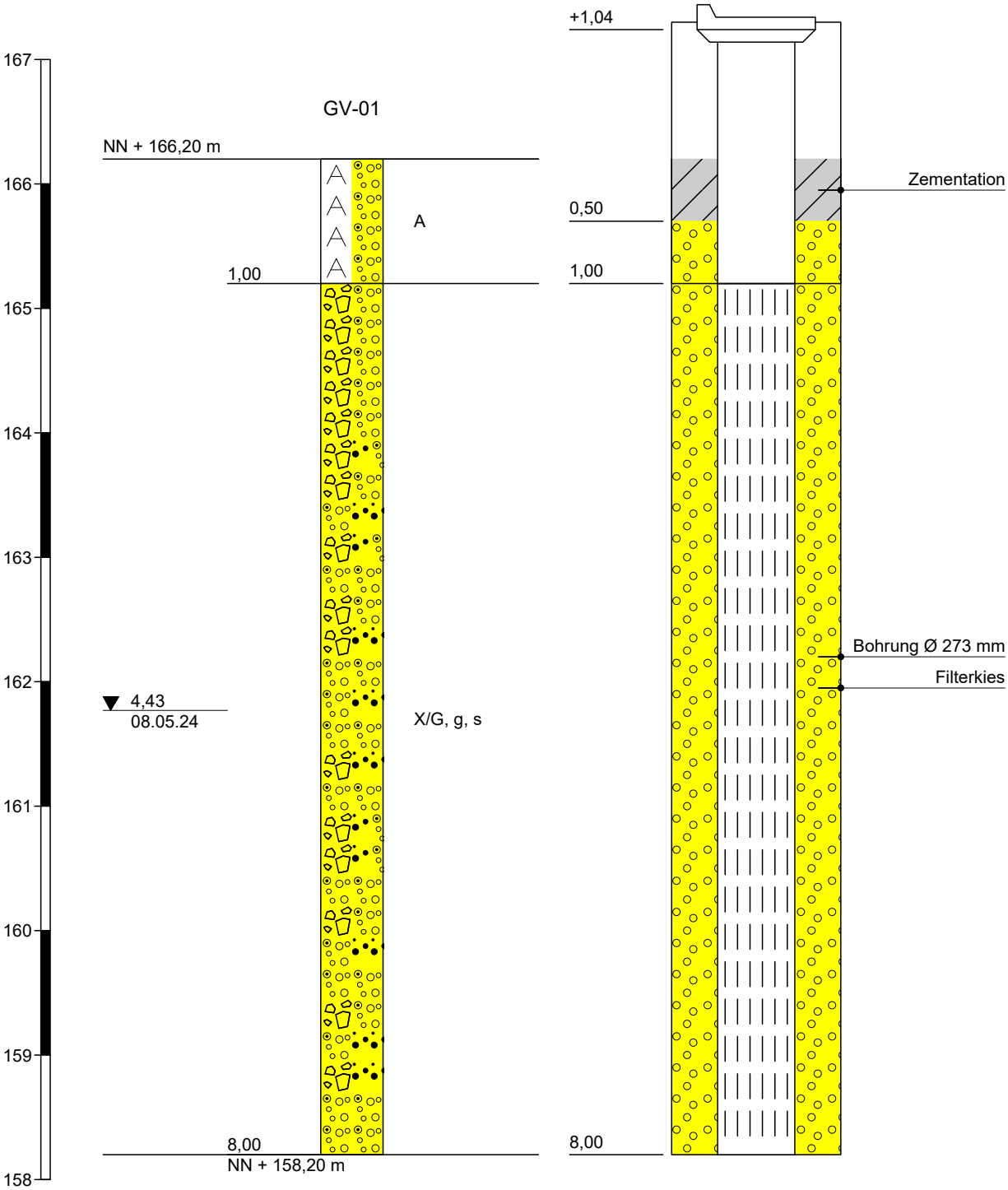
BKW ENGINEERING Dr. Blasy Dr. Øverland

Dato 13.05.2024 Signatur

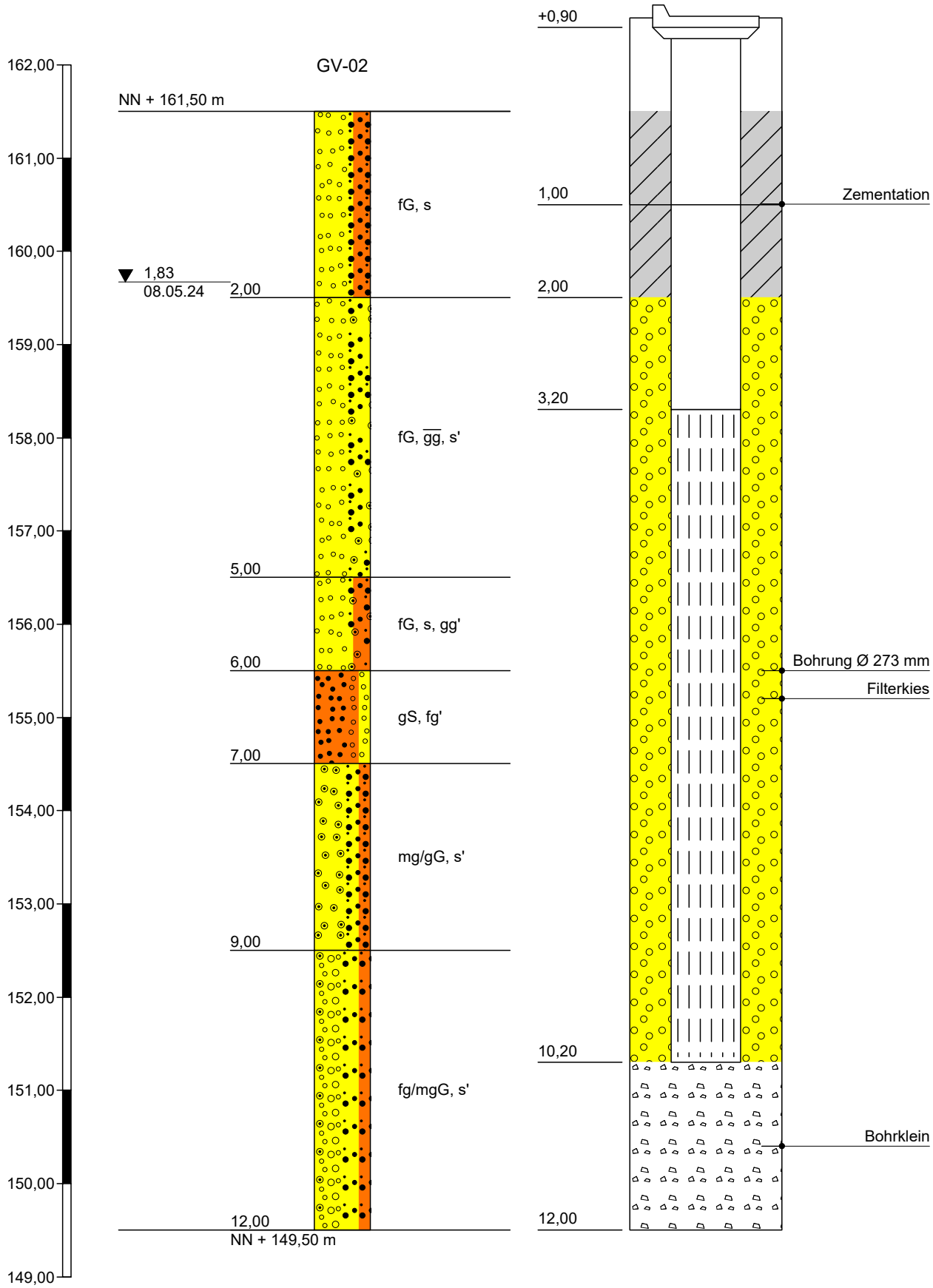
Vedlegg 2

Borprofiler og tegninger av grunnvannsbrønnene

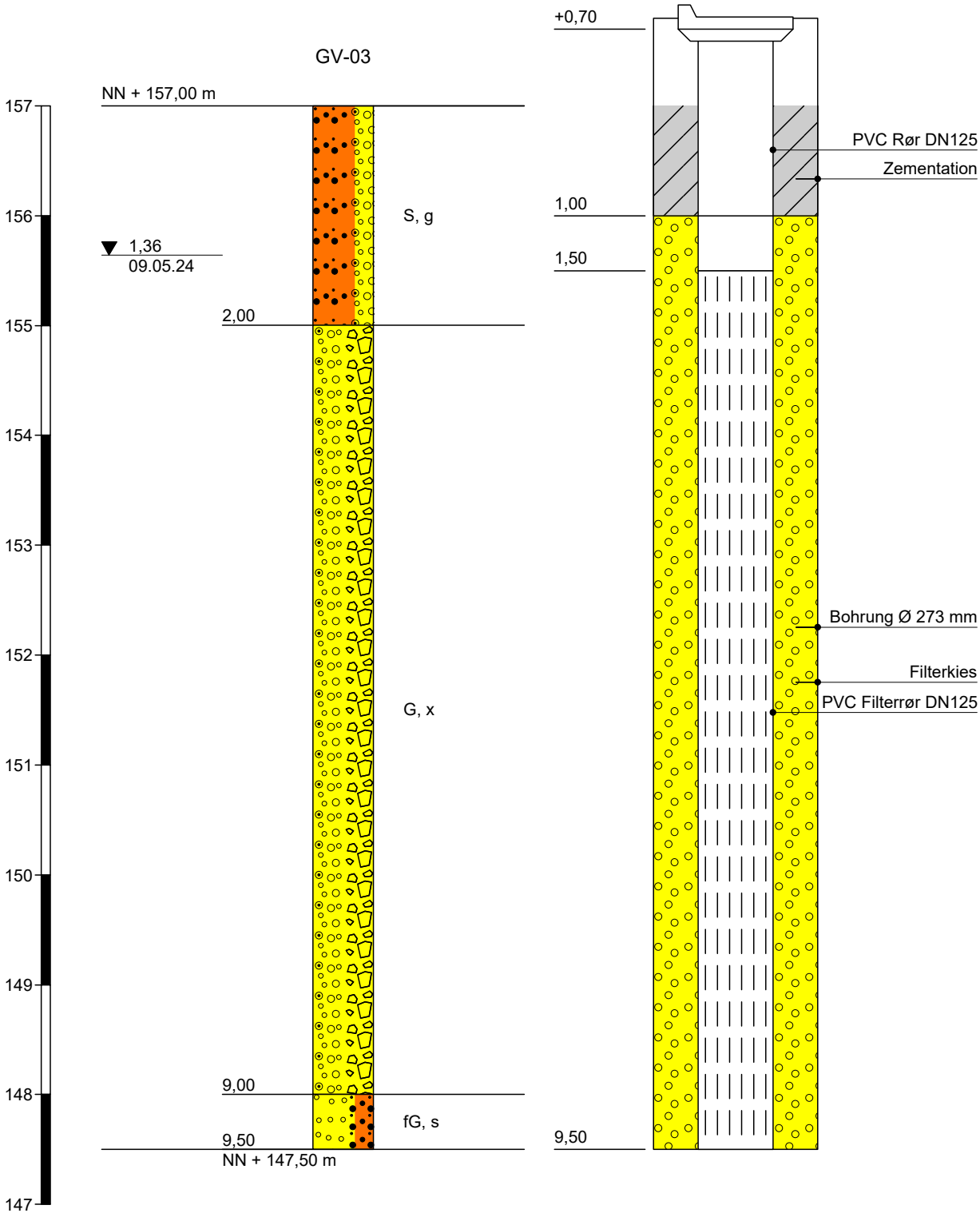
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



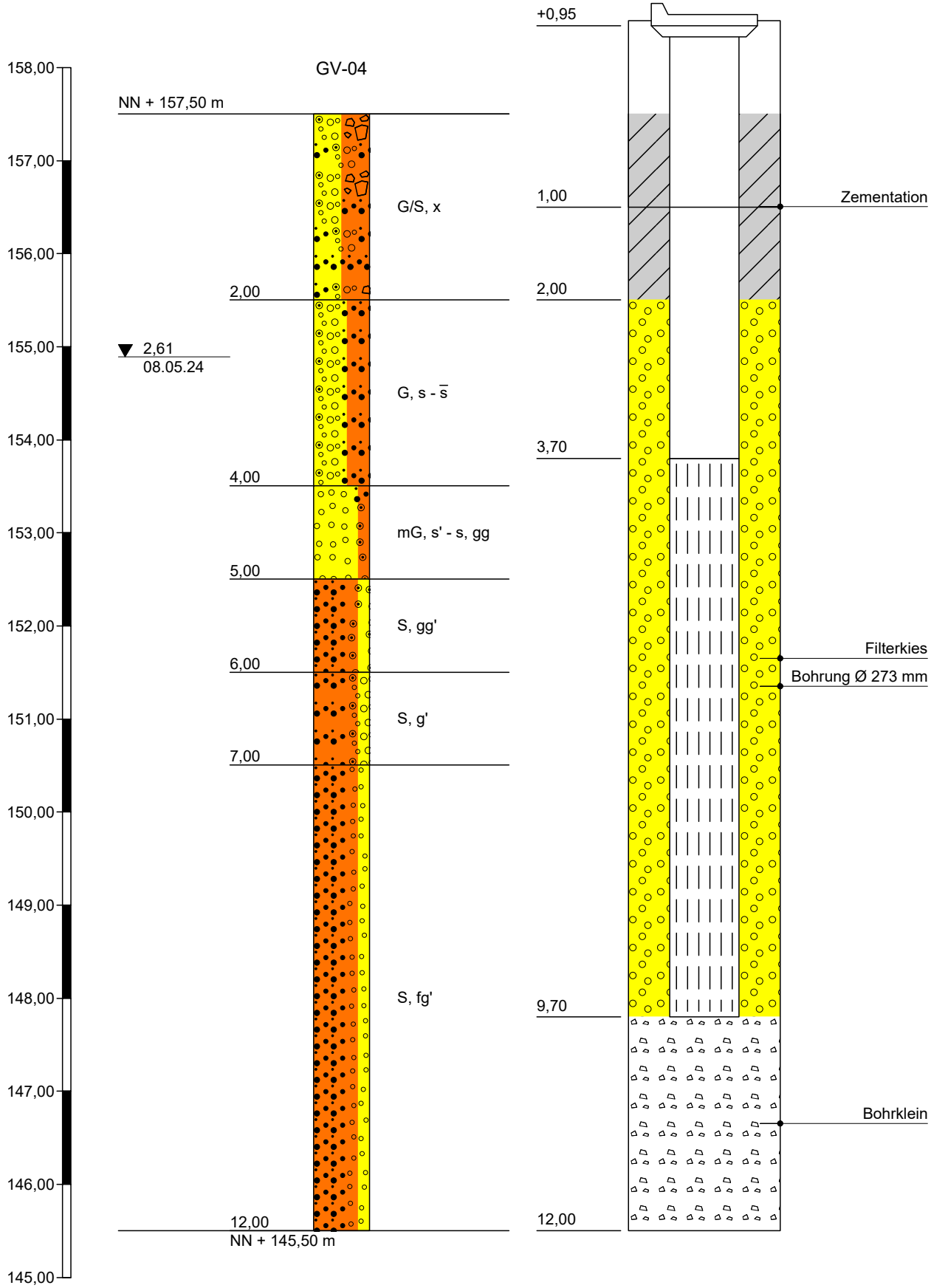
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Dr. Blasy - Dr. Øverland
Ingenieure GmbH
Moosstraße 3
82279 Eching am Ammersee

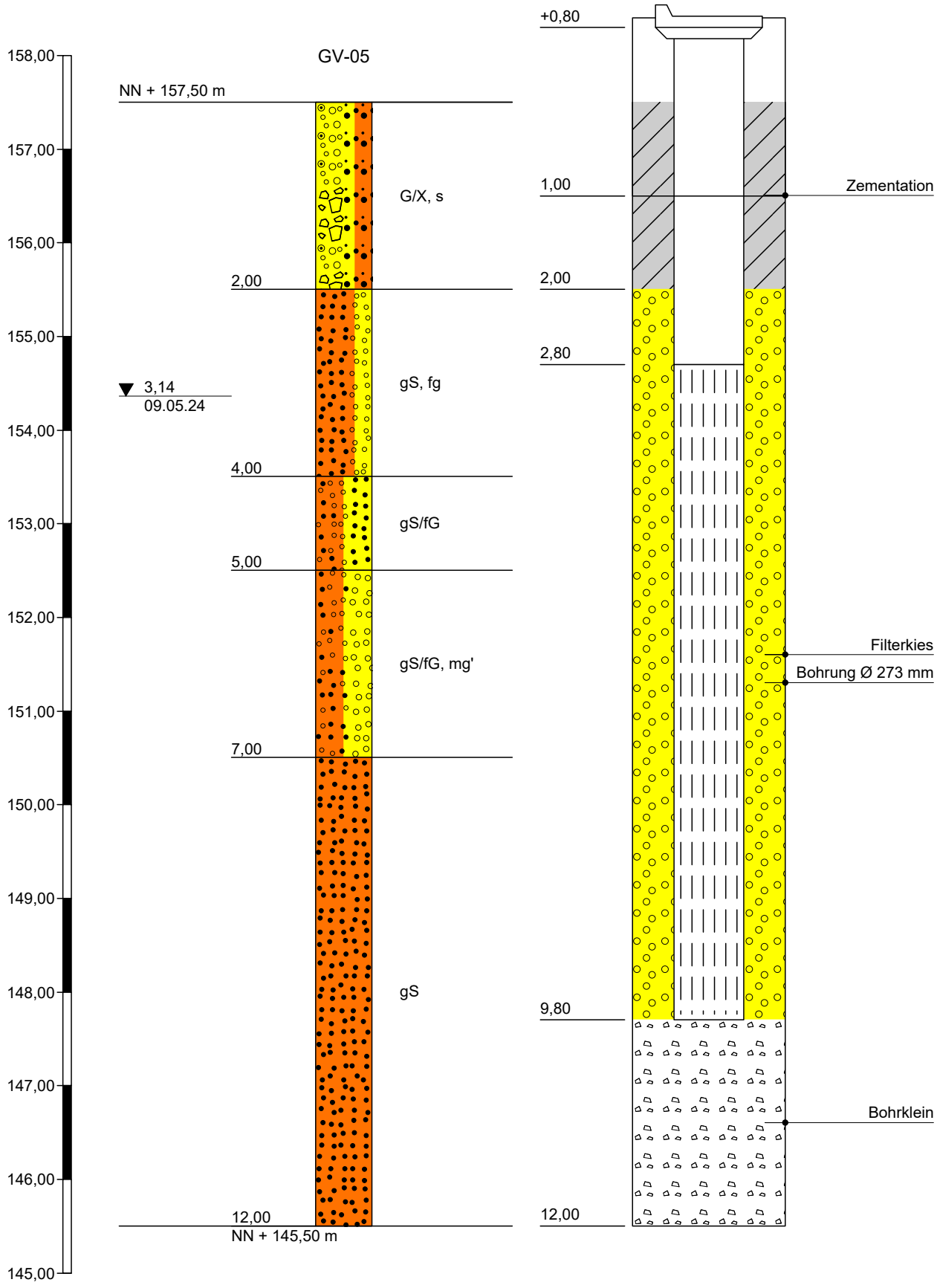
Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023

Anlage 02

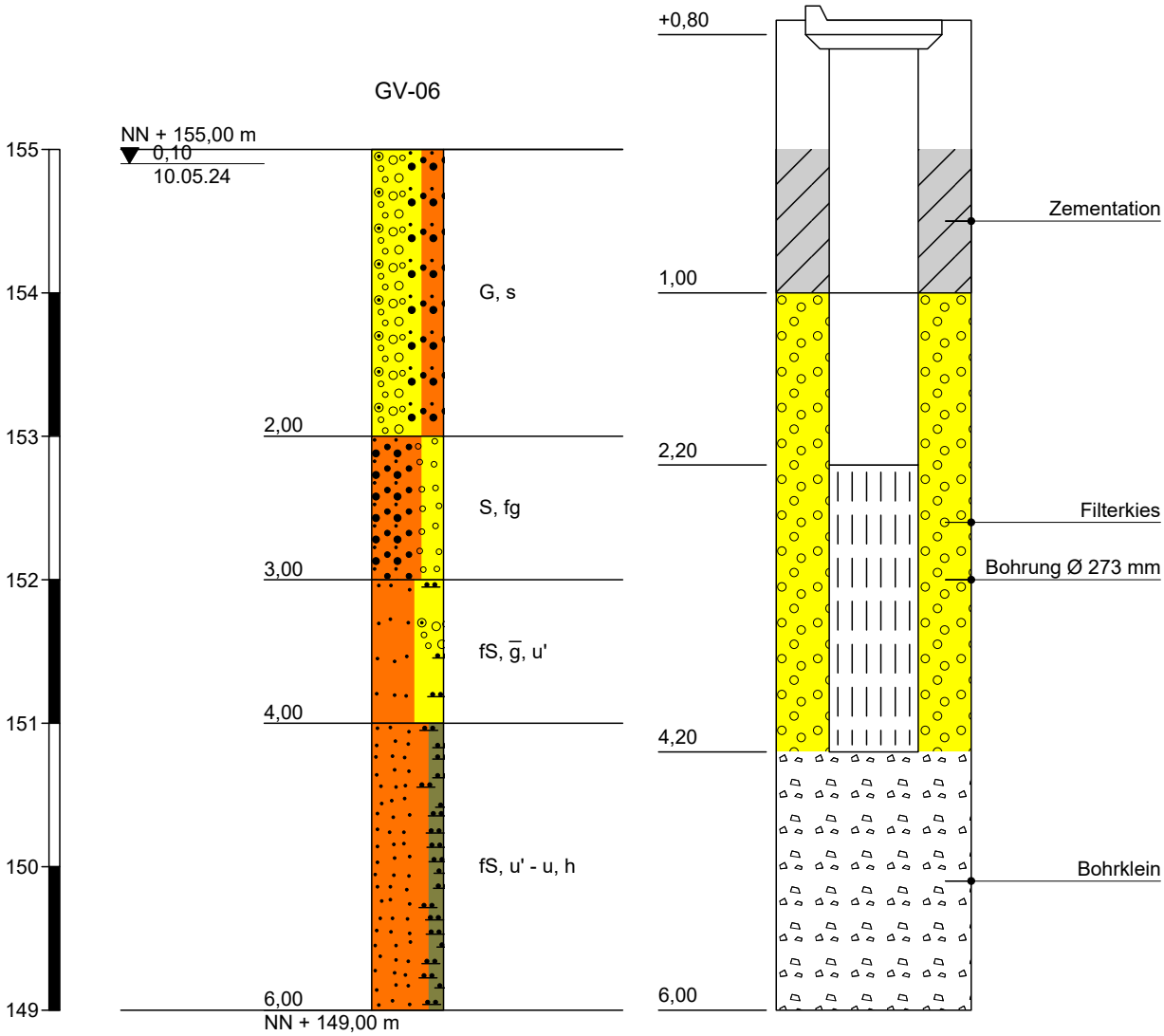
Projekt: Flomsikring Nesbyen

Auftraggeber: NVE

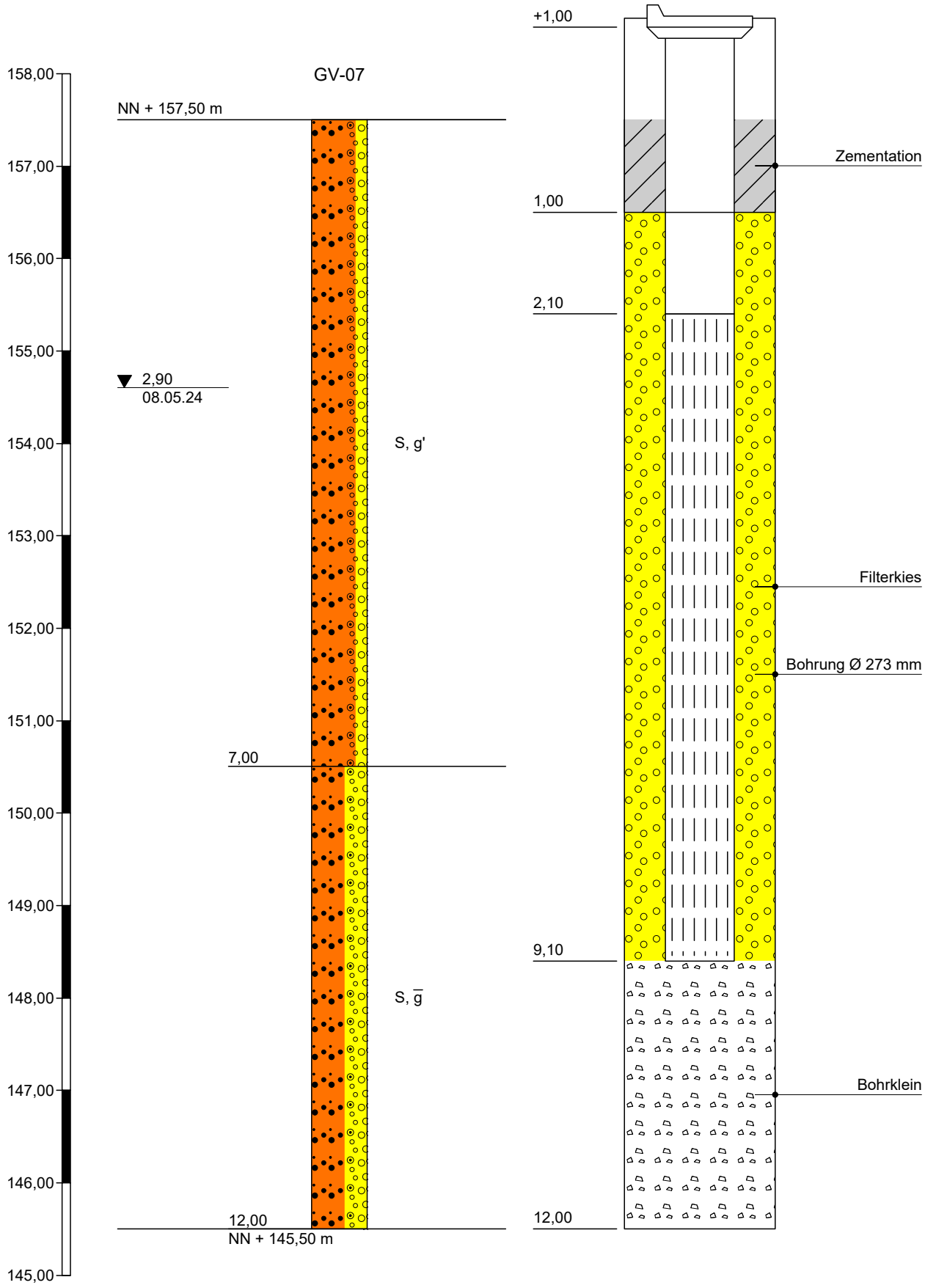
Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



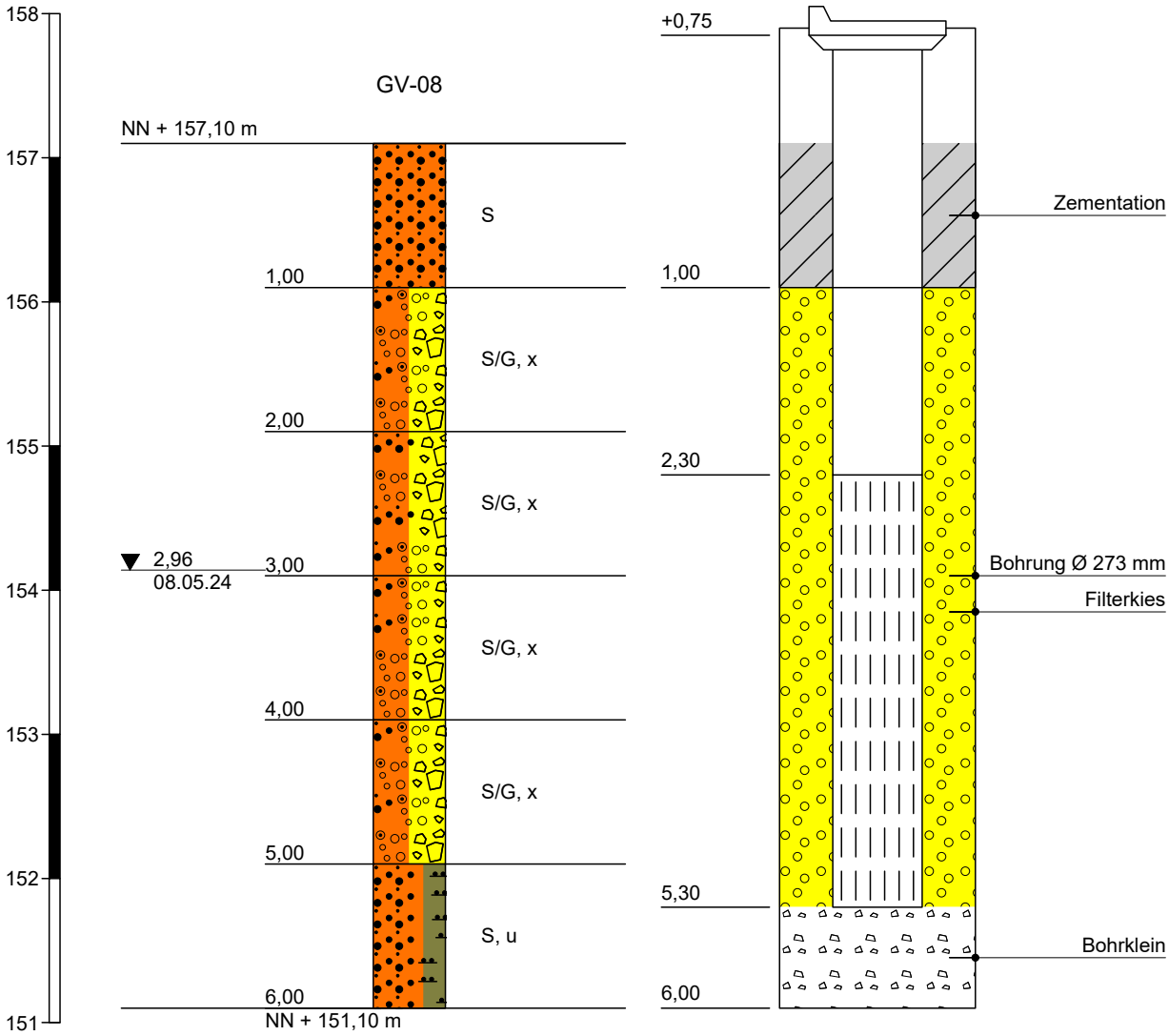
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 09.05.24



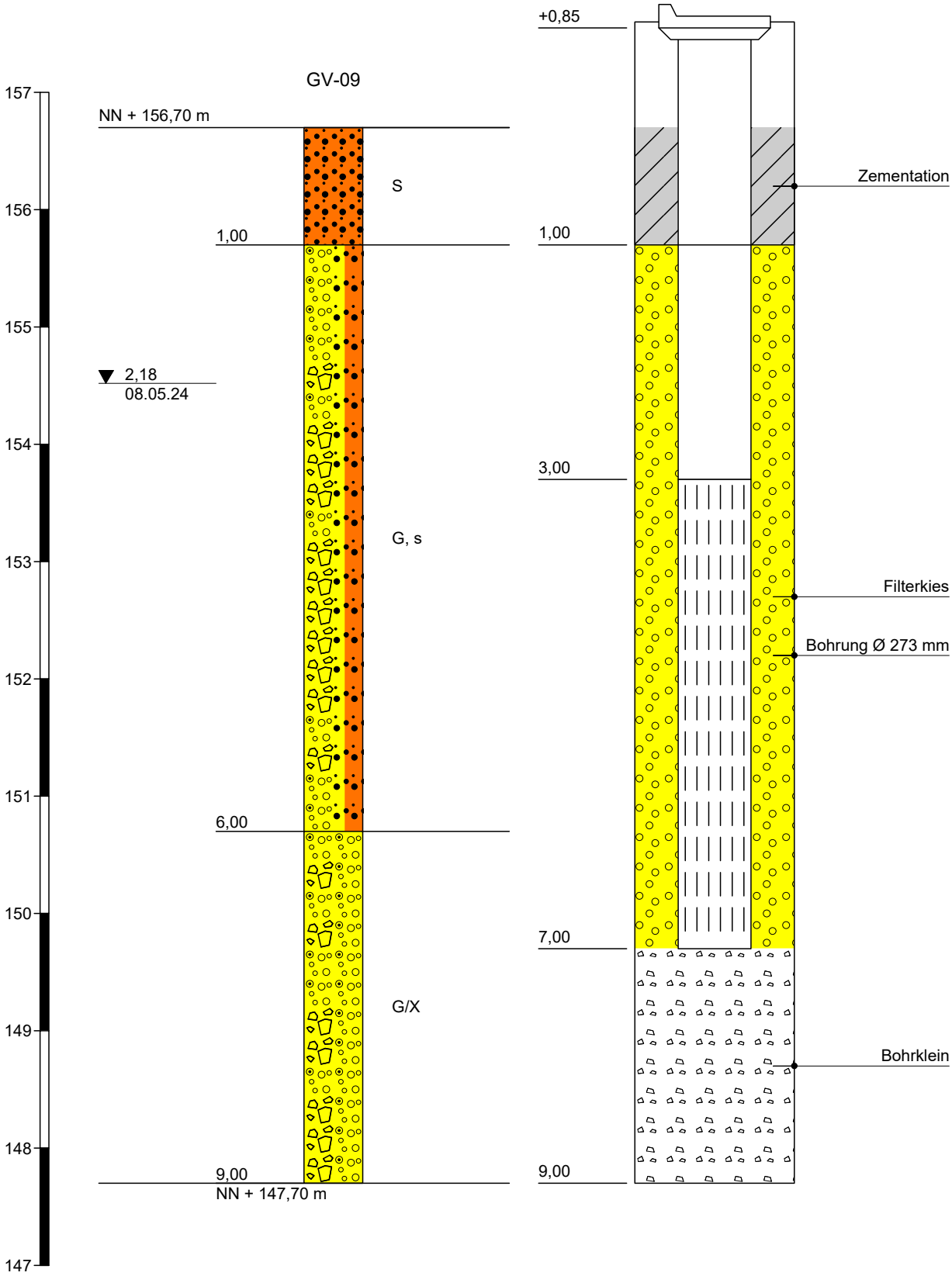
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



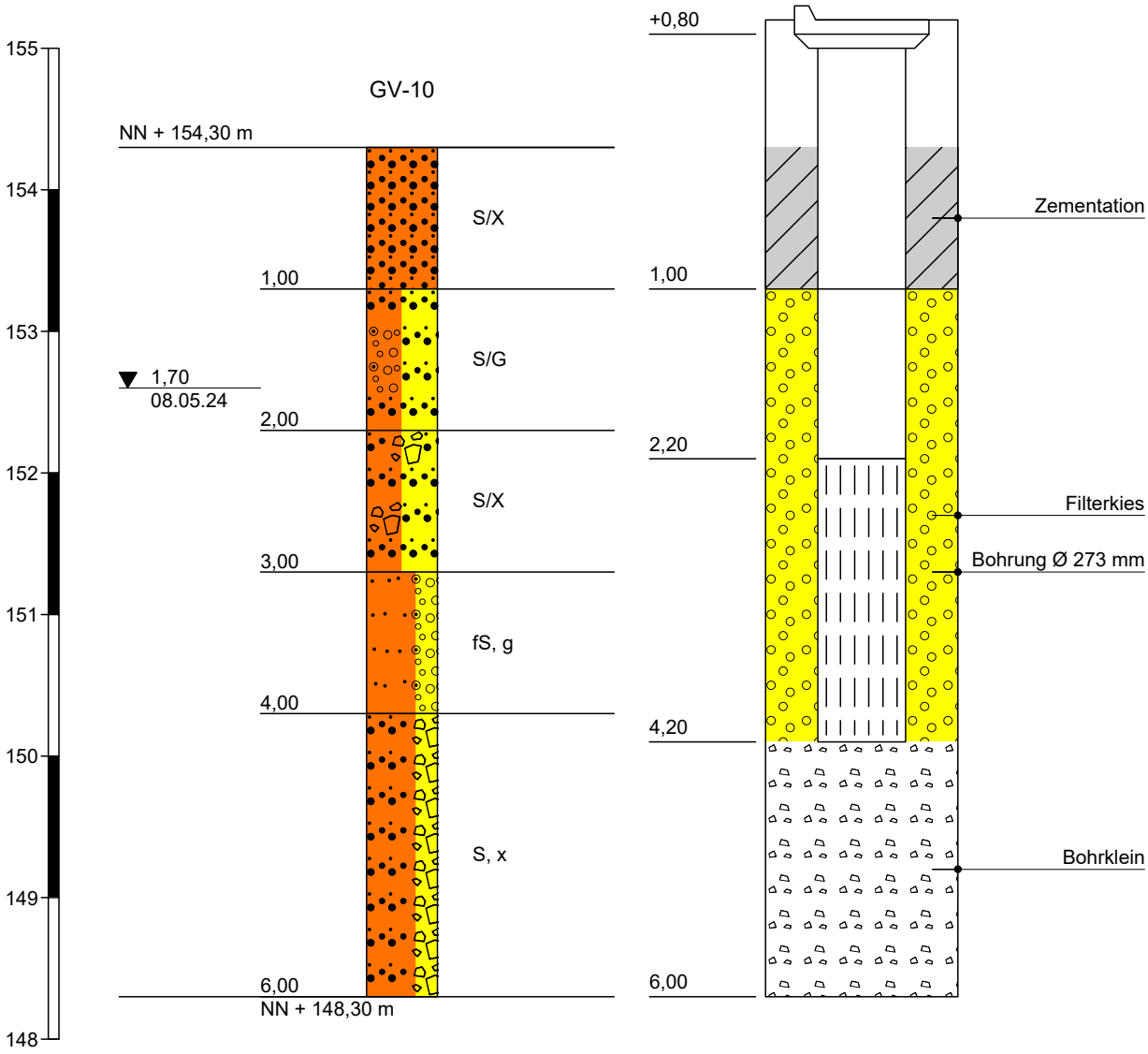
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



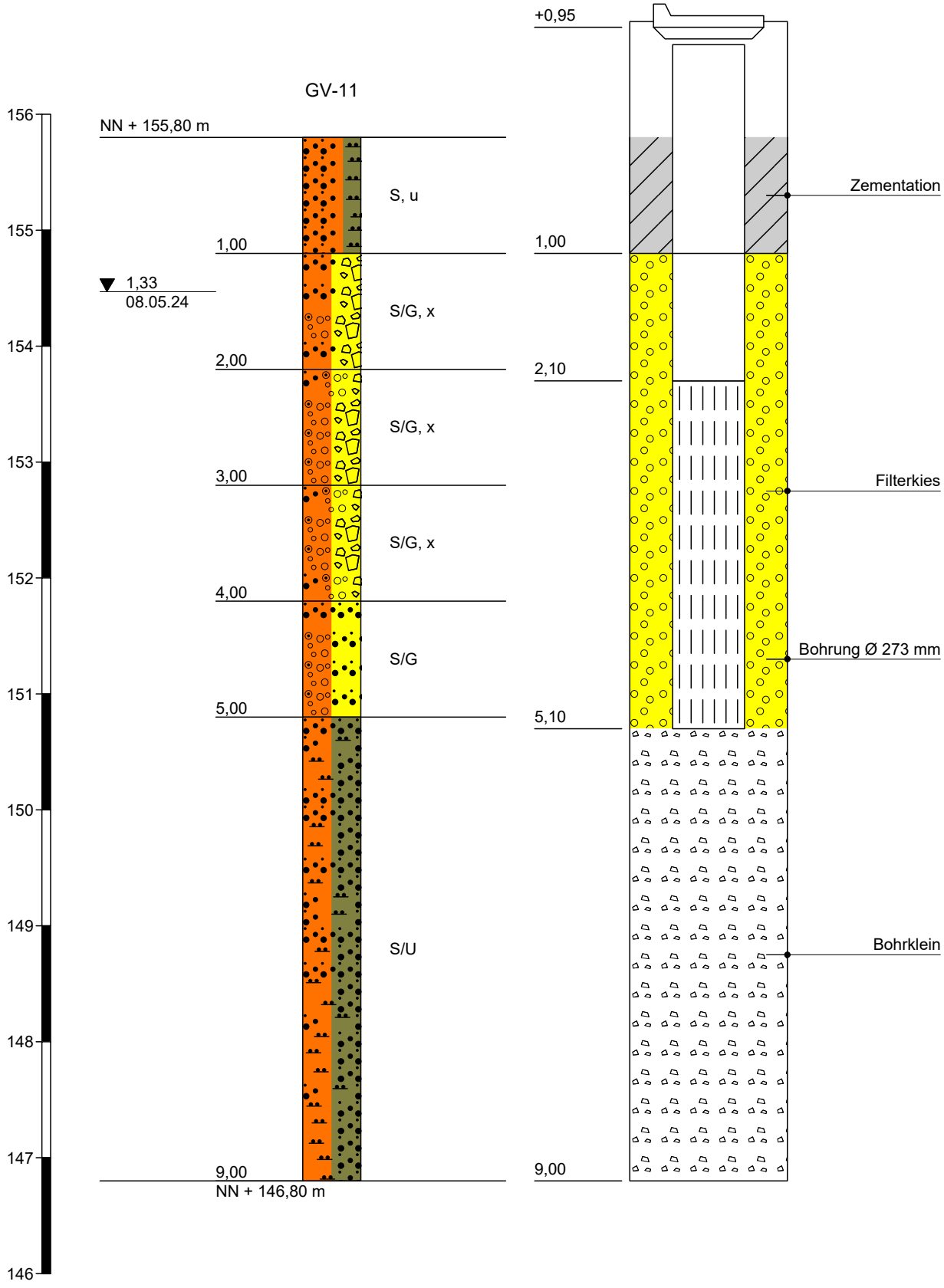
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH Moosstraße 3 82279 Eching am Ammersee	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Anlage 02 Projekt: Flomsikring Nesbyen Auftraggeber: NVE Bearb.: Hülmeyer | Datum: 08.05.24



Vedlegg 3

Analyse av pumpetestene i henhold til THIEM/DUPUIT

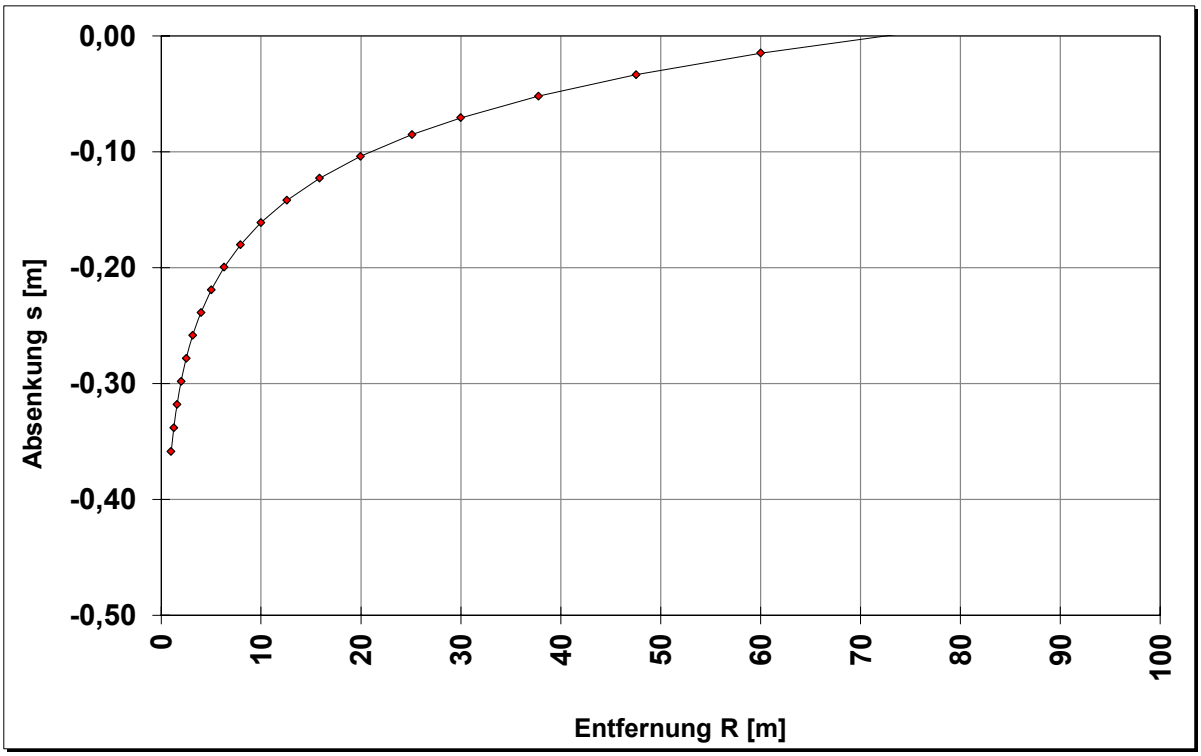
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**08.05.2024**
Pegel	**GV-01**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**	
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136		
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,57**	0,0036	Geologie:	Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**5,47**		Bodenart:	
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**6,01**	0,54	MP = Terreng + 1,04 m	
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**3,60**			
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%		
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**			

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**72**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**2,0E-03**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**7,1E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**1,00**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**250**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**8,00**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**40**	Filterrohr (OK/UK):	**1,00**	**8,00**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**1,71**	Länge Filterstrecke:		**7,00**



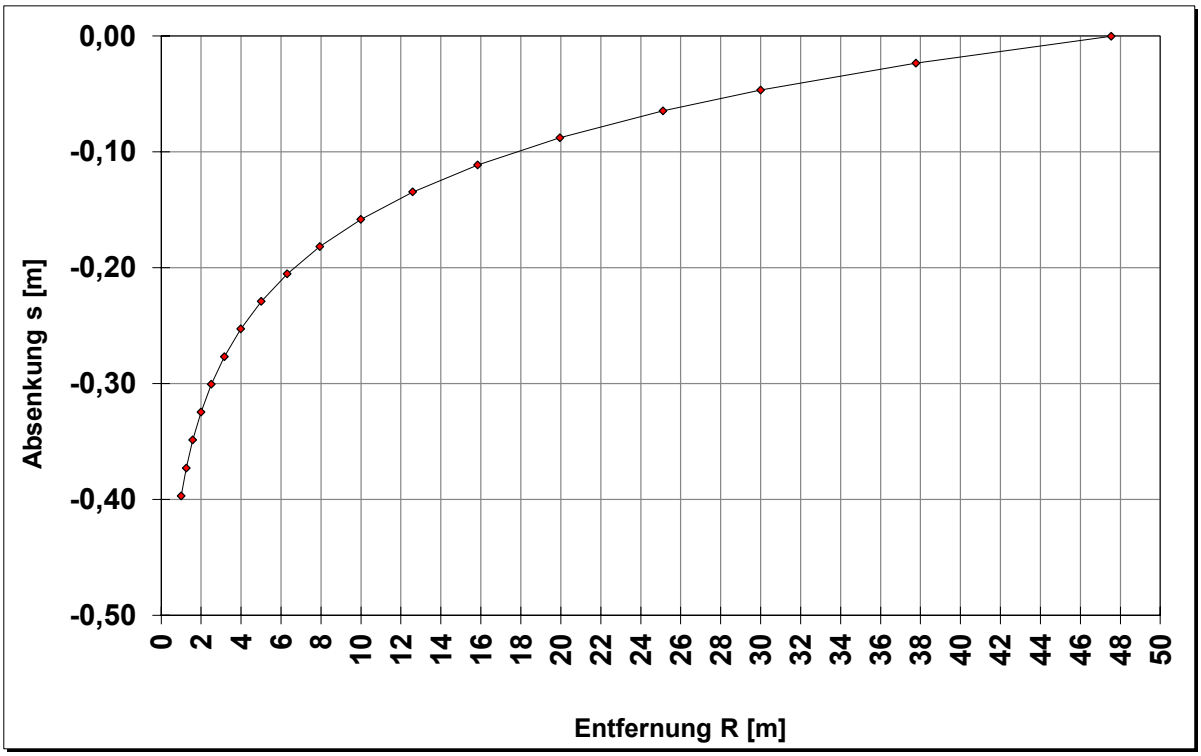
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**08.05.2024**
Pegel	**GV-02**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,58**	0,0036	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**2,73**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**3,34**	0,61	MP = Terreng + 0,9 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**8,40**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**48**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**6,8E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**5,7E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**3,20**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**315**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**10,20**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**50**	Filterrohr (OK/UK):	**3,20**	**10,20**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,58**	Länge Filterstrecke:		**7,00**



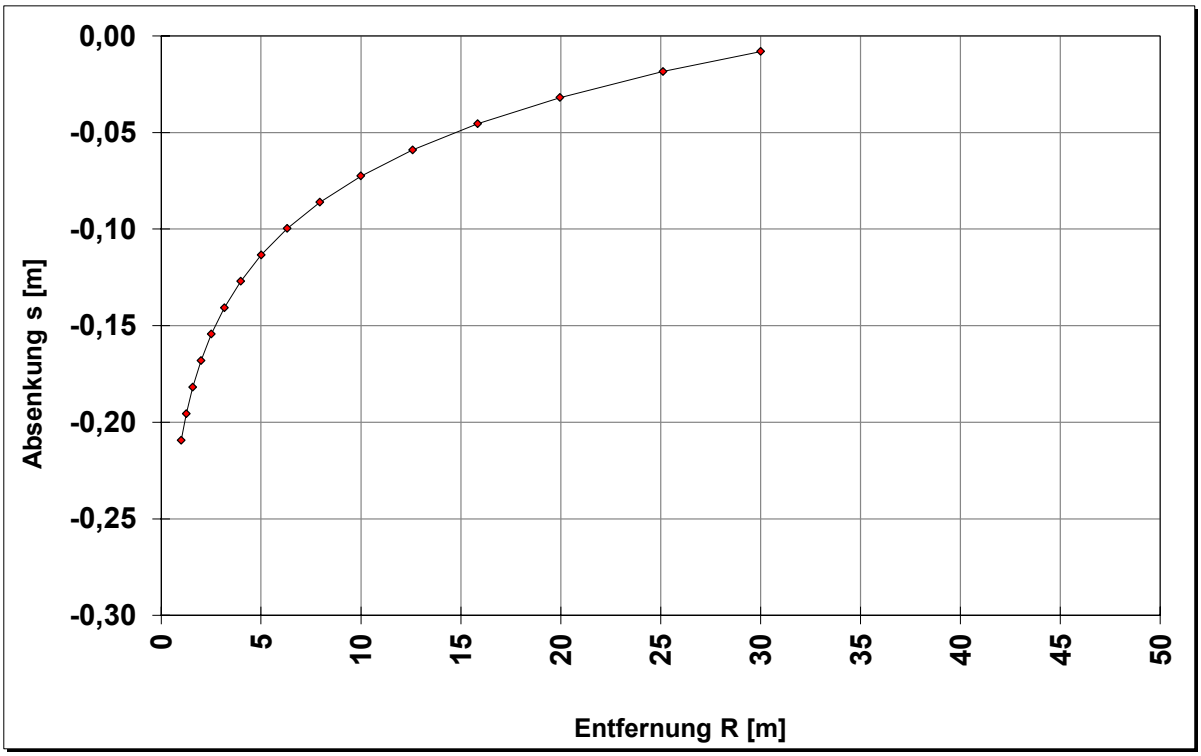
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**09.05.2024**
Pegel	**GV-03**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,57**	0,0036	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**2,06**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**2,39**	0,33	MP = Terreng + 0,7 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**8,10**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**34**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**1,2E-03**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**9,7E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**1,50**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**184**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**9,50**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**29**	Filterrohr (OK/UK):	**1,50**	**9,50**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**1,04**	Länge Filterstrecke:		**8,00**



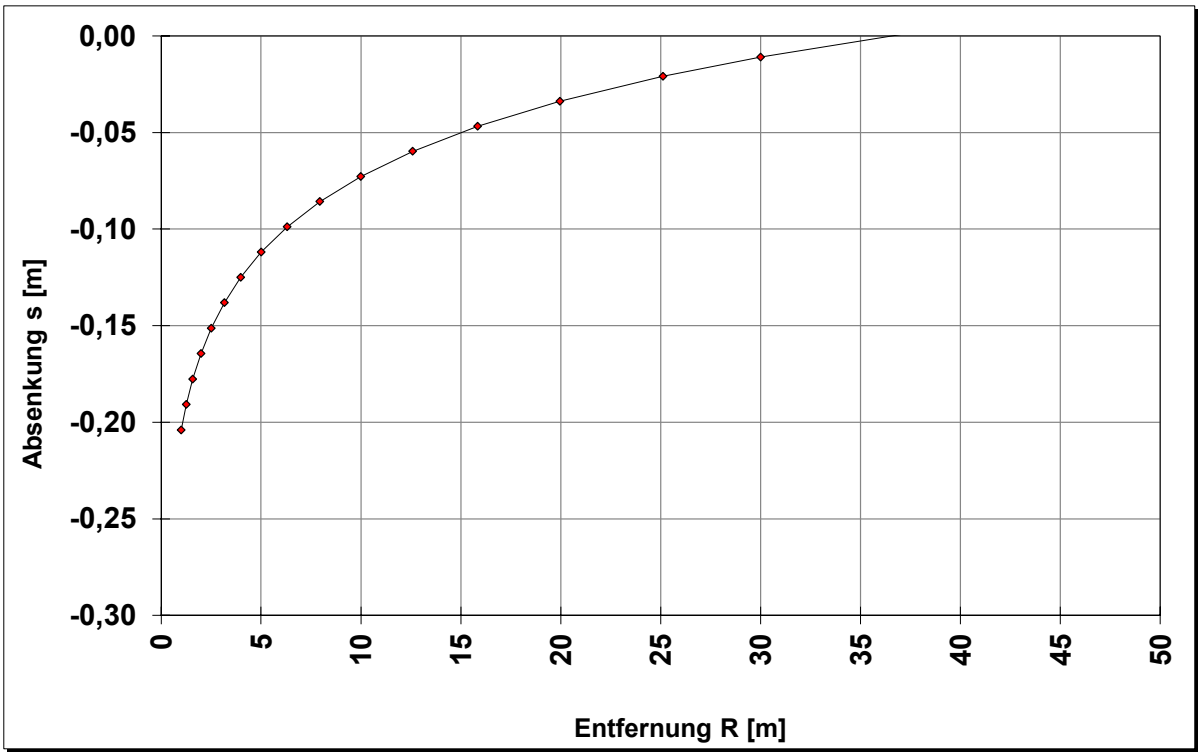
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**08.05.2024**
Pegel	**GV-04**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,58**	0,0036	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**3,56**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**3,88**	0,32	MP = Terreng + 0,95 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**7,10**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**36**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**1,4E-03**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**1,0E-02**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**3,70**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**176**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**9,70**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**28**	Filterrohr (OK/UK):	**3,70**	**9,70**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**1,24**	Länge Filterstrecke:		**6,00**



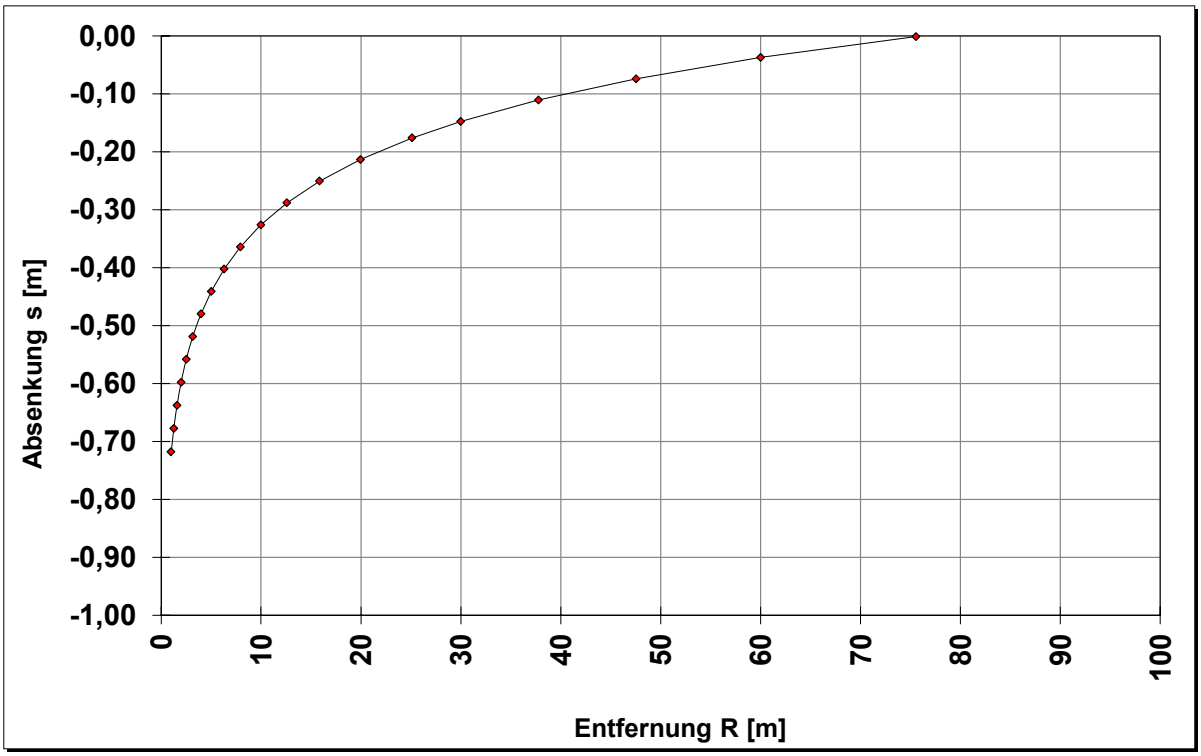
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**09.05.2024**
Pegel	**GV-05**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,57**	0,0036	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**3,94**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**5,02**	1,08	MP = Terreng + 0,8 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**6,60**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**76**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**5,5E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**3,6E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,80**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**492**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**9,80**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**78**	Filterrohr (OK/UK):	**2,80**	**9,80**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,47**	Länge Filterstrecke:		**7,00**



Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**10.05.2024**
Pegel	**GV-06**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**0,98**	0,0010	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**1,00**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**3,07**	2,07	MP = Terreng + 0,8 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**4,00**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**79**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**1,6E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**6,5E-04**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,20**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**757**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**4,20**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**121**	Filterrohr (OK/UK):	**2,20**	**4,20**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,14**	Länge Filterstrecke:		**2,00**

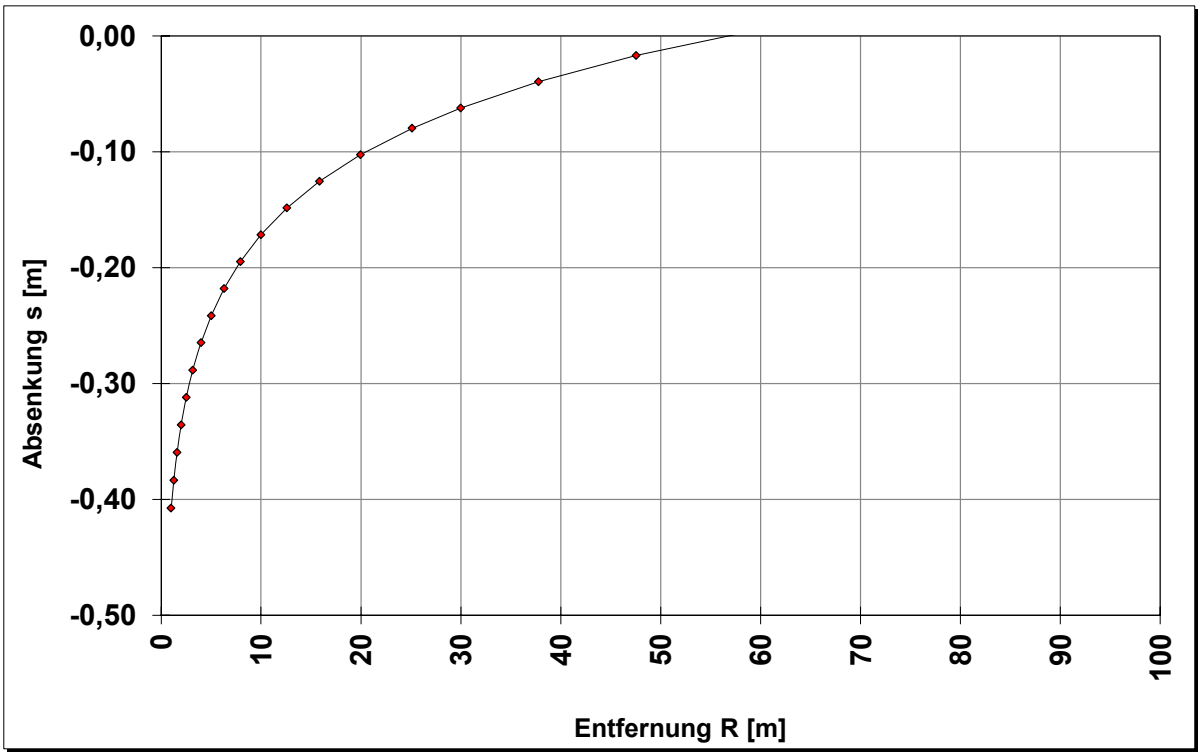
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**07.05.2024**
Pegel	**GV-07**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,50**	0,0035	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**3,90**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**4,52**	0,62	MP = Terreng + 1,0 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**6,20**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**57**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**9,2E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**5,7E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,10**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**307**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**9,10**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**49**	Filterrohr (OK/UK):	**2,10**	**9,10**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,79**	Länge Filterstrecke:		**7,00**



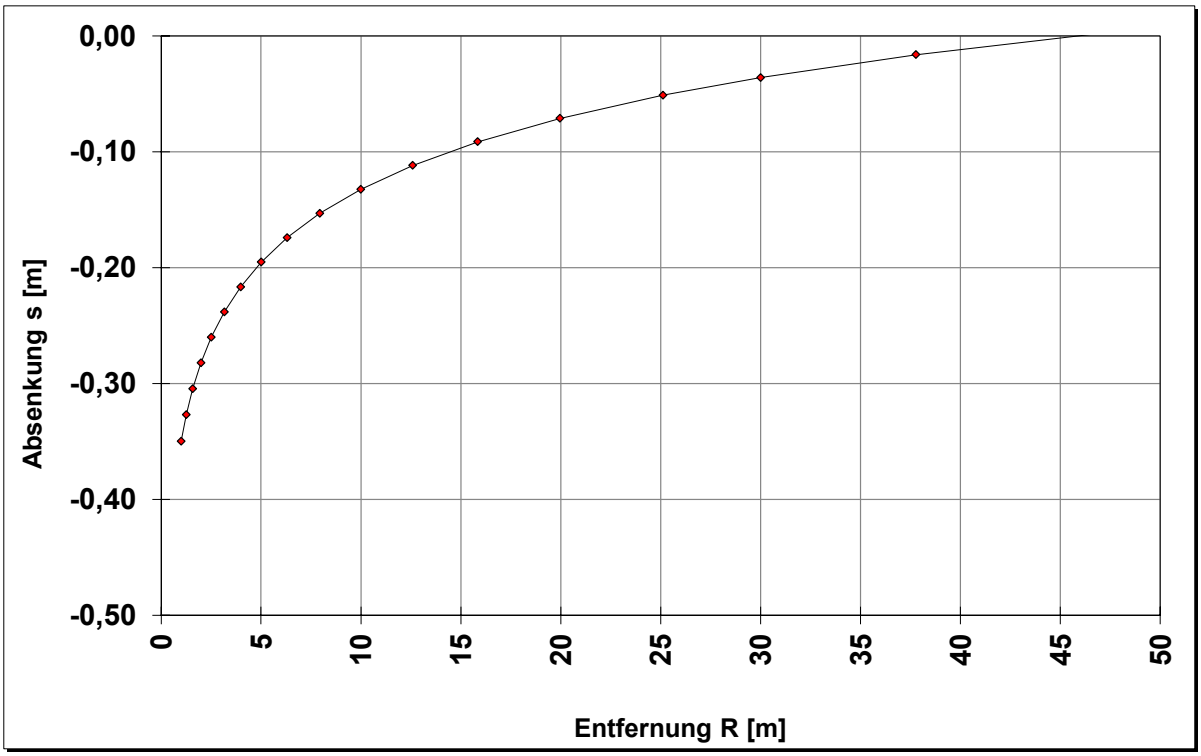
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**08.05.2024**
Pegel	**GV-08**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**0,90**	0,0009	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**3,71**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**4,27**	0,56	MP = Terreng + 0,75 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**2,30**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**46**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**7,4E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**1,7E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,30**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**266**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**5,30**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**42**	Filterrohr (OK/UK):	**2,30**	**5,30**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,64**	Länge Filterstrecke:		**3,00**



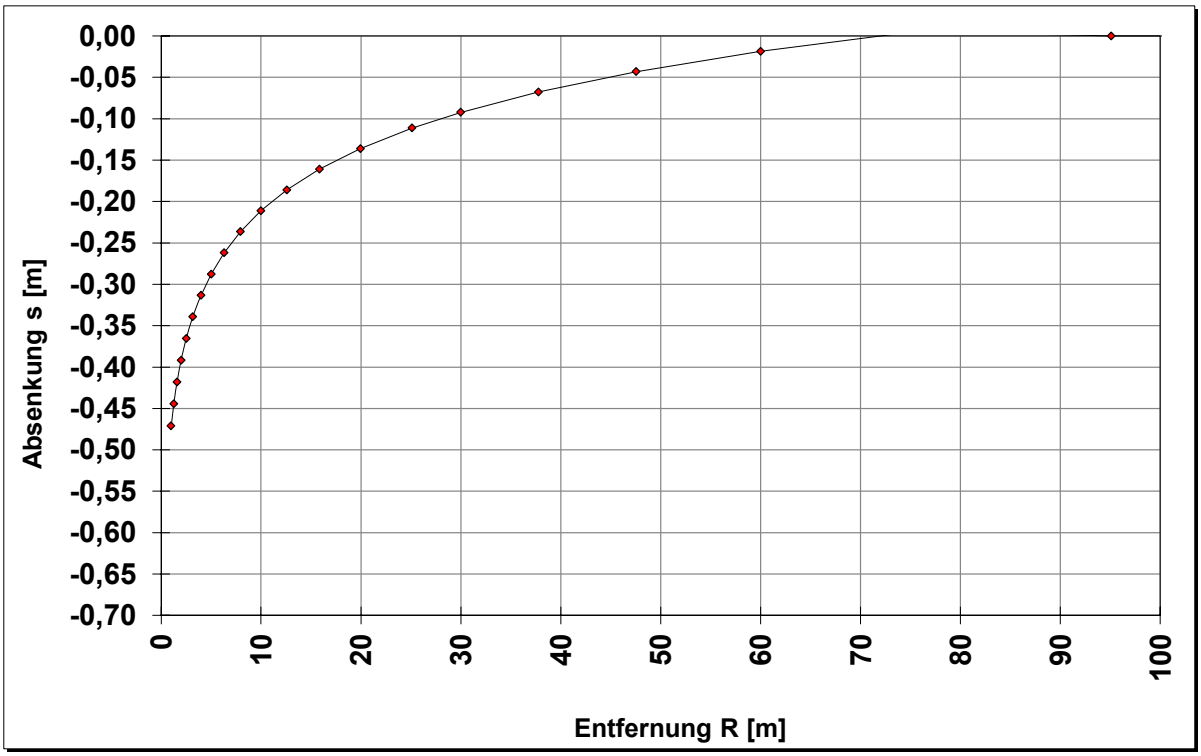
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**07.05.2024**
Pegel	**GV-09**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**3,57**	0,0036	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**3,03**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**3,74**	0,71	MP = Terreng + 0,85 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**4,80**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**72**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**1,1E-03**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**5,4E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**3,00**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**330**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**7,00**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**52**	Filterrohr (OK/UK):	**3,00**	**7,00**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,97**	Länge Filterstrecke:		**4,00**



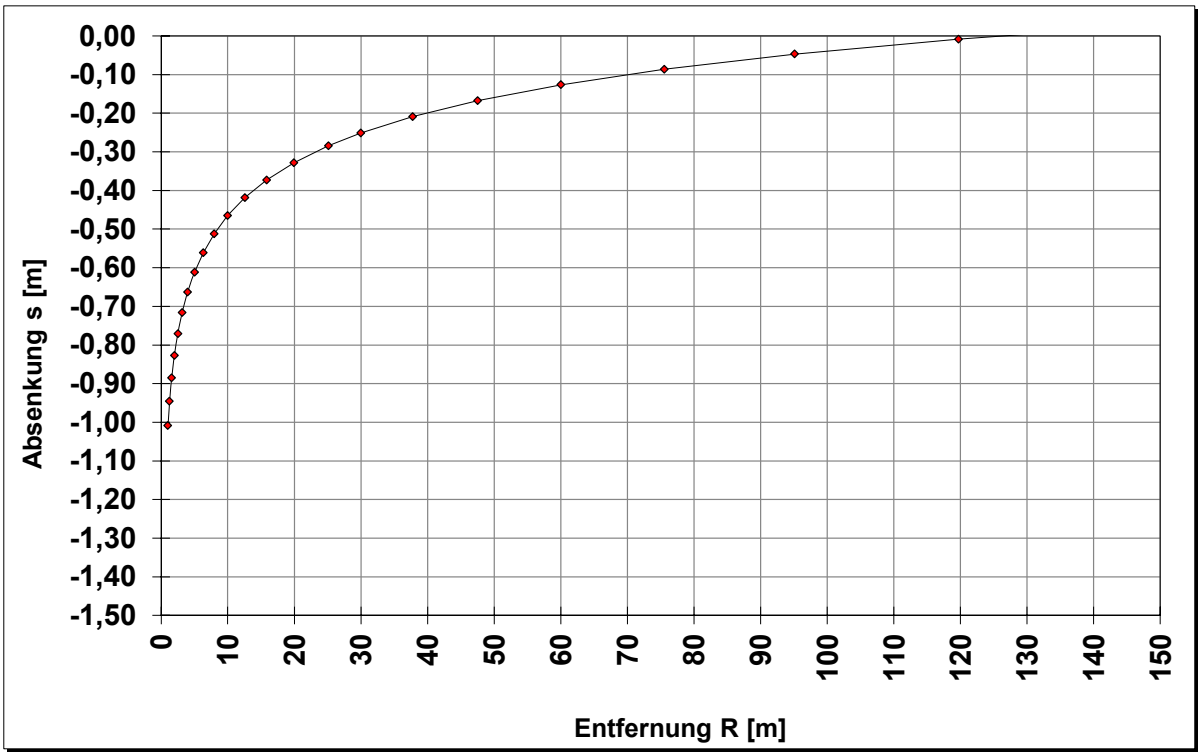
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**30.04.2024**
Pegel	**GV-10**	Beharrung	**1**

Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**1,50**	0,0015	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**2,50**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**4,25**	1,75	MP = Terreng + 0,8 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**2,50**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**126**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**5,7E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**1,4E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,20**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**523**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**4,20**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**83**	Filterrohr (OK/UK):	**2,20**	**4,20**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,50**	Länge Filterstrecke:		**2,00**



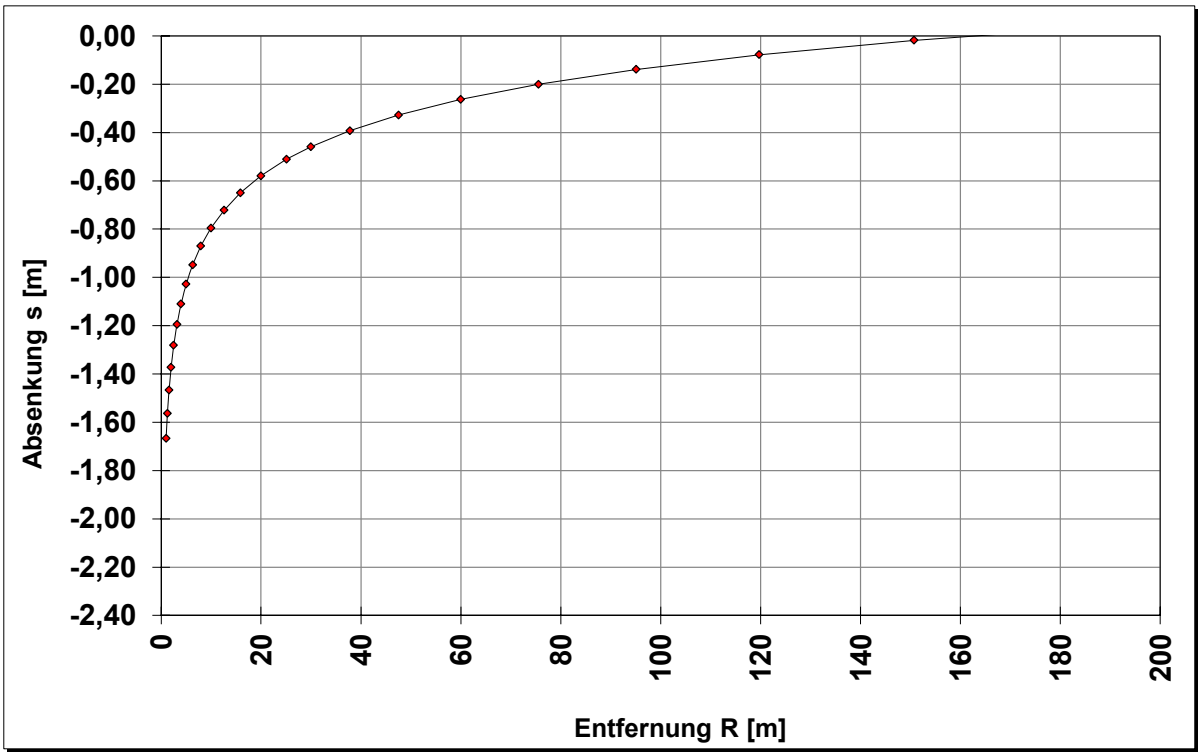
Pumpversuch

Auswertung nach THIEM/DUPUIT

Projekt:	**Flomsikring Nesbyen**	Projektnummer:	**ea-NVE-14.01**
Lokalität	**Nesbyen**	Versuchsdatum:	**07.05.2024**
Pegel	**GV-11**	Beharrung	**1**

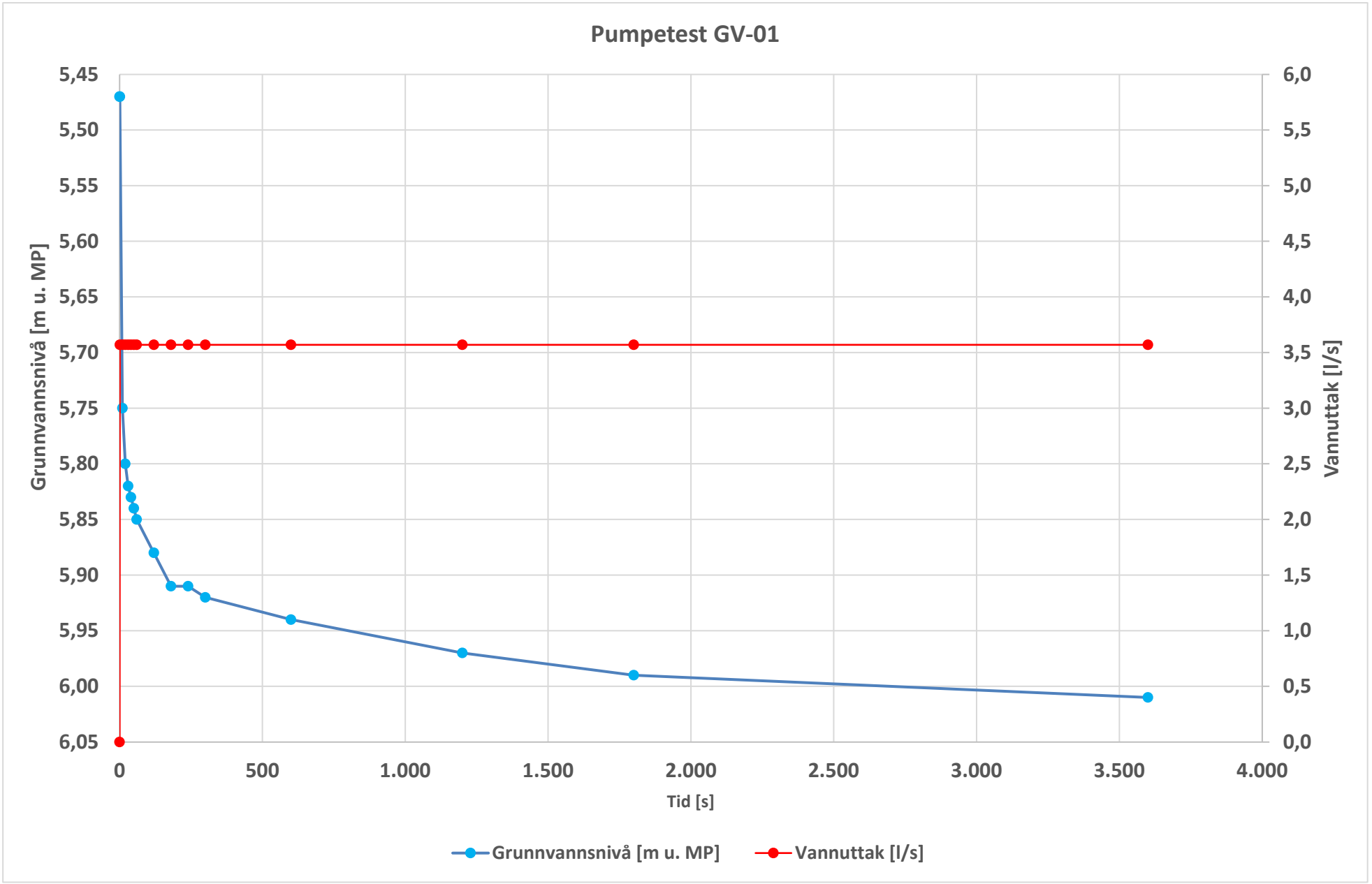
Aquifer gespannt o. ungesp.	g / u		**u**		**Verfilterte Schichten:**
Wirksamer Brunnenradius:	r1 =	[mm]	**136**	0,136	
Fördermenge :	Q =	[l/s]	**2,00**	0,0020	Geologie: Quarternary
Ruhewasserspiegel u. Fixpunkt :	Wsp =	[m]	**2,28**		Bodenart:
Abgesenkter Wsp. u. Fixpunkt:	Wsp+s =	[m]	**5,26**	2,98	MP = Terreng + 0,95 m
Grundwassermächtigkeit :	H =	[m]	**3,80**		
Grundwassergefälle:	i =	[%]	**0,20**	0,20%	
Effektive Porosität:	n =	[-]	**0,20**		

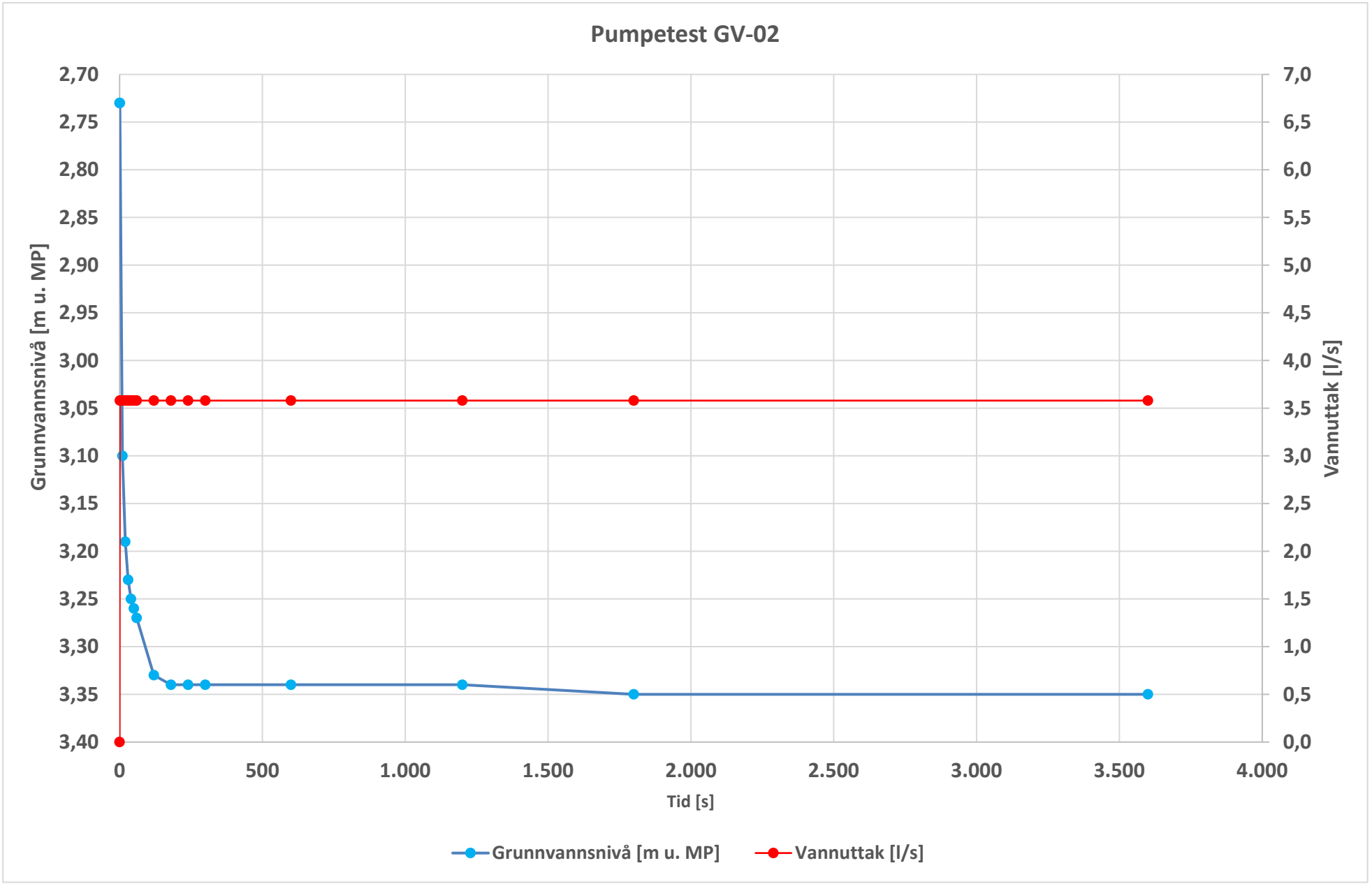
Reichweite nach SICHARDT:	rs =	[m]	**162**	**Ausbau:**		
Durchlässigkeitsbeiwert:	kf =	[m/s]	**3,3E-04**		**m u. GOK**	**m u. GOK**
Transmissivität:	T=	[m2/s]	**1,2E-03**	Vollrohr (OK/UK):	**0,00**	**2,10**
Breite des Zustrombereiches:	B =	[m]	**804**	Filterkies von-bis:	**0,00**	**5,10**
Entf. d. Kulminationspunktes:	xs =	[m]	**128**	Filterrohr (OK/UK):	**2,10**	**5,10**
Abstandsgeschwindigkeit:	va =	[m/d]	**0,28**	Länge Filterstrecke:		**3,00**

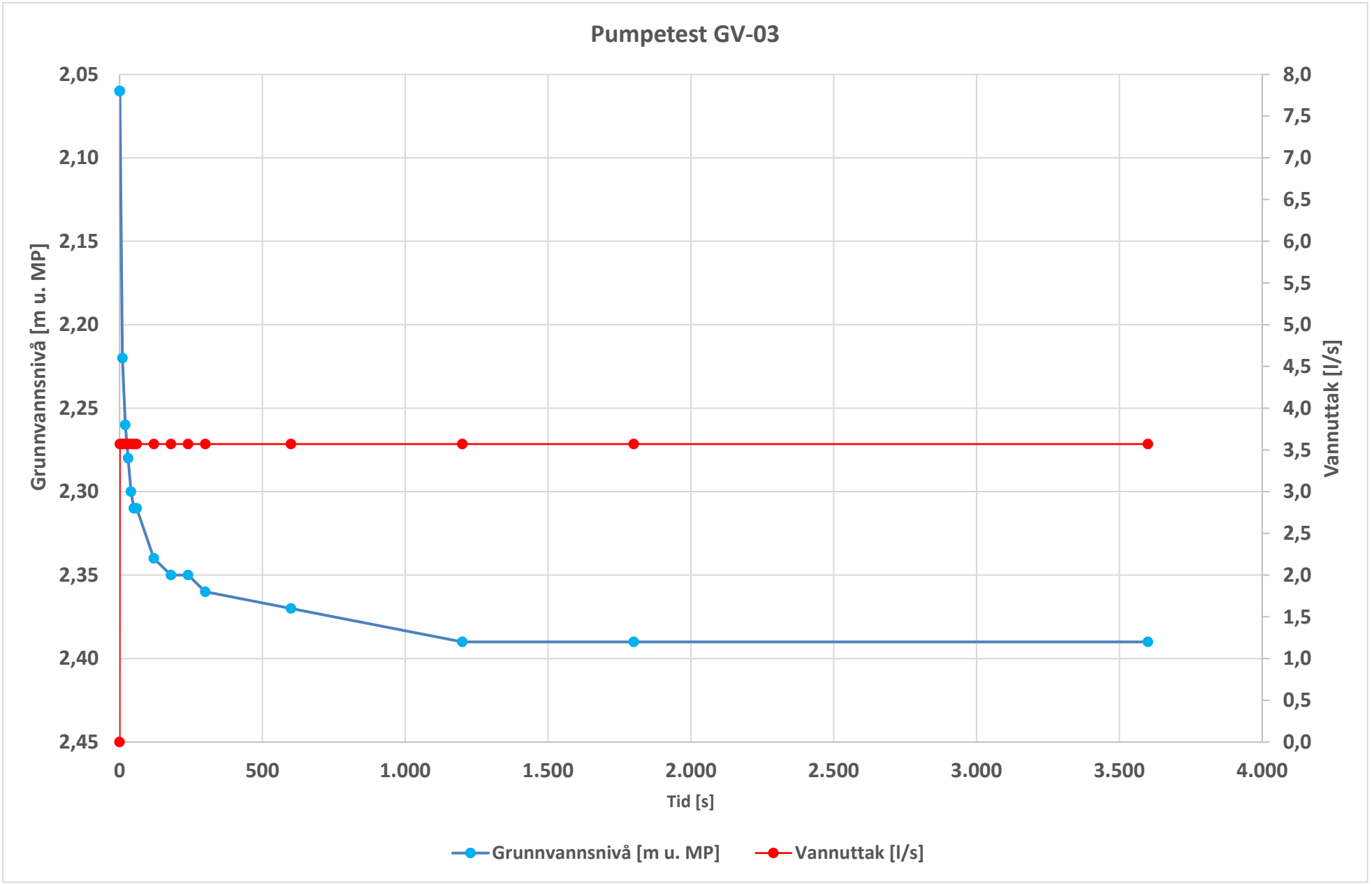


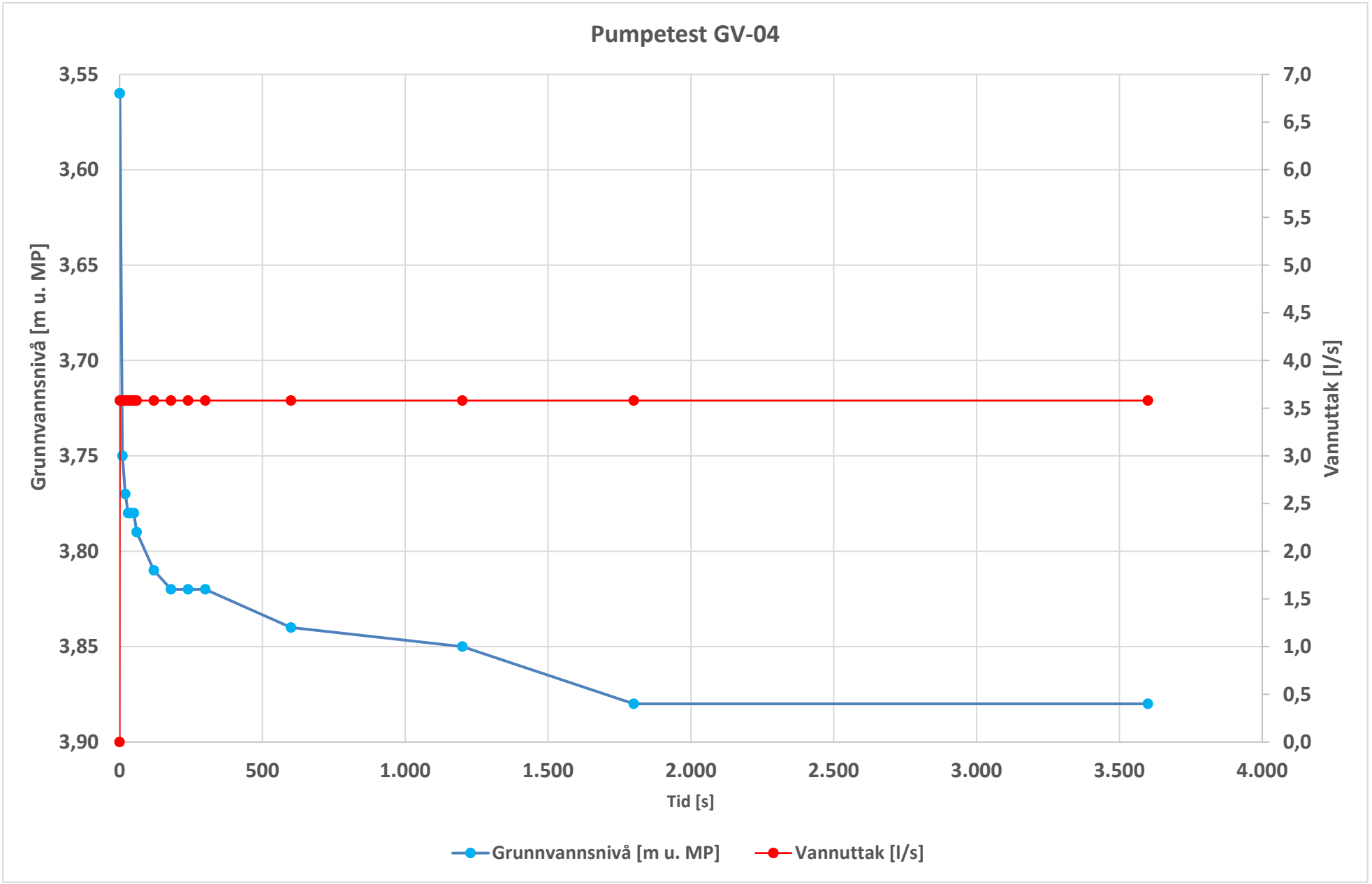
Vedlegg 4

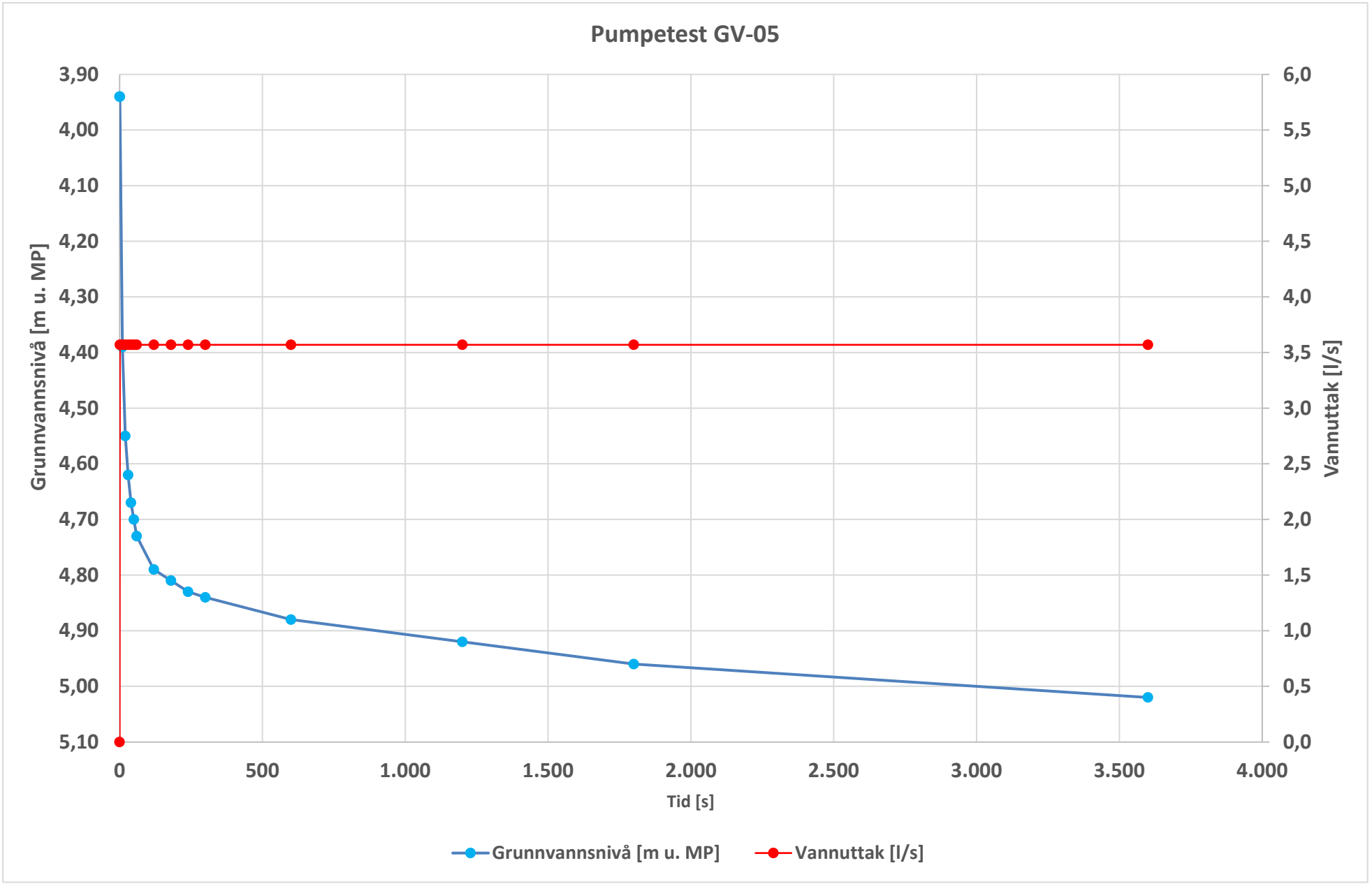
Målinger under pumpetestene

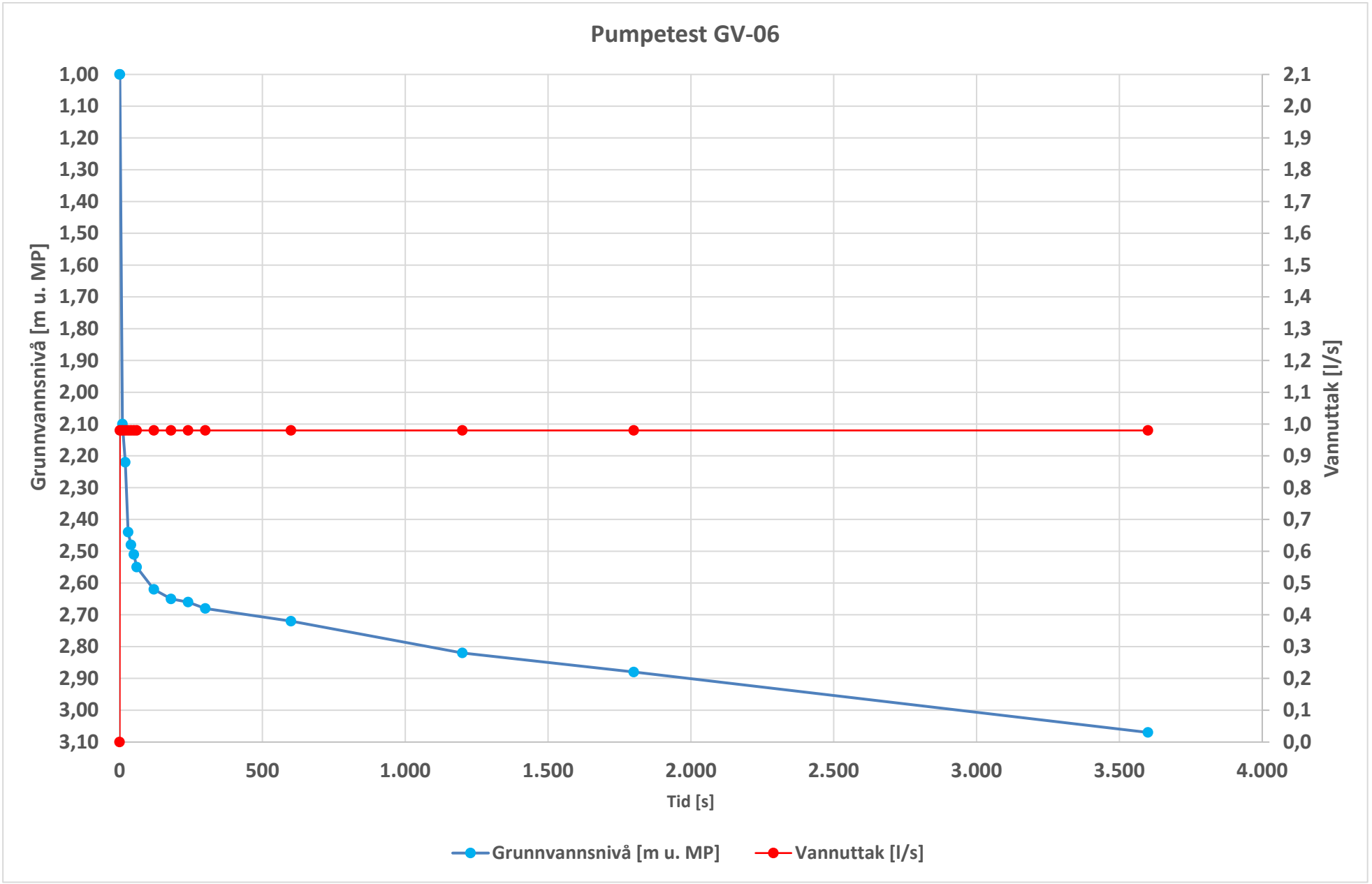

Pumpetest GV-01
Grunnvannsnivå [m u. MP]
5,45
5,50
5,55
5,60
5,65
5,70
5,75
5,80
5,85
5,90
5,95
6,00
6,05
Vannuttak [l/s]
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

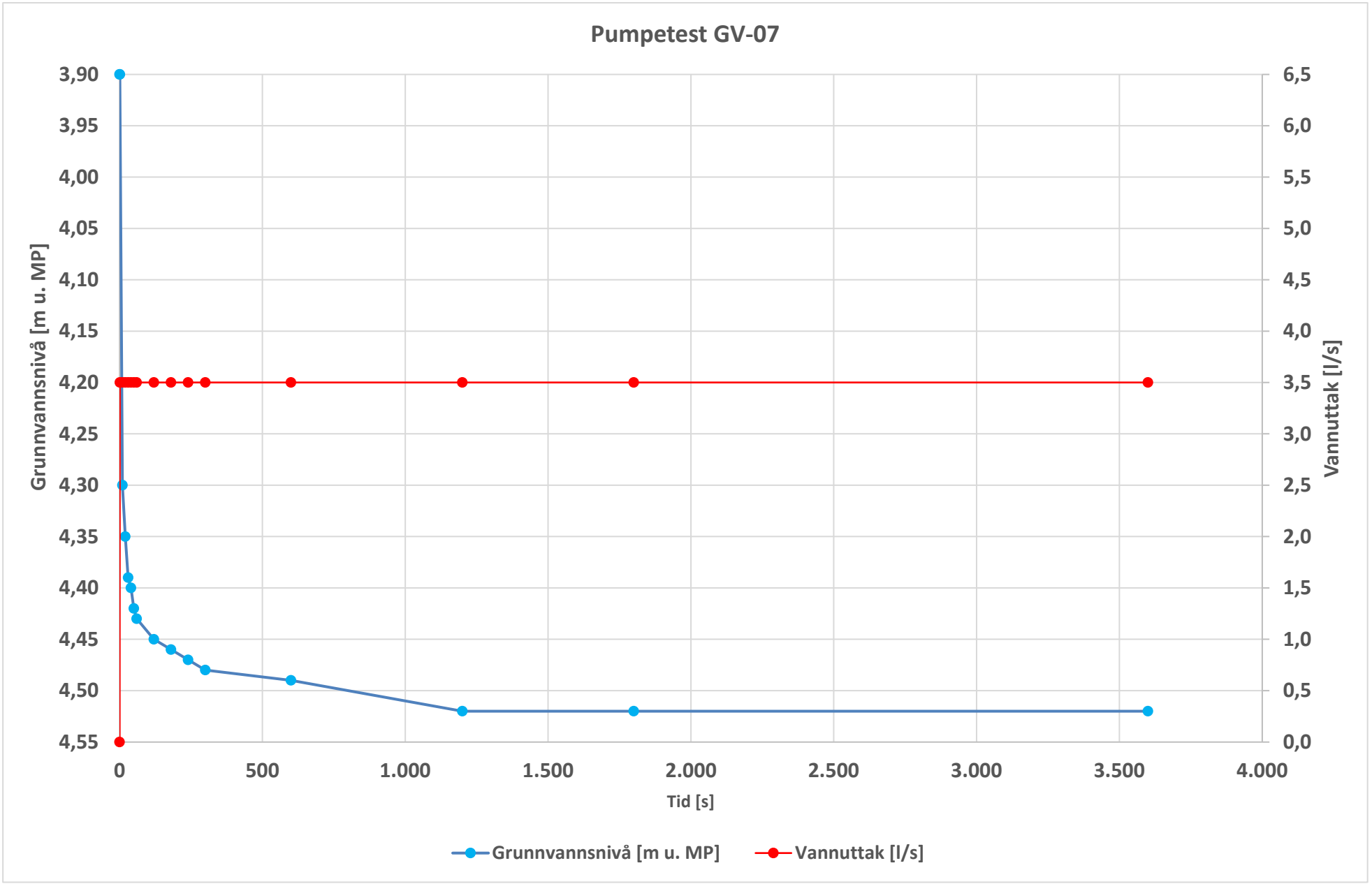

Pumpetest GV-02
Grunnvannsnivå [m u. MP]
2,70
2,75
2,80
2,85
2,90
2,95
3,00
3,05
3,10
3,15
3,20
3,25
3,30
3,35
3,40
Vannuttak [l/s]
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

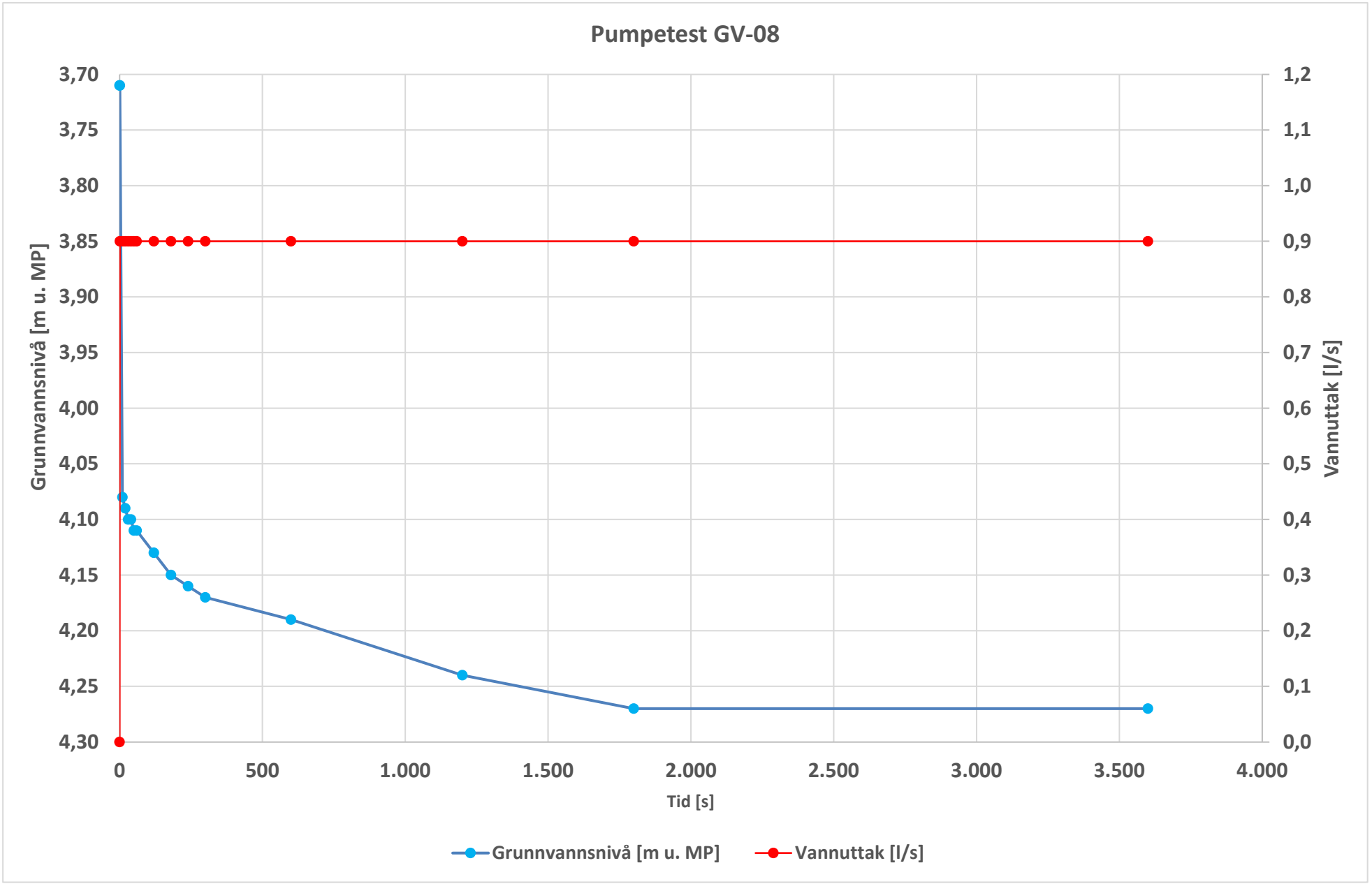

Pumpetest GV-03
Grunnvannsnivå [m u. MP]
2,05
2,10
2,15
2,20
2,25
2,30
2,35
2,40
2,45
Vannuttak [l/s]
8,0
7,5
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

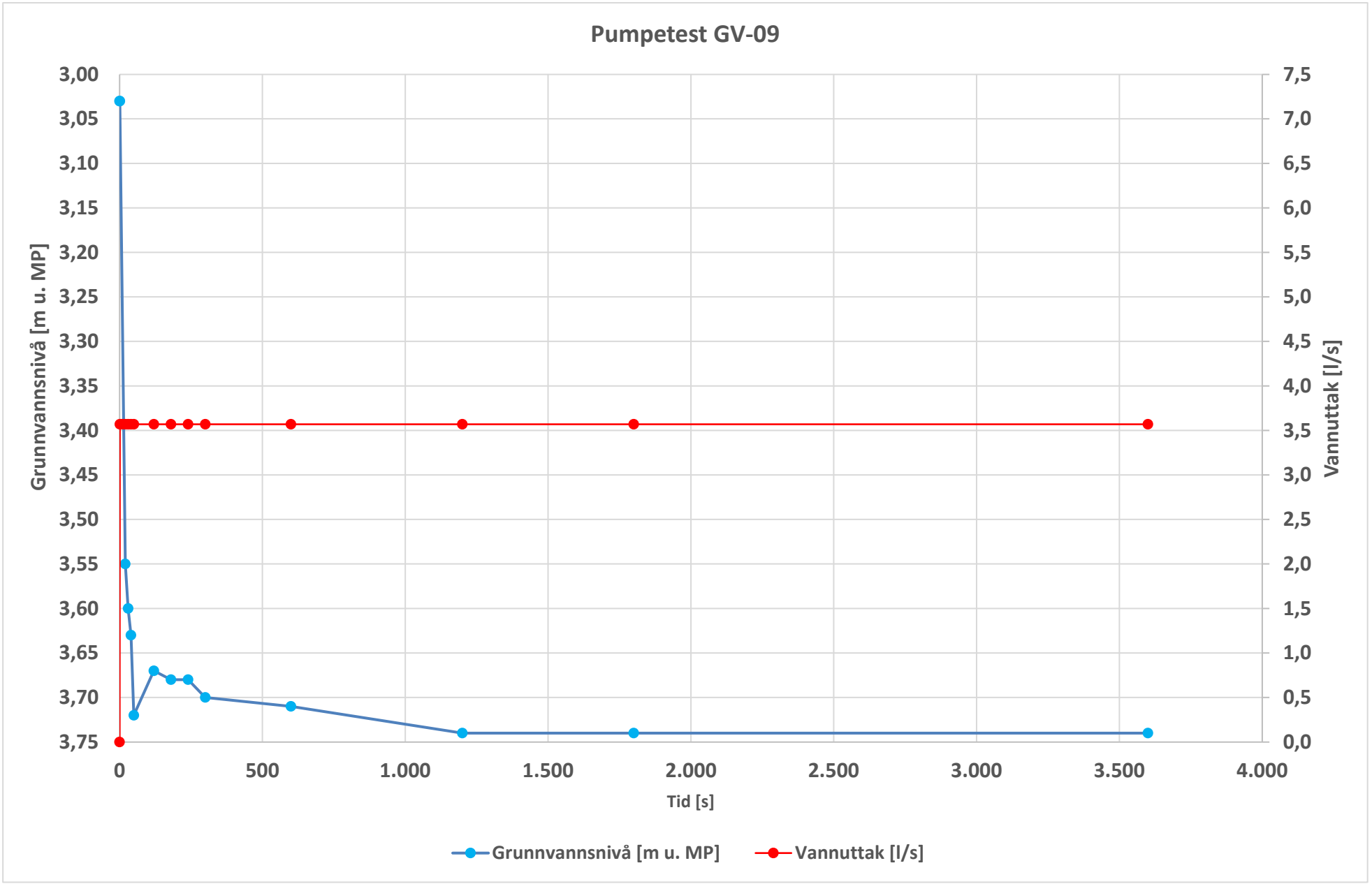

Pumpetest GV-04
Grunnvannsnivå [m u. MP]
3,55
3,60
3,65
3,70
3,75
3,80
3,85
3,90
Vannuttak [l/s]
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

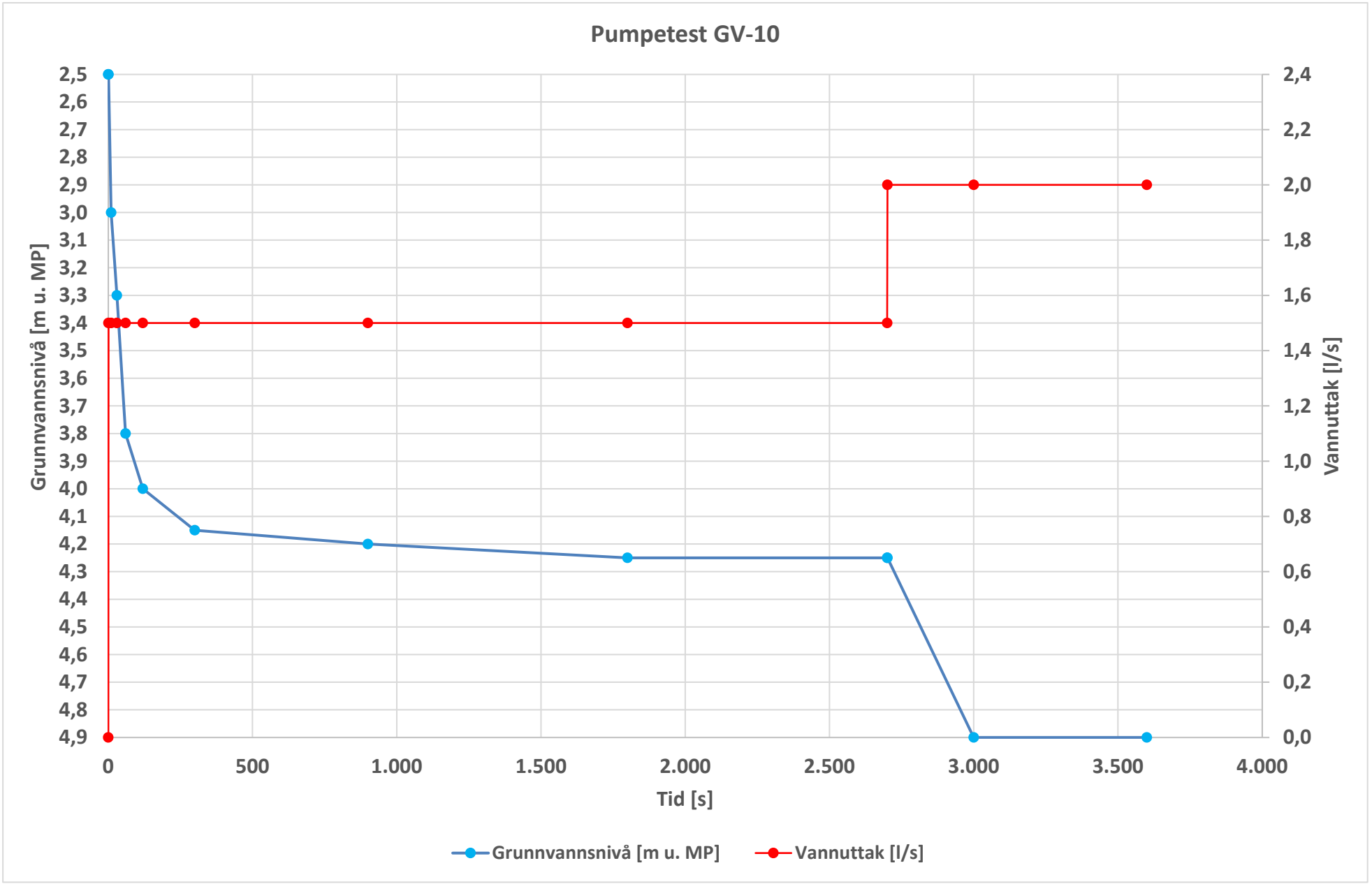

Pumpetest GV-05
Grunnvannsnivå [m u. MP]
3,90
4,00
4,10
4,20
4,30
4,40
4,50
4,60
4,70
4,80
4,90
5,00
5,10
Vannuttak [l/s]
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

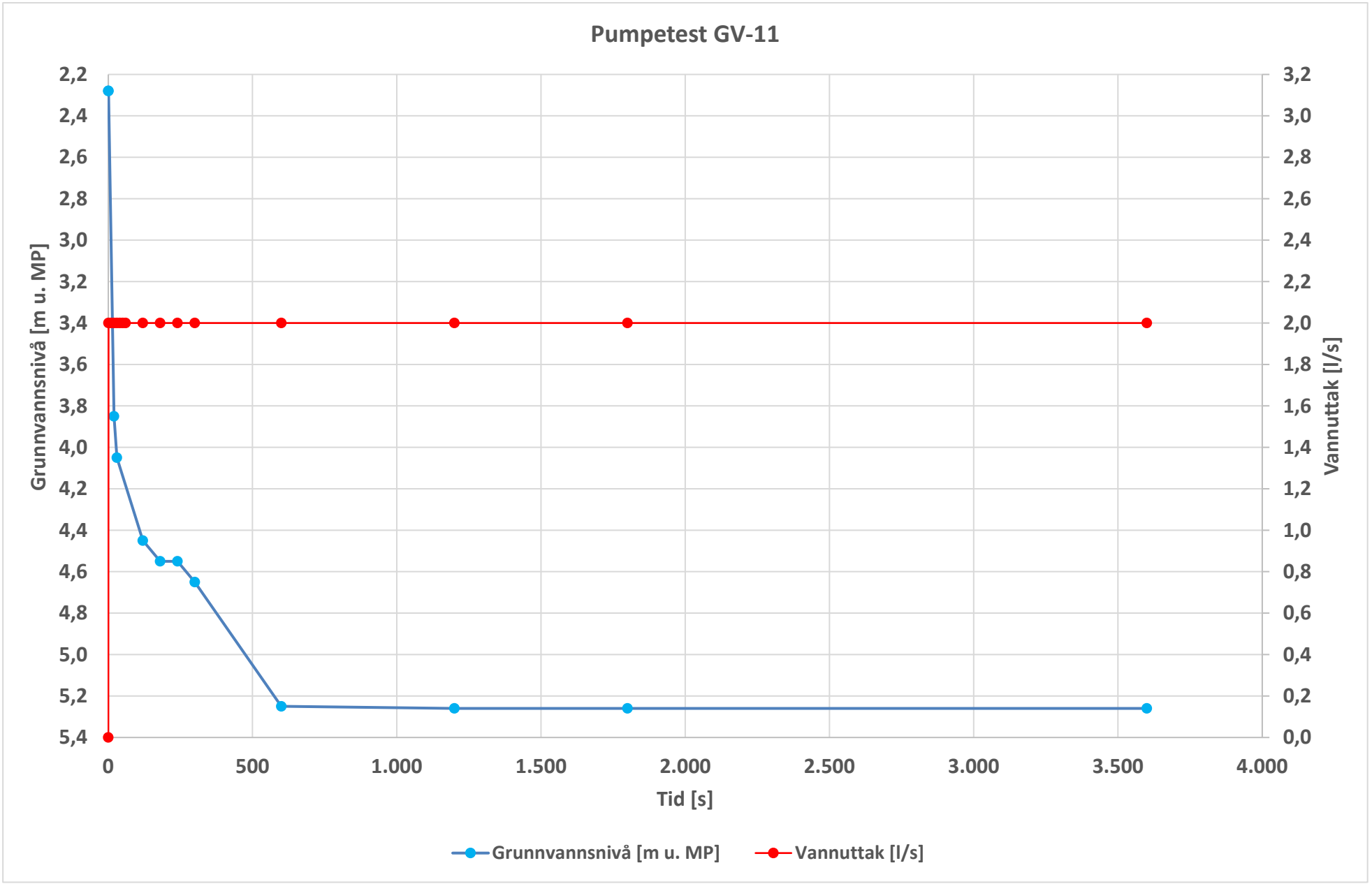

Pumpetest GV-06
Grunnvannsnivå [m u. MP]
1,00
1,10
1,20
1,30
1,40
1,50
1,60
1,70
1,80
1,90
2,00
2,10
2,20
2,30
2,40
2,50
2,60
2,70
2,80
2,90
3,00
3,10
Vannuttak [l/s]
2,1
2,0
1,9
1,8
1,7
1,6
1,5
1,4
1,3
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]


Pumpetest GV-07
Grunnvannsnivå [m u. MP]
3,90
3,95
4,00
4,05
4,10
4,15
4,20
4,25
4,30
4,35
4,40
4,45
4,50
4,55
Vannuttak [l/s]
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]


Pumpetest GV-08
Grunnvannsnivå [m u. MP]
3,70
3,75
3,80
3,85
3,90
3,95
4,00
4,05
4,10
4,15
4,20
4,25
4,30
Vannuttak [l/s]
1,2
1,1
1,0
0,9
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
0,1
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]


Pumpetest GV-09
Grunnvannsnivå [m u. MP]
3,00
3,05
3,10
3,15
3,20
3,25
3,30
3,35
3,40
3,45
3,50
3,55
3,60
3,65
3,70
3,75
Vannuttak [l/s]
7,5
7,0
6,5
6,0
5,5
5,0
4,5
4,0
3,5
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]


Pumpetest GV-10
Grunnvannsnivå [m u. MP]
2,5
2,6
2,7
2,8
2,9
3,0
3,1
3,2
3,3
3,4
3,5
3,6
3,7
3,8
3,9
4,0
4,1
4,2
4,3
4,4
4,5
4,6
4,7
4,8
4,9
Vannuttak [l/s]
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]


Pumpetest GV-11
Grunnvannsnivå [m u. MP]
2,2
2,4
2,6
2,8
3,0
3,2
3,4
3,6
3,8
4,0
4,2
4,4
4,6
4,8
5,0
5,2
5,4
Vannuttak [l/s]
3,2
3,0
2,8
2,6
2,4
2,2
2,0
1,8
1,6
1,4
1,2
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
0
500
1.000
1.500
2.000
2.500
3.000
3.500
4.000
Tid [s]
Grunnvannsnivå [m u. MP]
Vannuttak [l/s]

Vedlegg 5

Fotodokumentasjon

GV-01

GV-02

GV-03

GV-04

GV-05

GV-06

GV-07

GV-08

GV-09

GV-10

GV-11

Verksted
Nesbyen Auto
Salg
MESTERBYGG RINGERIKE AS
HADDING elektro as
Haaland Lift
UTLEIE

Synkehuller (mellom GV-11 og GV-06)

GV-02 | til 1 m / til 2 m

GV-02 | til 3 m / til 4 m

GV-02 | til 5 m / til 6m

GV-02 | til 7 m / til 8m

GV-04 | til 1 m / til 2 m

GV-04 | til 3 m / til 4 m

GV-04 | til 5 m / til 6 m

GV-04 | til 7 m / til 8 m

GV-04 | til 9 m / til 10 m

GV-05 | til 2 m / til 3 m

GV-05 | til 4 m / til 5 m

GV-05 | til 6 m / til 7 m

GV-05 | til 8 m / til 9 m

GV-05 | til 10 m / til 11 m

GV-06 | til 2 m / til 3 m

GV-06 | til 4 m / til 5 m

GV-06 | til 6 m

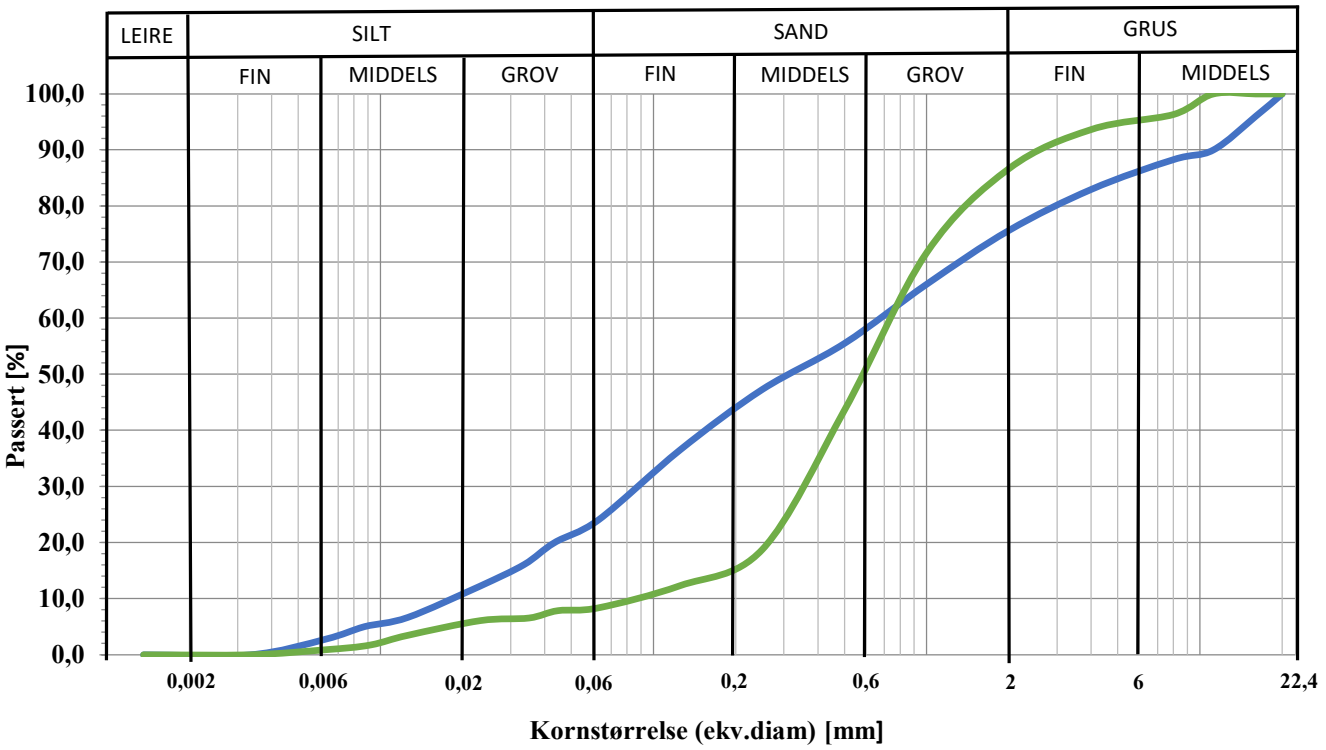
GV-08 | Silt (> 5 m)

GV-09 | til 6 m

GV-11 | Silt (> 5m)

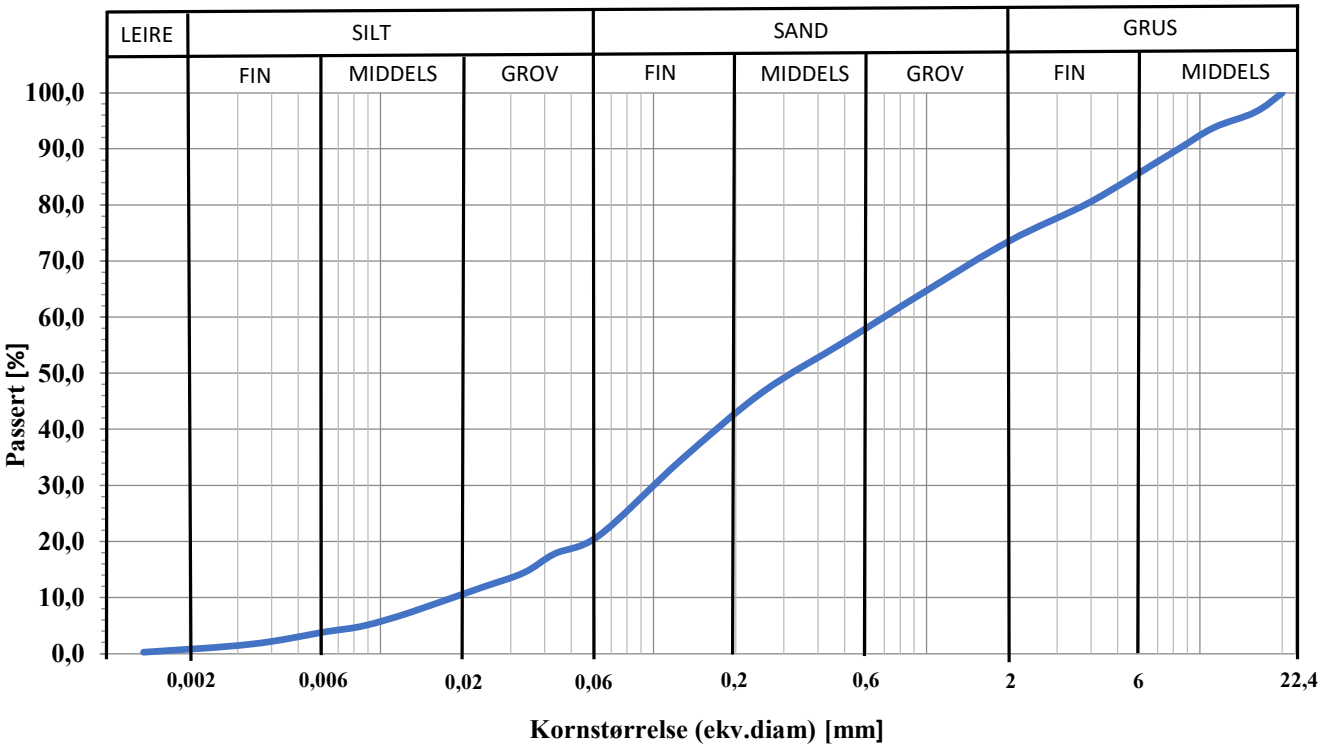
Vedlegg 6

Kornfordelingskurver (Romerike GeoLab)



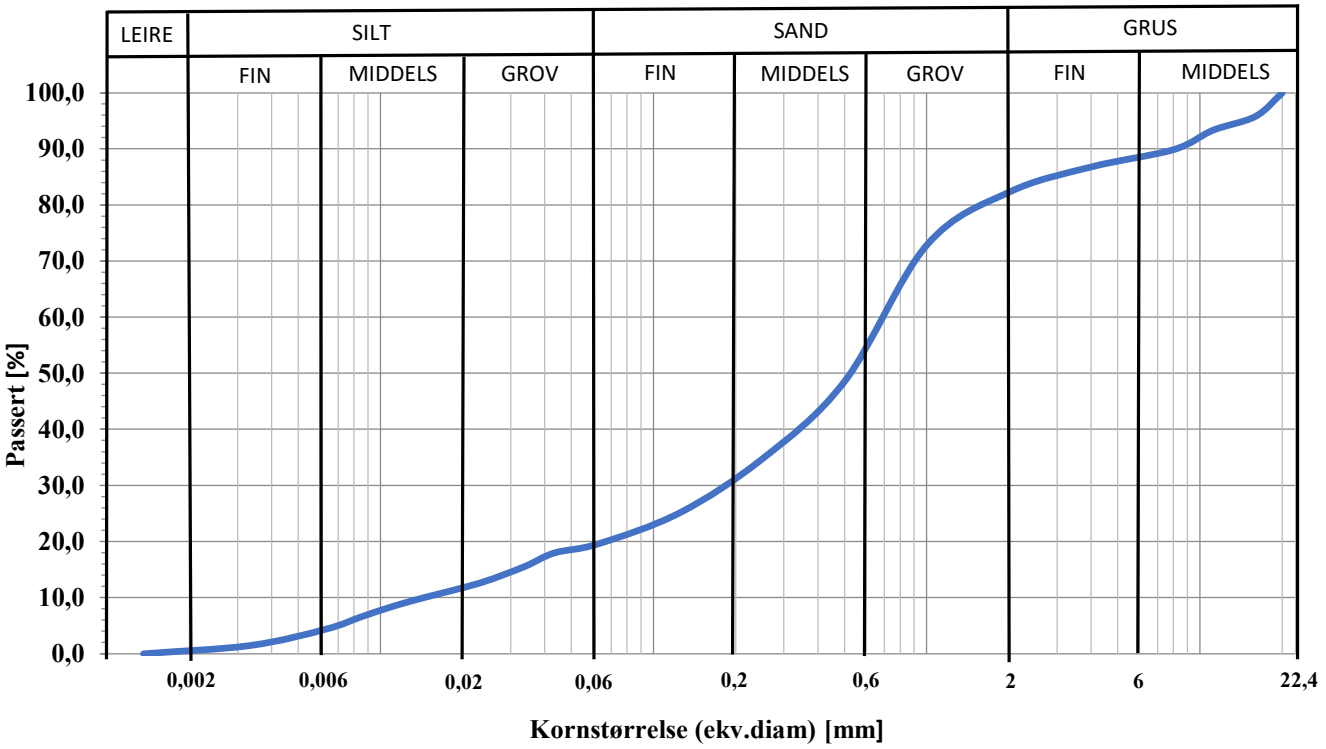
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-10-3	3-4m		Siltig sandig grusig materiale	34,2	T2
N-10-5	5-6m		Sand	8,9	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 10
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



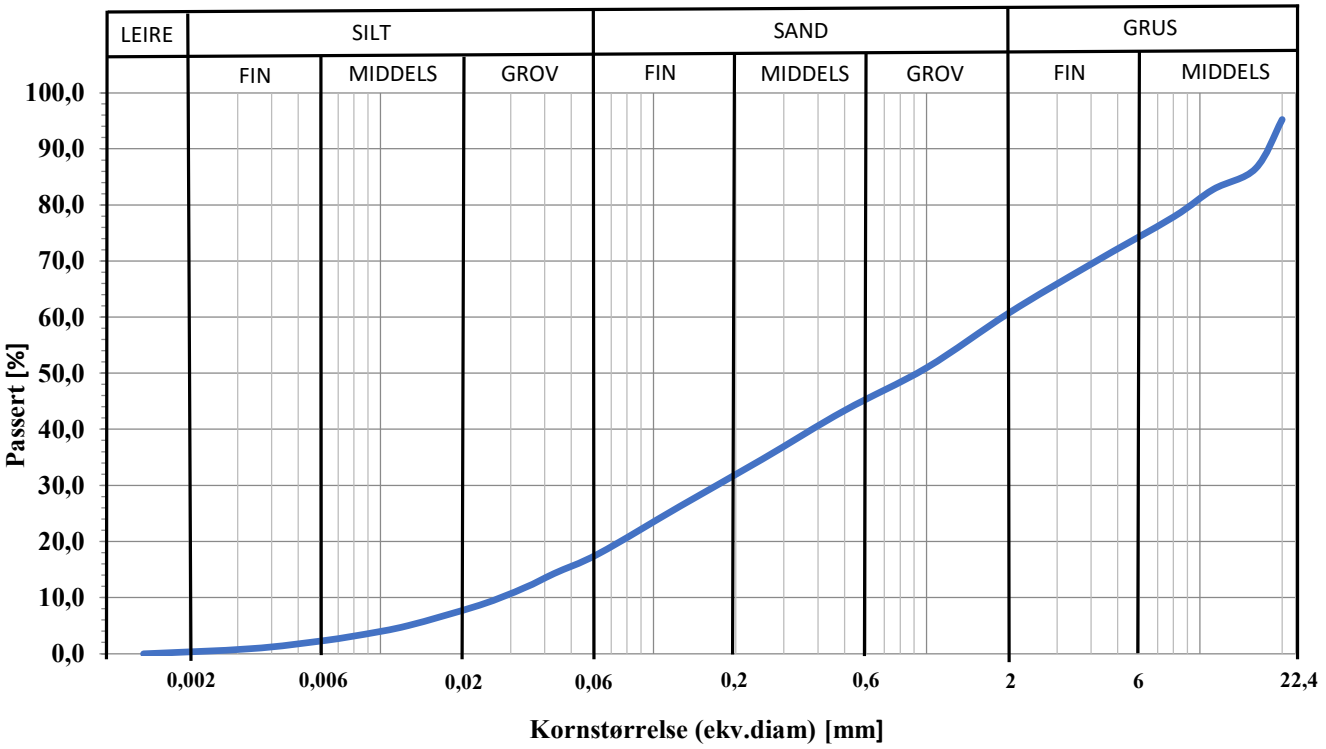
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-11-4	4-5m		Siltig sandig grusig materiale	34,8	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 11
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



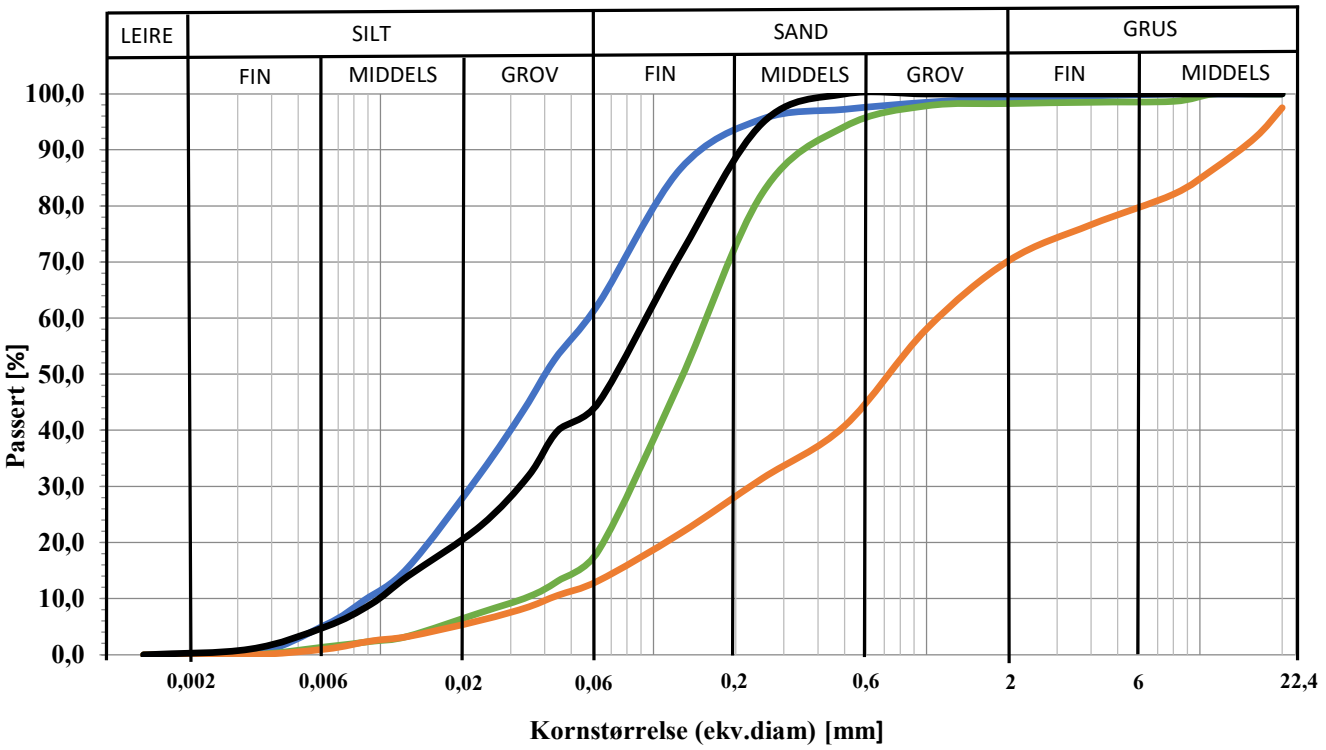
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-13-3	3-4m		Siltig sand	46,4	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 13
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



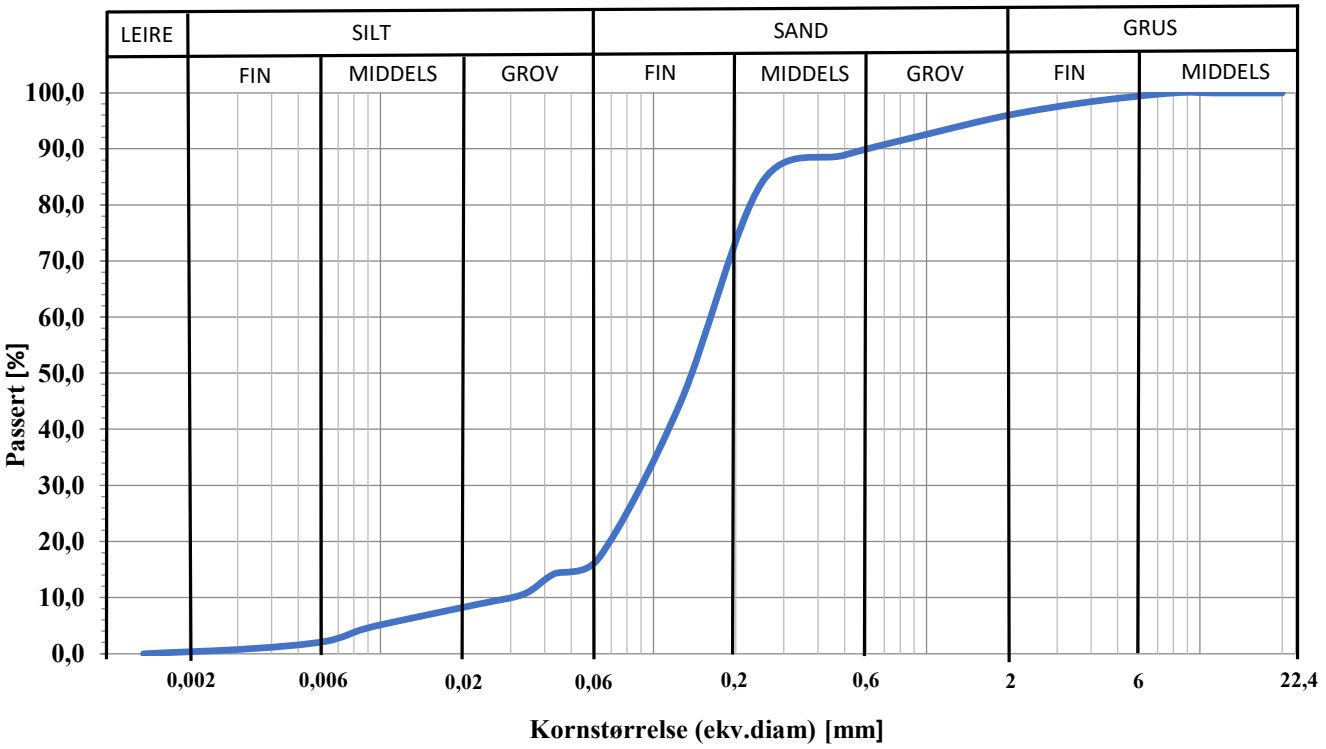
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-14-2	2-3m		Sandig grusig siltig materiale	62,7	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 14
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-15-3	3-4m		Sandig silt	5,7	T4
N-15-4	4-5m		Siltig sand	4,3	T2
N-15-6	6-7m		Siltig sandig materiale	9,21	T4
N-15-10	10-11m		Grusig sandig materiale	24,2	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**				**Borhull:** 15
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen				
	Utført av: MD	**Godkjent av:** MD	**Dato:** 10.03.2024	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:** 3



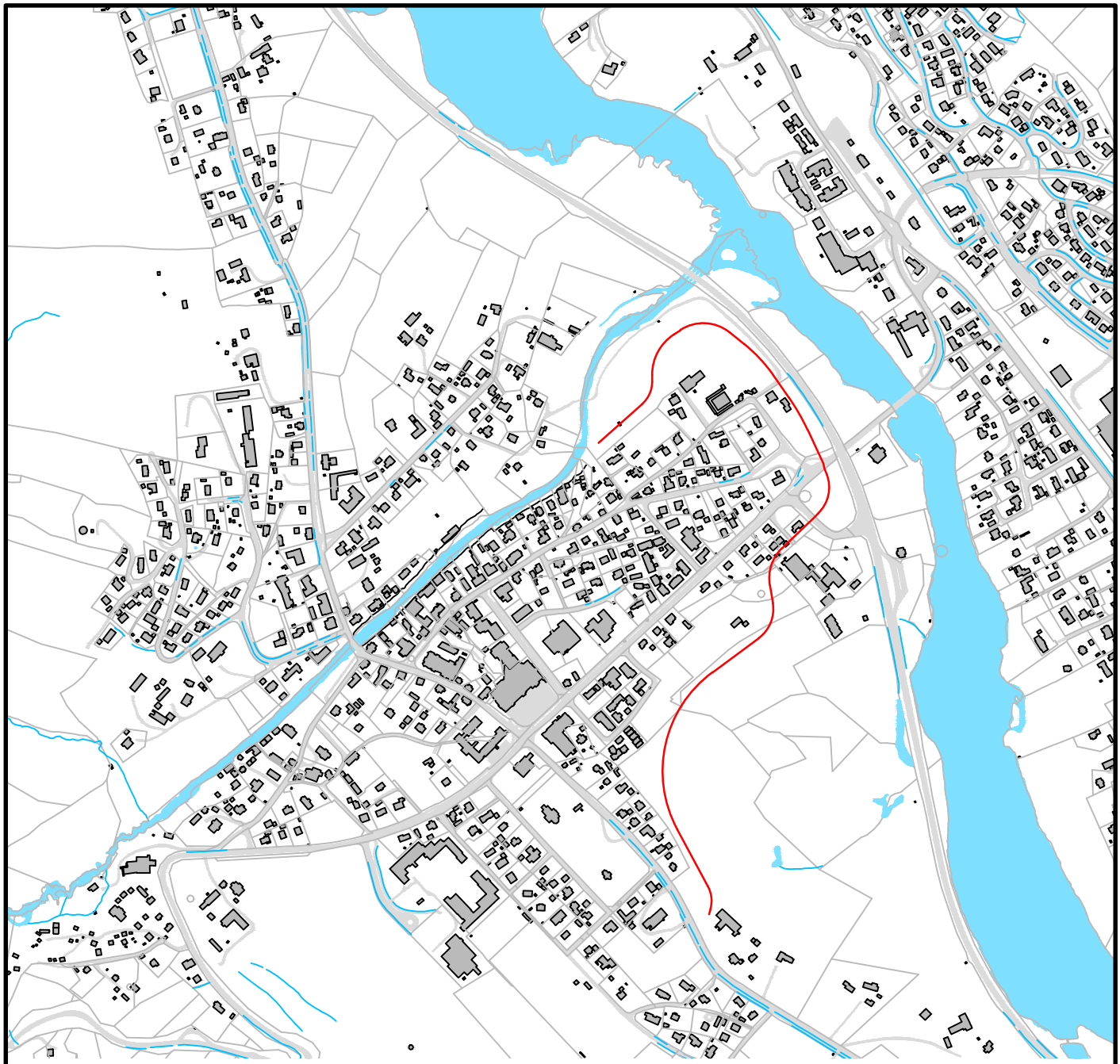
Prøve	Dybde	Linje	Klassifisering	Cu	TG
N-8-8	8-9m		Siltig sand	4,95	T2

ISO 17892 - 4:2016	**Kornfordeling ved våtsikting + slemmeanalyse**	**Borhull:** 8
Romerike GeoLab	**Prosjekt:** NVE Nesbyen	

Utført av:	**Godkjent av:**	**Dato:**	**Revisjon nr. / dato revidert**	**Figur:**
MD	MD	10.03.2024		3

Vedlegg 8

Tegninger i henhold til tegningsoversikt



Tegnforklaring:

Planlagt akse valgt alternativ

N

Flomsikring Nesbyen

Oversiktsplan alternativer

Oppdragsgiver:

NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Plannr.: NVE-014-01
Prosjektnr.: E 101
Konsept: BeSa Tegnet: SuHe
Målestokk: ---

Konsept

Planlegging:

Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

Inning am Ammersee, den 04.02.2025

.....
Signatur

Overgang høyspent til jordkabel

Trafo-stasjon

Eksisterende steinvoll

GV-06 GV-11 GV-10 GV-08 GV-04 GV-09 GV-07 GV-05

B-22 B-21 B-06 B-19 B-04 B-05 B-03 B-07 B-08 B-02 B-09 B-10 B-23 B-11 B-01 B-00 B-12 B-13 B-14 B-15

Tegnforklaring:

Eksisterende:

- Eiendomsgrense
- Gjerde
- Trær
- Bygning
- Bygning med stor skade, krever byggesøknad for rehabilitering
- Usikkert at bygningen kan repareres uten byggesøknad
- Bygning kan gjenoppbygges uten byggesøknad
- Eksisterende terreng (høydelinjer 1m og 0,25m)
- B-02 Boring med profil
- GV-02 Grunnvannsbrønn

Planlegging:

- Planlagt akse valgt alternativ
- Organisatorisk tiltak (mobil flomvegg)
- Flomvoll med driftsvei på toppen og ved foten

Resultater hydraulisk beregning:
Vanndybde [m] Q200 + 20 % klimapåslag

- 0,01 - 0,10
- 0,10 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 1,00
- 1,00 - 2,00
- 2,00 - 3,00
- 3,00 - 4,00
- over 4,00

Koordinatsystem: UTM32 (ETRS1989)
Hoydesystem: NN 2000, i meter over havet (moh)

N

1:1.000
0 20 40 m

Nr.	Endring	Endret	Navn	Kontrollert	Navn
2					
1					

Flomsikring Nesbyen

Prosjektnr.: NVE-014-01
Vedlegg:
Plannr.: E 202
Målestokk: 1:1.000

Situasjonplan øst
Eksisterende tilstand

Konsept

	Dato	Navn
Konsept	Jan. 2025	BeSa
Tegnet	Jan. 2025	SuHe
Kontroll.	04.02.2025	BeSa

Oppdragsgiver:
NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Signatur

Planlegging:
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

Inning am Ammersee, den 04.02.2025

Signatur

Overgang høyspent til jordkabel

Trafo-stasjon

Rampe må tilpasses til riksvei 7 etter ferdigstilling veiheving

Kryssing med ledninger / kabler (strøm, vann, overvann)

PSA markedsplass (under terreng)

Tilknytning av driftsvei til eksist. adkomst

Tilknytning av driftsvei til eksist. vei

PSA Halling-dalselva (under terreng)

Eksisterende steinvoll

Overgang fra voll til sikring Rukkedøla avklares seinere

PSA Rukkedøla (under terreng)

Snuplass driftsvei

Kryssing med ledninger / kabler (strøm)

PSA Qvisten

Pumpestasjon hovedanlegg

Kryssing med ledninger / kabler (strøm, vann, overvann, spillvann)

Heving av innkjøring fra rv. 7. Midlertidig heving til +158,60 m for situasjon før heving av rv. 7. Stenging under flom ved organisatoriske tiltak (mobil vegg, høyde 2 m). Erstattes av voll / vei pa kote topp sikring ved ferdigstilling av hevet rv. 7.

Kryssing med ledninger / kabler (strøm)

Tilknytning av driftsvei til eksist. adkomst

Tilpasning av eksist. terreng slik at det ikke oppstår en forsenkning mellom bygninger og volltoppen, og det overholdes minste fall på 2% mot driftsveien på vollen. Terrengtilpasning avklares med grunneiere.

Tegnforklaring:

Eksisterende:

- Eiendomsgrense
- Gjerde
- Trær
- Bygning
- Bygning med stor skade, krever byggesøknad for rehabilitering
- Usikkert at bygningen kan repareres uten byggesøknad
- Bygning kan gjenoppbygges uten byggesøknad
- Vei
- Eksisterende terreng (høydelinjer 1m og 0,25m)
- B-02 Boring med profil
- GV-02 Grunnvannsbrønn
- OV Overvannsledning
- SP Spillvannsledning
- V Vannledning
- Høyspent
- Mast høyspent
- Mast lavpent

Planlegging:

- Planlagt akse valgt alternativ
- Fjerning av gjerde
- Drensledning
- Organisatorisk tiltak (mobil flomvegg)
- Flomvoll med driftsvei på toppen og ved foten

Resultater hydraulisk beregning:
Vanndybde [m] Q200 + 20 % klimapåslag

- 0,01 - 0,10
- 0,10 - 0,25
- 0,25 - 0,50
- 0,50 - 1,00
- 1,00 - 2,00
- 2,00 - 3,00
- 3,00 - 4,00
- over 4,00

Koordinatsystem: UTM32 (ETRS1989)
Hoydesystem: NN 2000, i meter over havet (moh)

N

1:1.000
0 20 40 m

Nr.	Endring	Endret	Navn	Kontrollert	Navn
2					
1					

Flomsikring Nesbyen

Prosjektnr.: NVE-014-01
Vedlegg:
Plannr.: E 212
Målestokk: 1:1.000

Situasjonsplan øst
Planlagte tiltak

	Dato	Navn
Konsept	Jan. 2025	BeSa
Tegnet	Jan. 2025	SuHe
Kontroll.	04.02.2025	BeSa

Konsept

Oppdragsgiver:
NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

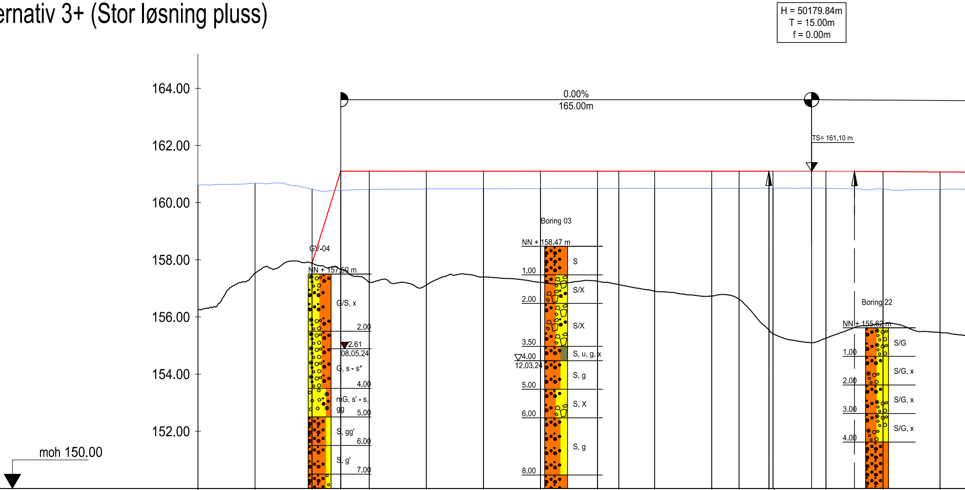
Signatur

Planlegging:
Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

Inning am Ammersee, den 04.02.2025

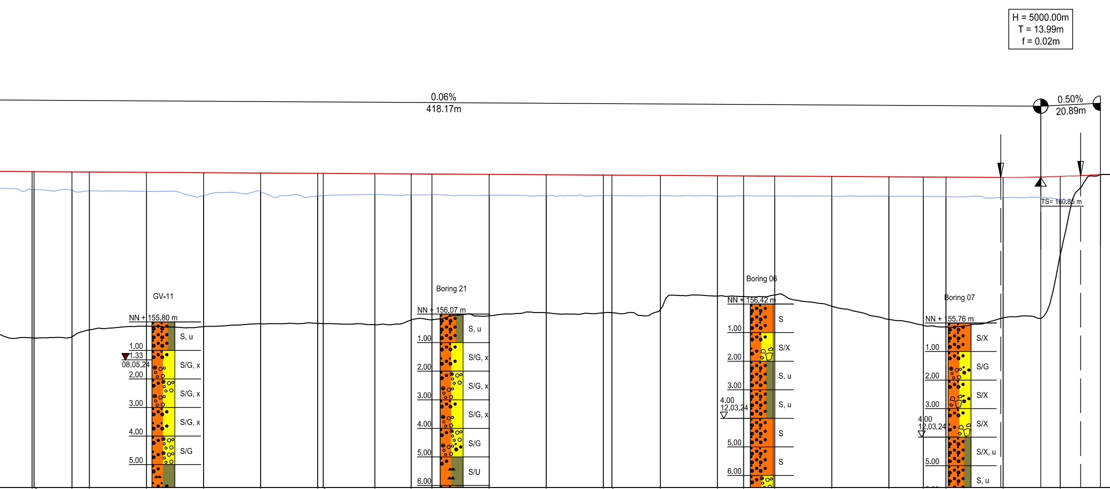
Signatur

Alternativ 3+ (Stor løsning pluss)


H = 50179.84m
T = 15.00m
f = 0.00m
164.00
162.00
160.00
158.00
156.00
154.00
152.00
moh 150.00
0.00%
165.00m
TS= 161.10 m
GV-04
NN + 157.50 m
G/S, x
2.00
2.61
08.05.24
G, s - s*
4.00
mG, s' - s, gg
5.00
S, gg'
6.00
S, g'
7.00
Boring 03
NN + 158.47 m
S
1.00
S/X
2.00
S/X
3.50
S, u, g, x
4.00
12.03.24
S, g
5.00
S, X
6.00
S, g
8.00
Boring 22
NN + 155.62 m
S/G
1.00
S/G, x
2.00
S/G, x
3.00
S/G, x
4.00

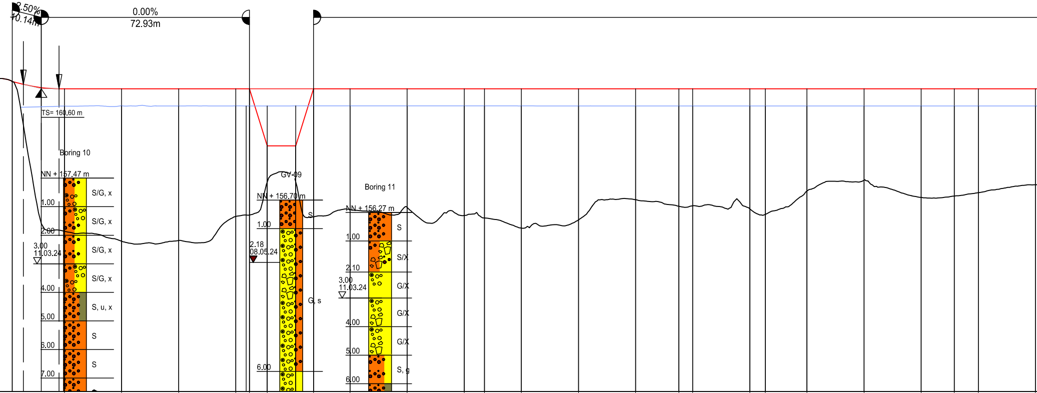
Vannstand Q200+klima	—	moh	160.61	160.67	160.47	160.43	160.46	160.48	160.48	160.49	160.50	160.50
Vanndybde		m	4.35	3.14	2.59	2.77	3.25	3.36	3.08	3.28	3.25	3.37
Eksisterende terreng	—	moh	156.26	157.53	157.88	157.66	157.21	157.12	157.40	157.21	157.25	157.13
Planlagt terreng	—	moh			157.88	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10
Høyde topp sikring		m			0.00	3.44	3.89	3.98	3.70	3.89	3.85	3.97
Stasjonering		m	0+000.00	0+020.00	0+040.00	0+050.00	0+060.00	0+080.00	0+100.00	0+120.00	0+140.00	0+147.42

Vannstand Q200+klima	moh	160.50	160.50	160.50	160.50	160.50		160.50		160.48	160.47
Vanndybde	m	3.60	3.77	3.88	4.96	5.09		5.25		4.71	5.01
Eksisterende terreng	moh	156.90	156.73	156.62	155.55	155.42		155.25		155.77	155.46
Planlagt terreng	moh	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10	161.10	161.09	161.09	161.07
Høyde topp sikring	m	4.20	4.37	4.48	5.55	5.68	6.00	5.85	5.46	5.32	5.61
Stasjonering	m	0+160.00	0+180.00	0+189.58	0+200.00	0+201.44	0+215.00	0+220.00	0+230.00	0+240.00	0+260.00

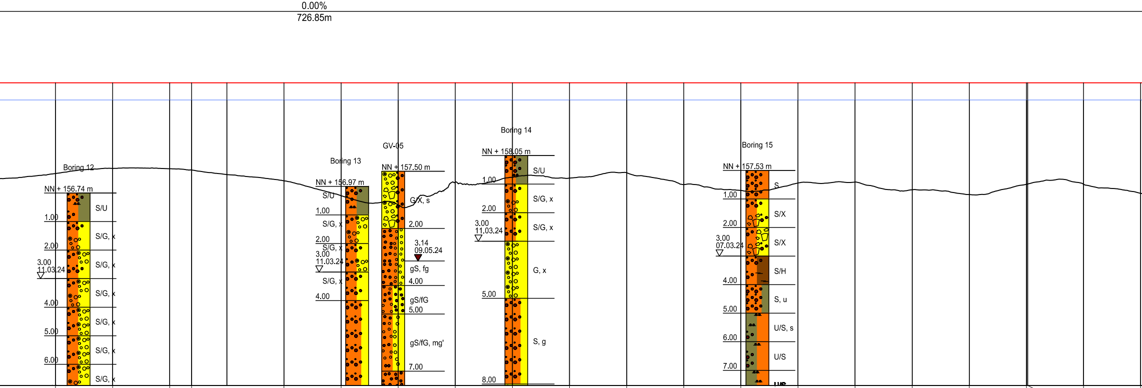

H = 5000.00m
T = 13.99m
f = 0.02m
0.06%
418.17m
0.50%
20.89m
TS= 160.85 m
GV-11
NN + 155.80 m
1.00
1.33
08.05.24
2.00
3.00
4.00
5.00
S, u
S/G, x
S/G, x
S/G, x
S/G
Boring 21
NN + 156.07 m
1.00
2.00
3.00
4.00
5.00
6.00
S, u
S/G, x
S/G, x
S/G, x
S/G
S/U
Boring 06
NN + 156.42 m
1.00
2.00
3.00
4.00
12.03.24
5.00
6.00
S
S/X
S, u
S, u
S
S
Boring 07
NN + 155.76 m
1.00
2.00
3.00
4.00
12.03.24
5.00
S/X
S/G
S/X
S/X
S/X, u
S, u

0+280.00	5.83	161.06	155.24	5.21	160.44
0+280.64	5.83	161.06	155.23	5.20	160.44
0+293.91	5.78	161.05	155.27	5.13	160.41
0+300.00	5.53	161.05	155.52	4.87	160.39
0+320.00	5.39	161.04	155.65	4.72	160.37
0+340.00	5.40	161.03	155.63	4.59	160.22
0+360.00	5.28	161.01	155.73	4.63	160.36
0+380.00	5.25	161.00	155.75	4.46	160.21
0+381.91	5.27	161.00	155.73	4.49	160.22
0+400.00	5.29	160.99	155.70	4.56	160.26
0+412.72	5.12	160.98	155.86	4.38	160.24
0+420.00	5.11	160.98	155.87	4.38	160.25
0+440.00	4.96	160.97	156.01	4.22	160.23
0+460.00	4.84	160.95	156.12	4.10	160.21
0+480.00	4.83	160.94	156.11	4.11	160.22
0+483.04	4.82	160.94	156.12	4.10	160.22
0+500.00	4.69	160.93	156.24	3.98	160.22
0+520.00	4.22	160.92	156.70	3.50	160.21
0+529.14	4.22	160.91	156.69	3.52	160.21
0+540.00	4.17	160.91	156.74	3.47	160.21
0+560.00	4.55	160.89	156.35	3.86	160.21
0+580.00	5.00	160.88	155.89	4.31	160.20
0+592.05	5.20	160.87	155.68	4.52	160.19
0+600.00	5.25	160.87	155.62	4.56	160.19
0+619.17	4.94	160.86	155.94	4.21	160.15
0+620.00	4.92	160.86			
0+633.17	4.96	160.87			
0+640.00	2.75	160.89	158.13	1.95	160.09
0+647.16	0.42	160.92			
0+654.06	0.00	160.95			

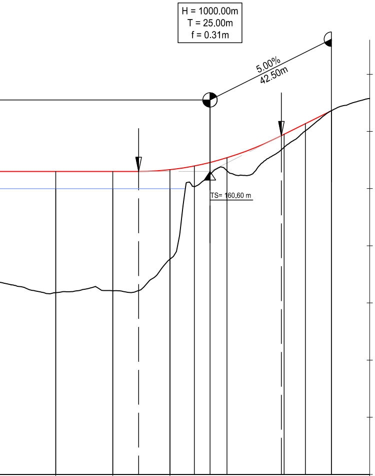
H = 500.00m
T = 6.25m
f = 0.04m


2.50%
10.14m
0.00%
72.93m
TS= 160.60 m
Boring 10
NN + 157.47 m
1.00
2.00
3.00
11.03.24
4.00
5.00
6.00
7.00
S/G, x
S/G, x
S/G, x
S/G, x
S, u, x
S
S
GV-09
NN + 156.70 m
1.00
2.18
08.05.24
6.00
S
G, s
Boring 11
NN + 156.27 m
1.00
2.10
3.00
11.03.24
4.00
5.00
6.00
S
S/X
G/X
G/X
G/X
S, g

			159.99	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
			4.38	4.74	4.71	3.87	3.82	2.67	3.89	3.63	3.56	3.84	3.93	4.28	3.99	3.28	3.52	3.50	3.61	3.80	2.98	2.60	3.21	3.16	3.04	2.76
160.85			155.61	155.26	155.28	156.13	156.18	157.33	156.11	156.37	156.44	156.16	156.08	155.72	156.01	156.72	156.48	156.50	156.39	156.20	157.02	157.40	156.79	156.84	156.96	157.24
160.85	160.76	160.64	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	158.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60
0.00	1.44	4.74	4.95	5.34	5.32	4.47	4.42	1.27	4.49	4.23	4.16	4.44	4.52	4.88	4.59	3.88	4.12	4.10	4.21	4.40	3.58	3.20	3.81	3.76	3.64	3.36
0+661.73	0+665.62	0+671.87	0+678.12	0+700.00	0+720.00	0+740.00	0+744.80	0+751.00	0+767.20	0+780.00	0+800.00	0+820.00	0+827.07	0+840.00	0+860.00	0+880.00	0+895.17	0+900.00	0+920.00	0+925.42	0+940.00	0+960.00	0+980.00	0+991.57	1+000.00	1+020.00

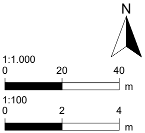

0.00%
726.85m
Boring 12
NN + 156.74 m
S/U
1.00
S/G, x
2.00
3.00
11.03.24
S/G, x
S/G, x
4.00
S/G, x
5.00
S/G, x
6.00
S/G, x
Boring 13
NN + 156.97 m
S/U
1.00
S/G, x
2.00
S/G, x
3.00
11.03.24
S/G, x
4.00
GV-05
NN + 157.50 m
G/X, s
2.00
3.14
09.05.24
gS, fg
4.00
gS/fG
5.00
gS/fG, mg'
7.00
Boring 14
NN + 158.05 m
S/U
1.00
S/G, x
2.00
3.00
11.03.24
S/G, x
G, x
5.00
S, g
8.00
Boring 15
NN + 157.53 m
S
1.00
S/X
2.00
3.00
07.03.24
S/X
S/H
4.00
S, u
5.00
U/S, s
6.00
U/S
7.00
U/S

160.00	160.00	160.00	160.00		160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00	160.00
2.58	2.40	2.41	2.45		2.83	3.35	3.67	2.88	2.71	2.74	2.55	2.96	3.17	2.91	2.87	3.15	3.31	2.95	2.94	2.95	3.27
157.42	157.60	157.59	157.55	157.38	157.16	156.65	156.32	157.12	157.29	157.26	157.45	157.03	156.83	157.09	157.12	156.85	156.68	157.04	157.05	157.05	156.73
160.60	160.60	160.60	160.60		160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60	160.60
3.18	3.00	3.01	3.05		3.44	3.95	4.28	3.48	3.31	3.34	3.15	3.57	3.77	3.51	3.48	3.75	3.92	3.56	3.55	3.55	3.87
1+040.00	1+060.00	1+080.00	1+087.63	1+100.00	1+120.00	1+140.00	1+160.00	1+180.00	1+200.00	1+220.00	1+240.00	1+260.00	1+280.00	1+300.00	1+320.00	1+340.00	1+360.00	1+380.00	1+380.44	1+400.00	1+420.00


H = 1000.00m
T = 25.00m
f = 0.31m
5.00%
42.50m
TS= 160.60 m

160.00	3.64	156.36	160.60	4.24	1+440.00
160.00	3.57	156.43	160.60	4.17	1+460.00
			160.60	4.17	1+469.05
160.00	2.47	157.53	160.66	3.13	1+480.00
		160.07	160.79	0.72	1+488.55
			160.91	0.43	1+494.05
		160.62	161.08	0.46	1+500.00
		161.44	161.85	0.49	1+519.05
			161.90	0.46	1+520.00
		162.02	162.27	0.25	1+527.46
		162.73	162.73	0.00	1+536.55
		162.88			1+540.00
		163.15			1+550.00

Koordinatsystem:	UTM32 (ETRS1989)
Hoydesystem:	NN 2000, i meter over havet (moh)


N
1:1.000
0
20
40
m
1:100
0
2
4
m

Nr.	Endring	Endret	Navn	Kontrollert	Navn
2					
1					

Flomsikring Nesbyen

Prosjektnr.: NVE-014-01

Vedlegg:

Målestokk: 1:1.000/100

Plannr.: E 301

Lengdeprofil
Valgt alternativ flomvoll

	Dato	Navn
Konsept	Jan. 2025	BeSa
Tegnet	Jan. 2025	SuHe
Kontroll.	04.02.2025	BeSa

Konsept

Oppdragsgiver:

NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Signatur

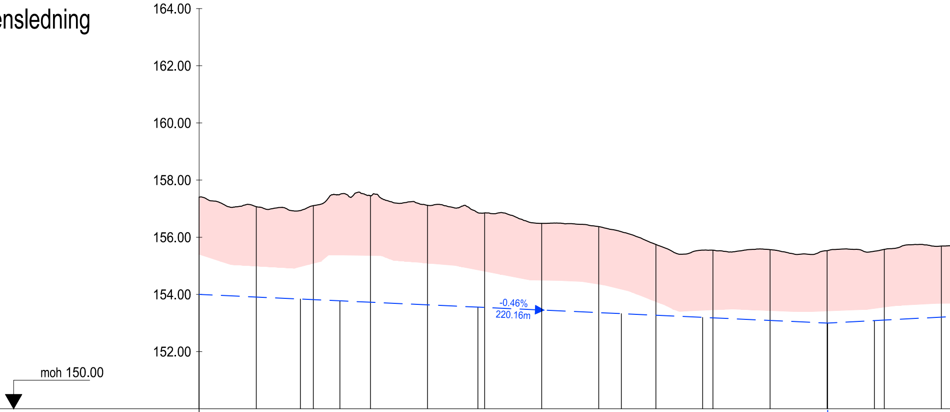
Planlegging:

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

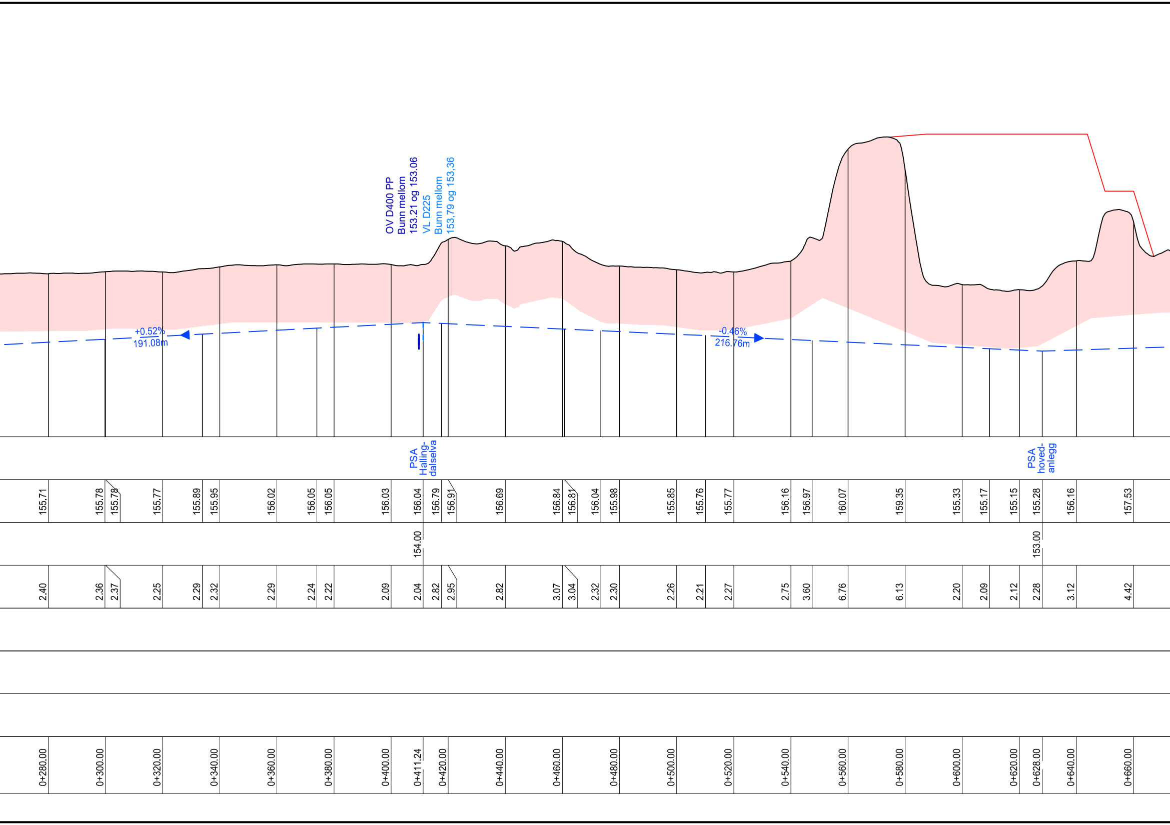
Inning am Ammersee, den 04.02.2025

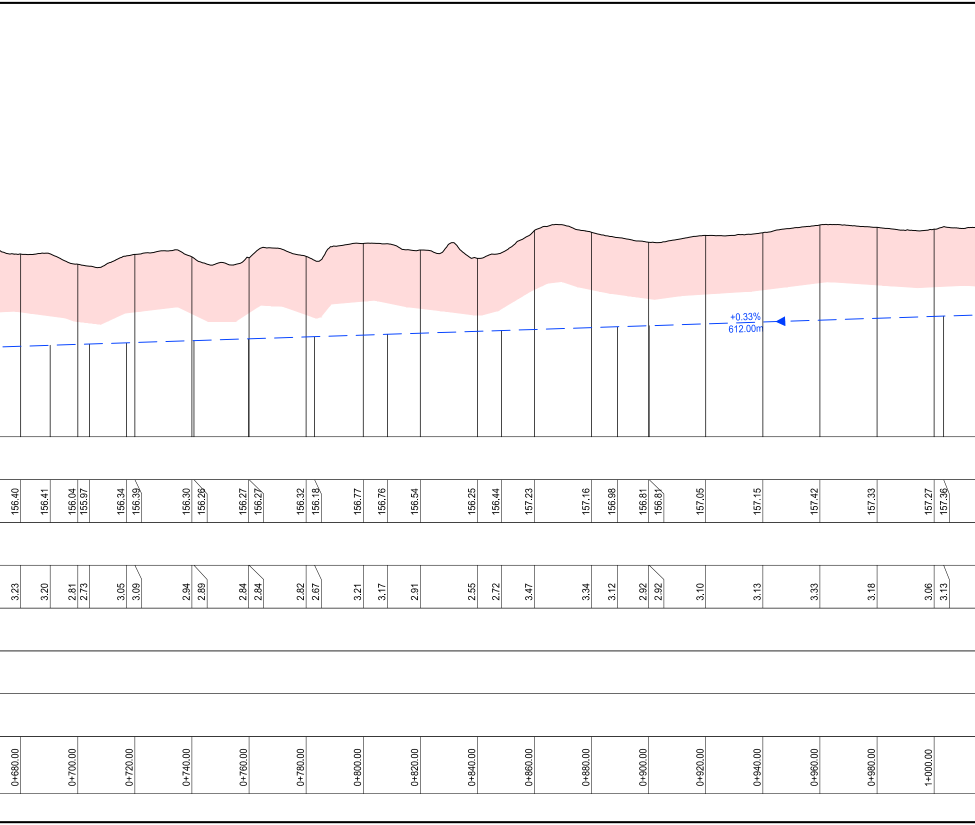
Signatur

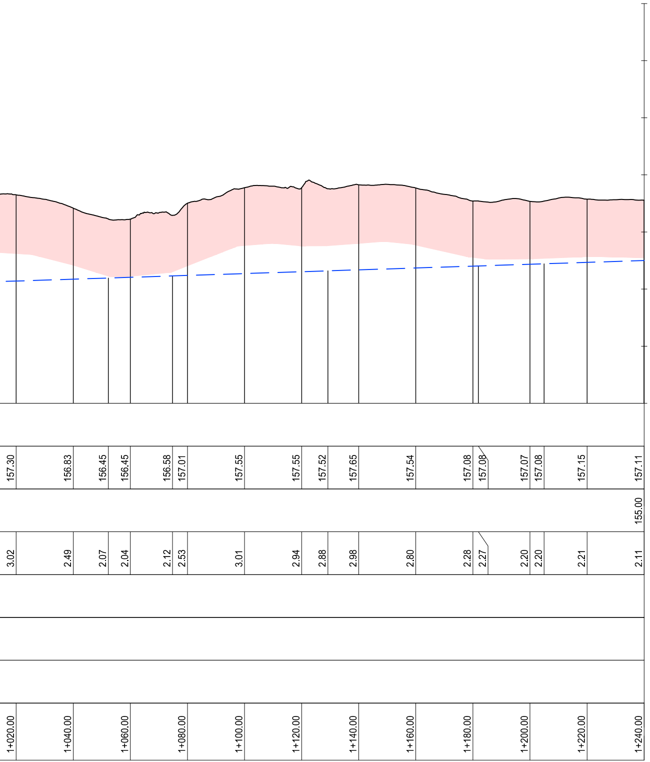
Drensledning


164.00
162.00
160.00
158.00
156.00
154.00
152.00
moh 150.00
-0.46%
220.16m

Kumnr.																		PSA markeds-plass			
Eksisterende terreng ———	moh	157.40	157.07	156.93	157.11	157.50	157.46	157.12	156.86	156.85	156.48	156.37	156.19	155.75	155.55	155.55	155.57	155.54	155.51	155.58	155.69
Kote innvendig bunn	moh	154.00																153.00			
Dybde ledning	m	3.40	3.16	3.09	3.29	3.73	3.73	3.48	3.30	3.31	3.03	3.01	2.87	2.48	2.35	2.37	2.48	2.54	2.43	2.47	2.49
Stasjonering	m	0+000.00	0+020.00		0+040.00		0+060.00	0+080.00		0+100.00	0+120.00	0+140.00		0+160.00		0+180.00	0+200.00	0+220.16		0+240.00	0+260.00


OV D400 PP
Bunn mellom
153.21 og 153.06
VL D225
Bunn mellom
153,79 og 153,36
+0.52%
191.08m
-0.46%
216.76m
PSA
Halling-
dalselva
PSA
hoved-
anlegg
155.71
155.78
155.78
155.77
155.89
155.95
156.02
156.05
156.05
156.03
156.04
156.79
156.91
156.69
156.84
156.81
156.04
155.98
155.85
155.76
155.77
156.16
156.97
160.07
159.35
155.33
155.17
155.15
155.28
156.16
157.53
154.00
153.00
2.40
2.36
2.37
2.25
2.29
2.32
2.29
2.24
2.22
2.09
2.04
2.82
2.95
2.82
3.07
3.04
2.32
2.30
2.26
2.21
2.27
2.75
3.60
6.76
6.13
2.20
2.09
2.12
2.28
3.12
4.42
0+280.00
0+300.00
0+320.00
0+340.00
0+360.00
0+380.00
0+400.00
0+411.24
0+420.00
0+440.00
0+460.00
0+480.00
0+500.00
0+520.00
0+540.00
0+560.00
0+580.00
0+600.00
0+620.00
0+628.00
0+640.00
0+660.00


+0.33%
612.00m
156.40
156.41
156.04
155.97
156.34
156.39
156.30
156.26
156.27
156.27
156.32
156.18
156.77
156.76
156.54
156.25
156.44
157.23
157.16
156.98
156.81
156.81
157.05
157.15
157.42
157.33
157.27
157.36
3.23
3.20
2.81
2.73
3.05
3.09
2.94
2.89
2.84
2.84
2.82
2.67
3.21
3.17
2.91
2.55
2.72
3.47
3.34
3.12
2.92
2.92
3.10
3.13
3.33
3.18
3.06
3.13
0+680.00
0+700.00
0+720.00
0+740.00
0+760.00
0+780.00
0+800.00
0+820.00
0+840.00
0+860.00
0+880.00
0+900.00
0+920.00
0+940.00
0+960.00
0+980.00
1+000.00


157.30
156.83
156.45
156.45
156.58
157.01
157.55
157.55
157.52
157.65
157.54
157.08
157.08
157.07
157.08
157.15
157.11
155.00
3.02
2.49
2.07
2.04
2.12
2.53
3.01
2.94
2.88
2.98
2.80
2.28
2.27
2.20
2.20
2.21
2.11
1+020.00
1+040.00
1+060.00
1+080.00
1+100.00
1+120.00
1+140.00
1+160.00
1+180.00
1+200.00
1+220.00
1+240.00

Koordinatsystem: UTM32 (ETRS1989)
Hoydesystem: NN 2000,
i meter over havet (moh)

N
1:1.000
0
20
40
m
1:100
0
2
4
m

Nr.	Endring	Endret	Navn	Kontrollert	Navn
2					
1					

Flomsikring Nesbyen

Prosjektnr.: NVE-014-01

Vedlegg:

Målestokk: 1:1.000/100

Plannr.: E 311

Lengdeprofil
Drensledning prinsipp

	Dato	Navn
Konsept	Jan. 2025	BeSa
Tegnet	Jan. 2025	SuHe
Kontroll.	04.02.2025	BeSa

Konsept

Oppdragsgiver:

NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

....
Signatur

Planlegging:

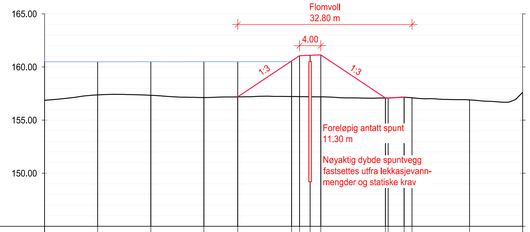
BKW ENGINEERING
Dr. Blasy
Dr. Øverland

Dr. Blasy - Dr. Øverland
Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

Inning am Ammersee, den 04.02.2025

....
Signatur

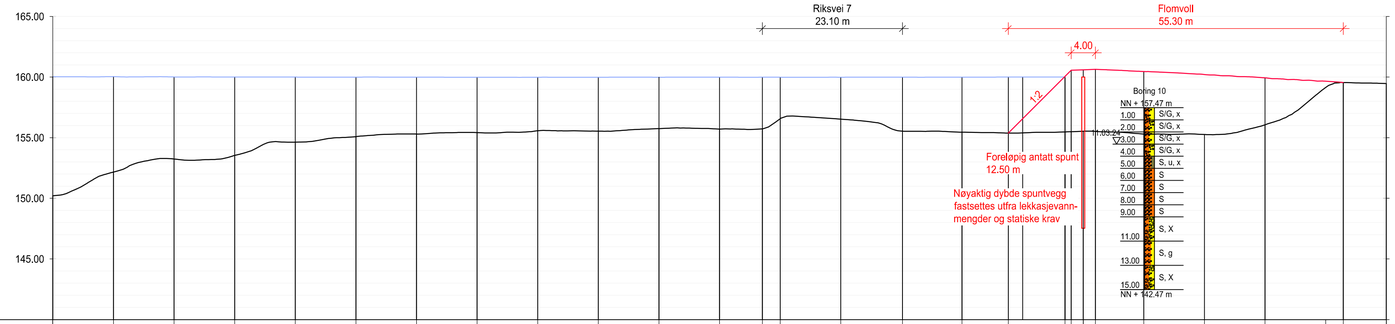
Tverrsnitt 0+130
M 1:1000/500



moh 145.00

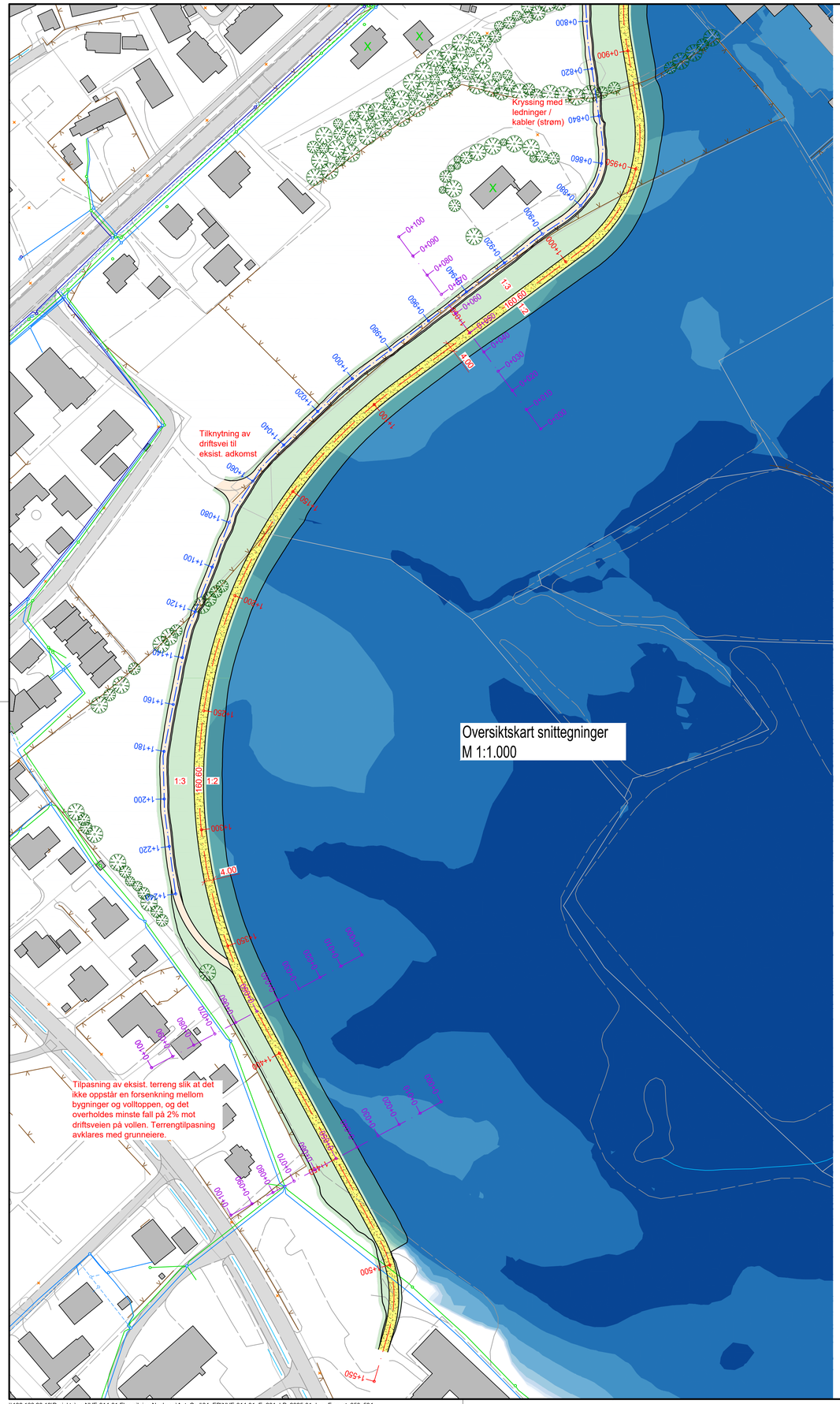
| | | |

Tverrsnitt 0+690
M 1:1000/500



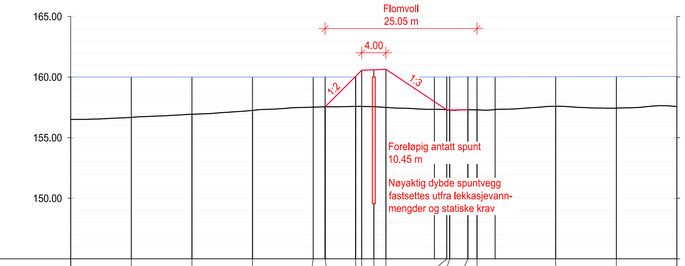
moh 140.00

| | | |



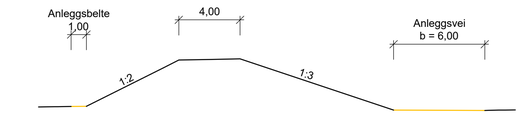
Oversiktskart snittegninger
M 1:1.000

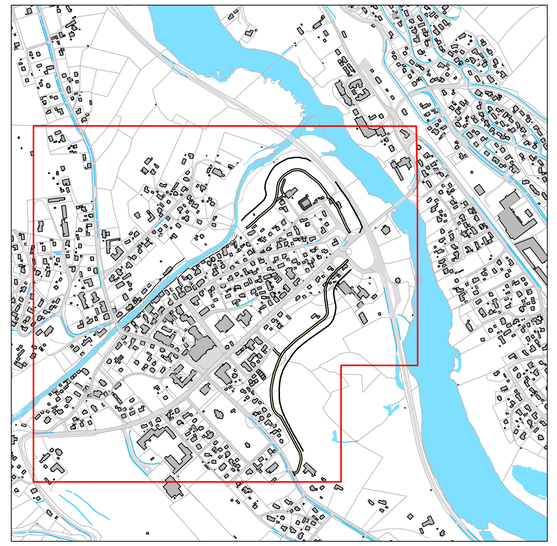
Tverrsnitt 1+050
M 1:1000/500



moh 145.00

| | | |





Koordinatsystem: UTM32 (ETRS1989)
Hoydesystem: NN 2000,
i meter over havet (moh)

N

1:2.000
0 50 100 m

Foreløpig

Status 03.02.2025

Tegnforklaring:

Eksisterende:

- Eiendomsgrense
- Gjerde
- Bygning
- Bygning med stor skade, krever byggesøknad for rehabilitering
- Usikkert at bygningen kan repareres uten byggesøknad
- Bygning kan gjenoppbygges uten byggesøknad
- Vei
- Eksisterende terreng (høydelinjer 1m og 0,25m)
- OV Overvannsledning
- SP Spillvannledning
- V Vannledning
- Høyspent
- Mast høyspent
- Mast lavpent

Planlegging:

- Riggområde
- Anleggsvei
- Pumpestasjon

Nr.	Endring	Endret	Navn	Kontrollert	Navn
2					
1					

Flomsikring Nesbyen

Prosjektnr.: NVE-014-01

Vedlegg:

Målestokk: 1:2.000

Plannr.: E 801

Situasjonsplan
Riggområder

	Dato	Navn
Konsept	Dez. 2024	BeSa
Tegnet	Dez. 2024	SeKa
Kontroll.	18.12.2024	BeSa

Konsept

Oppdragsgiver:
NVE Region Sør
Anton Jenssens gate 7
3103 Tønsberg

Signatur

Planlegging:

Dr. Blasy - Dr. Øverland Ingenieure GmbH
Stammsitz Inning
Billerberg 10, 82266 Inning am Ammersee
Telefon +49 8143 997-100
info@blasy-overland.de, www.blasy-overland.de

Inning am Ammersee, den 18.12.2024

Signatur