



Nørremarksvej 13

Supplerende undersøgelser 2025-2026

Odsherred kommune

Dato: 03-03 2026

Indhold

1.	Indledning, baggrund og formål	6
1.1	Historik og baggrund	6
1.1.1	Tidligere undersøgelser	6
1.2	Regional geologi og hydrogeologi	8
1.3	Formål	8
1.3.1	Parallele aktiviteter	9
1.4	Kvalitetskriterier	10
2.	Udførte undersøgelser	11
2.1	HPT (inkl. dissipation test)	11
2.2	Filtersatte boringer	12
2.3	Jordprøver fra boringer	13
2.3.1	Kornstørrelsesfordeling	13
2.4	Vandprøver fra filtersatte boringer	14
2.5	Synkronpejling	14
3.	Geologi og hydrogeologi	15
3.1	Geologi	15
3.1.1	Konceptuel geologisk model	15
3.1.2	Tilnærmet hydrogeologisk model	16
3.2	Hydrogeologi	17
3.2.1	Synkronpejlerunder og horisontal hydraulisk gradient	17
3.2.2	HPT: Vandførende lag, dissipation tests og vertikal hydraulisk gradient	19
3.2.3	Hydraulisk ledningsevne i vandførende lag	20
3.2.4	Spredningsveje via chlorid, natrium og elektrisk ledningsevne	20
4.	Forureningsudbredelse	22
4.1	Jordforurening, PFAS	22
4.1.1	Horisontal afgrænsning	22
4.1.2	Vertikal afgrænsning	24
4.1.3	PFAS sammensætning i jordprøver	26
4.2	Grundvandsforurening, PFAS	29
4.2.1	Horisontal afgrænsning	29
4.2.2	Vertikal afgrænsning	30

4.2.3	PFAS-sammensætning i grundvandsprøver	31
4.3	Jord- og grundvandsforurening, cyanid.....	33
4.4	Jordpakken.....	34
5.	Konceptuel model	36
6.	Beregning af PFAS-masse og forureningsflux.....	39
6.1	Masseberegninger, PFAS.....	39
6.2	Forureningsflux.....	41
7.	Risikovurdering og afværgelse	43
8.	Sammenfatning og identificerede videnshuller	44
8.1	Sammenfatning.....	44
8.2	Identificerede videnshuller	46
9.	Referencer	49

Bilagsliste

Bilag 1.	Situationsplaner med udførte undersøgelsespunkter
Bilag 1.1	Placering af undersøgelsespunkter i E25
Bilag 1.2	Pejlepunkter, sekundært grundvandsmagasin i E25/V26
Bilag 1.3	Placering af samtlige udførte undersøgelsespunkter (2021-2025)
Bilag 2.	Udførte undersøgelser
Bilag 3.	Resultater af undersøgelserne
Bilag 4.	Potentialekort, sekundært magasin
Bilag 4.1	Potentialekort, november 2025
Bilag 4.2	Potentialekort, januar 2026
Bilag 5.	Situationsplaner med forureningsudbredelse
Bilag 5.1	Koncentration af chlorid i grundvand
Bilag 5.2	Maks. koncentration af PFAS 4 i jordprøver
Bilag 5.3	Maks. koncentration af PFAS 22 i jordprøver
Bilag 5.4	Vertikal afgrænsning af PFAS 4 i jordprøver
Bilag 5.5	Maks. koncentration af PFAS 4 i grundvand
Bilag 5.6	Maks. koncentration af PFAS 22 i grundvand
Bilag 5.7	Koncentration af cyanid i jordprøver
Bilag 5.8	Koncentration af cyanid i grundvand
Bilag 5.9	Overskridelser af jordpakkekomponenter
Bilag 6.	PFAS fingerprint
Bilag 6.1	PFAS fingerprint for jordprøver
Bilag 6.2	PFAS fingerprint for vandprøver
Bilag 7.	Geologisk fortolkning og profiler med geologisk tolkning og forureningsudbredelse
Bilag 7.1	Regional og lokal konceptuel geologisk fortolkning
Bilag 7.2	Konceptuel geologisk fortolkning af tværsnit
Bilag 7.3	Tilnærmet hydrogeologisk modelfortolkning tværsnit
Bilag 7.4	Forureningsudbredelse i tværsnit
Bilag 8.	Konceptuel model
Bilag 9.	Masseberegninger
Bilag 10.	Feltpapirer
Bilag 11.	HPT logs og boreprofiler
Bilag 11.1	HPT logs
Bilag 11.2	Boreprofiler
Bilag 11.3	Samtolkning, HPT logs og boreprofiler

Bilag 12.	Tabeller, analyseresultater
Bilag 12.1	Analyseresultater, jord
Bilag 12.2	Analyseresultater, grundvand
Bilag 12.3	Tabel med vandstand i filtersatte boringer
Bilag 13.	Analyserapporter
Bilag 13.1	Analyserapporter, jord
Bilag 13.2	Analyserapporter, grundvand
Bilag 13.3	Analyserapporter, kornstørrelsesfordeling

1. Indledning, baggrund og formål

Nærværende rapport opsamler resultaterne af de undersøgelser der er udført på grunden, Nørremarksvej 13, 4560 Vig, 45 Hønsinge By, Vig samt lige udenfor grunden i efteråret/vinter 2025. Den traditionelle undersøgelsesstrategi: historik, undersøgelse, supplerende undersøgelse og afværge følges ikke fuldt ud på Nørremarksvej. Her udføres de supplerende undersøgelser i flere faser, i takt med at viden om forureningen øges, for ikke at foretage unødvendigt mange undersøgelsespunkter (HPT og boringer). Dette skyldes bl.a. at geologien i området omkring Nørremarksvej 13 er meget kompleks, og at forureningen er omfattende og omfatter flere separate kildeområder, hvilket kræver en nøje afstemt placering af supplerende undersøgelsespunkter.

1.1 Historik og baggrund

Der er i 2025 af Region Sjælland udført en komplet historisk gennemgang over anvendelsen af Nørremarksvej 13 fra 1974 og frem til 2025 som bl.a. brandøvelsesplads /1/.

1.1.1 Tidligere undersøgelser

Der er i perioden 2022-2025 udført tre undersøgelser på lokaliteten, givet i Tabel 1.1.

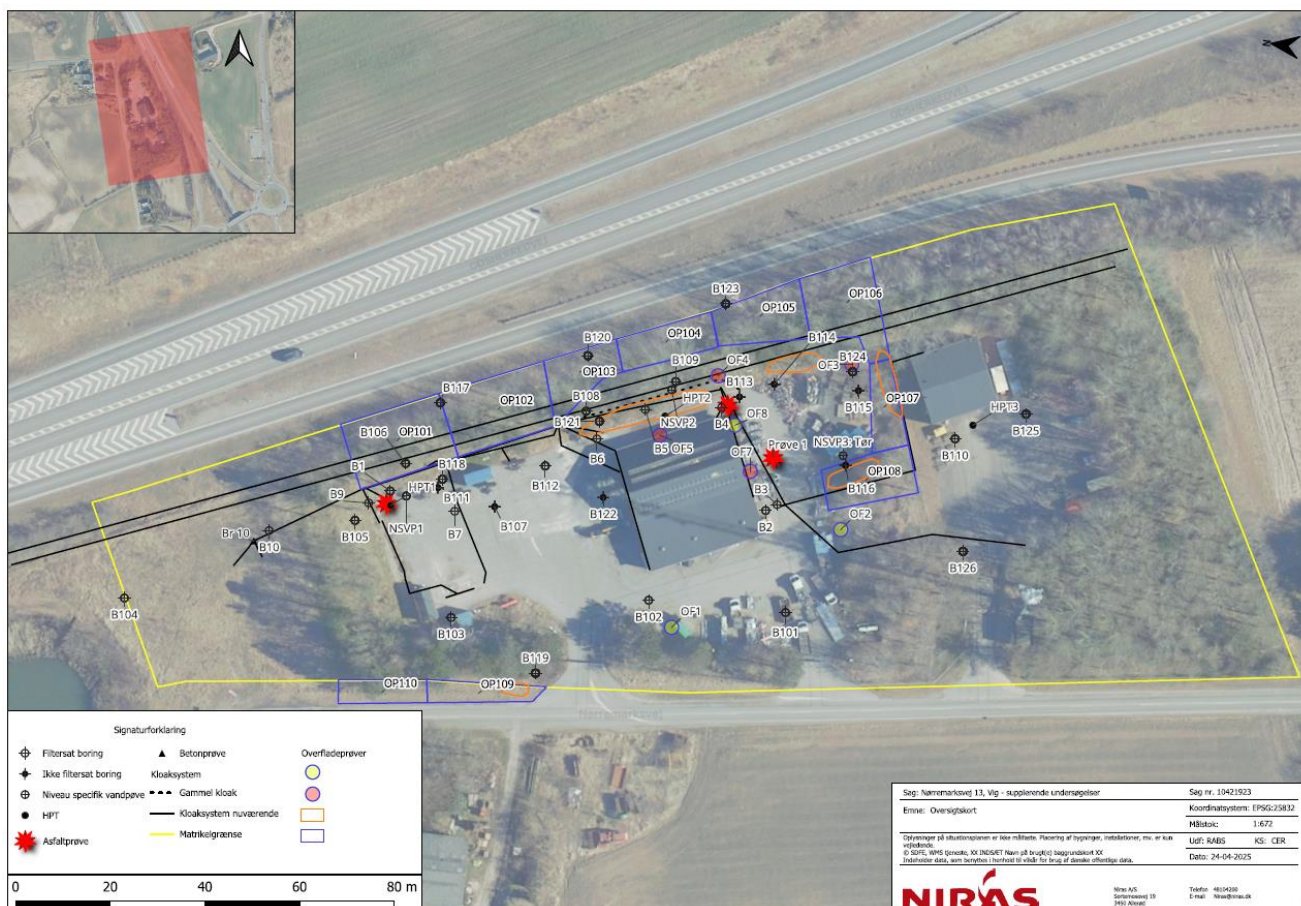
Tabel 1.1: Udførte undersøgelser på Nørremarksvej 13

Årstal	Undersøgelse	Kilde
2022	Notat vedr. forureningsundersøgelse, Nørremarksvej 13, 4560 Vig. DMR.	/3/
2024	Nørremarksvej 13, Vig, PFAS-undersøgelse, forureningsundersøgelse af jord og grundvand. NIRAS.	/4/
2025	Nørremarksvej 13, Vig, Supplerende undersøgelser 2024 og 2025. NIRAS.	/2/

De tre tidligere undersøgelser på lokaliteten har omfattet følgende aktiviteter (se Figur 1.1 for placering på grunden):

- Udførelse af 29 filtersatte boringer (B1-B10, B101-106, B108-B110, B112, B117-B121 og B123-B126)
- Udførelse af 6 ikke filtersatte boringer (B107, B111, og B113-B116)
- Udførelse af tre HPT-sonderinger med samhørende sonderinger med niveauspecifik vandprøvetagning
- Udtagning af i alt 116 jordprøver, fra filtersatte boringer i dybder til 7 m u.t., fra ikke filtersatte boringer i dybde til 2 m u.t. og fra terrænprøver.
- Udtagning af 32 vandprøver fra filtersatte boringer og 5 vandprøver fra niveauspecifikke sonderinger
- Udtagning af 4 vandprøver fra kloksamlebrønd i nedstrøms ende af lokaliteten (Br10)
- Analyse af alle vand- og jordprøver for PFAS 22. 74 Jordprøver udtaget inden for de øverste 4 m u.t. er analyseret for jordpakken (kulbrinter, 7 PAH og 6 metaller: Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn). 2 grundvandsprøver er testet for PFAS 24, og 11 grundvandsprøver er analyseret for cyanid.
- Overfladeafstrømningsforsøg med udpumpning af vand på overfladen ved brandøvelsespladsen for at undersøge vandets strømningsveje på områdets overfladearealer.
- PFAS 22 analyse af skumkoncentrat fundet i buskads på lokaliteten.

- PFAS 22 analyse af beton fra bunden af Br10.
- PFAS 22 analyse af asfalt fra tre prøver på lokaliteten.
- 4 synkronpejlerunder, heraf 1 med pejlinger fra alle 29 filtersatte boringer.
- TV-inspektion af kloak og gennemgang af kloakplaner samt kloak på Nørremarksvej for identificering af evt. tilstrømmende vand.

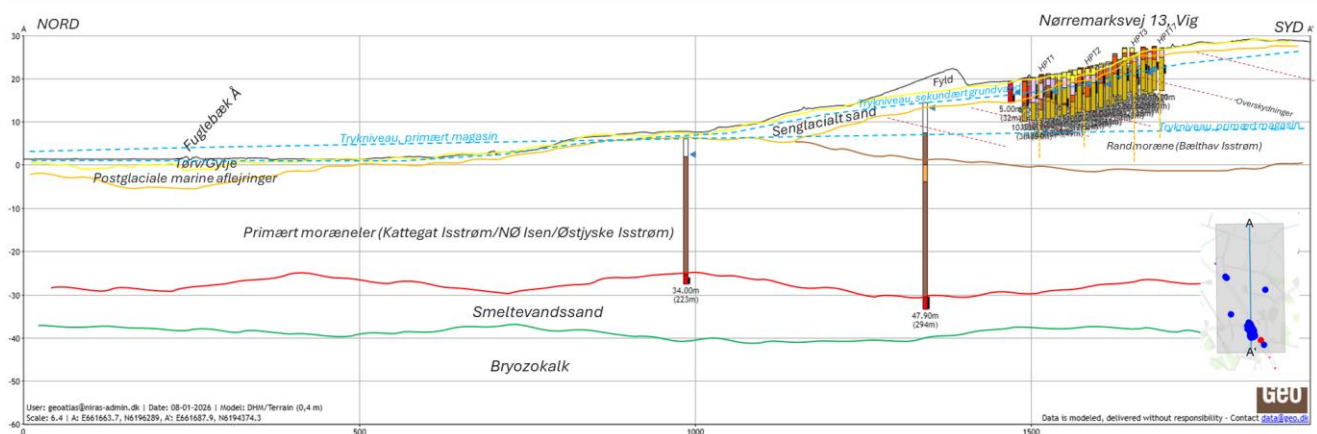


Figur 1.1 Oversigt over alle tidligere udførte undersøgelser på Nørremarksvej 13

De tidligere undersøgelser påviste en omfattende PFAS-forurening i jord, grundvand samt asfalt og kloak. PFAS-forureningen i jord blev horisontalt afgrænset mod øst, og delvist afgrænset mod nord- og nordvest. Der sås ingen afgrænsning mod syd og forureningen på den sydlige del af matriklen blev kun sparsomt belyst. Vertikalt set blev højeste indhold af PFAS generelt konstateret inden for niveauet 0-4 m ut, men der blev påvist PFAS til 7 m ut og over jordkvalitetskriteriet (JKK, se Tabel 1.2) til 4 m ut. Generelt blev de højeste jordkoncentrationer observeret over grundvandsspejlet og i smeltevandssand. Udbredelsen af grundvandsforureningen horisontalt og vertikalt er belyst i de tidligere undersøgelser. Undersøgelserne har ikke resulteret i nogen horisontal afgrænsning, og resultater fra alle vandprøver er over grundvandskvalitetskriteriet (GVK, se Tabel 1.2). Vertikalt er det heller ikke muligt at afgrænse forureningen, men resultaterne peger på et relativt tyndt terrænnært magasin underlejret af moræneler.

1.2 Regional geologi og hydrogeologi

Nørremarksvej 13 befinder sig, jf. /5/ tæt på toppen på en israndbakke, hvor "Bælthav Isstrømmen" har dannet randmoræner, som er kendetegnet ved opskudte skrånede overskydninger af sand og moræneler skabt af gletscherens bevægelse /14/, /15/. Helt terrænnært findes et lag af senglacialt sand af varierende mægtighed og sammenhæng. Nedenstående Figur 1.2 viser profilsnit med udtræk af boreprofiler, geologisk tolkning og modelestimerede trykniveauer (niveauet for grundvandsstanden) for det primære og sekundære grundvand. Profilet strækker sig godt 1,5 km fra Nørremarksvej til Fuglebæks Å i Trundholm Mose. Terrænet falder fra kote +30 DVR90 umiddelbart syd for Nørremarksvej 13, til omkring +1,5 DVR90 i Trundholm Mose. Områdets primære grundvandsmagasin er knyttet til Bryozokalk fra Danien samt glaciale smeltevandsaflejringer afsat umiddelbart over kalken. Ved Nørremarksvej 13 forventes trykniveauet i det primære magasin, som træffes mere end 50 m u.t., ifølge /11/ at træffes omkring kote +7 DVR90 med en nordvestlig strømningsretning. Områdets terrænnære grundvandsmagasin træffes i senglaciale og postglaciale aflejringer få meter under terræn. Det terrænnære grundvand har overordnet en N-NV strømningsretning, men grundet de skrånede overskydninger samt varierende sammenhæng af det terrænnære senglaciale sand, kan spredningsvejene for vand og forurening lokalt på Nørremarksvej og mod Fuglebæk Å variere. Det må forventes, at infiltrerende vand dels bevæger sig fra lokaliteten via kloak og markdræn og via strømning i det terrænnære grundvand mod nord. Som det ses af Figur 1.2 er der nedadrettet gradient fra terrænnært grundvand under Nørremarksvej 13 til primært magasin, hvorimod der under Trundholm Mose er opadrettet gradient, som følger af det lavtliggende dræned terræn.



Figur 1.2: Regionalt tværsnit fra Nørremarksvej 13 og mod Fuglebæk Å

1.3 Formål

Formålet med de supplerende undersøgelser udført i efteråret og vinter 2025-26 er overordnet at undersøge forureningen på Nørremarksvej 13 yderligere, mhp. senere at kunne opstille et afværgeprogram. Delmålene for denne undersøgelse er, at:

- Klarlægge den lokale geologi og hydrogeologi både terrænnært og til større dybde med detaljeret beskrivelse af variation i formationens sammensætning og hydrauliske ledningsevne, således at der opnås bedre mulighed for at fastlægge strømningsretningen for grundvandet.
- Belyse årstidsvariation/fluktuationer i grundvandet ved to planlagte pejlerunder mhp. vurdering af mægtigheden af den umættede zone.
- Afgrænse jordforureningen yderligere, herunder:
 - Horisontal og vertikal afgrænsning af forureningen i hotspots omkring brandøvelsesplads og frivilliggrund.

- Kendskab til kildestyrken i hotspotområder.
- Karakterisere grundvandsforurening yderligere, herunder at:
 - Opnå højere grad af horisontal afgrænsning mod syd, øst og vest på Nørremarksvej
 - Få en bedre forståelse for kildeområderne på grunden
 - Undersøge, om der er tale om en relativt smal fane, der er afgrænset på matriklen, eller om grundvandsfanen er bredere og rækker uden for matriklen samt nedstrøms uden for matriklen.
- Opdatere flux- og masseberegningerne pba. de udførte undersøgelser.
- Udføre en indledende risikovurdering og vurdering af, om der er tilstrækkeligt med data til at foretage drøftelser med myndigheder om afværg og oprensingsniveau.

1.3.1 Parallelle aktiviteter

Projektet omkring den påviste forurening med PFAS afstedkommer en række parallelle aktiviteter til de udførte undersøgelser på lokaliteten, som nærværende rapport omhandler.

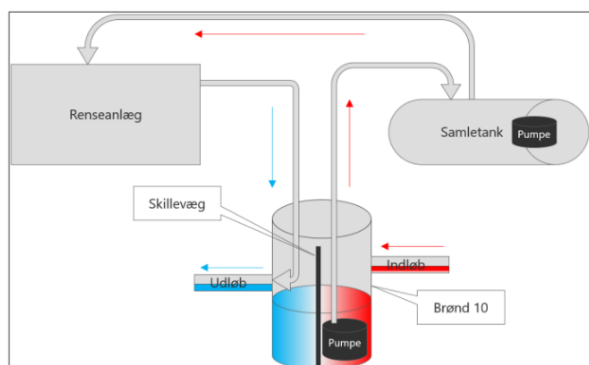
Undersøgelser nedstrøms kildegrunden

Sideløbende med undersøgelsesaktiviteterne på kildegrunden Nørremarksvej 13, udføres undersøgelser nedstrøms grunden.

Formålet er at undersøge, om der er sket forurening fra kildegrunden via drænsystemet, som er forbundet til Fuglebæk Å, og videre til Korevlerne. Strømningsretningen kortlægges vha. et sporstoffsøg og synkronpejling i drænbrønde, grøfter og vandløb mm. Derudover er der etableret filtersatte boringer i det terrænnære grundvand for at vurdere vandudvekslingen mellem dræn og grundvand. Overfladevand og grundvand er analyseret for PFAS 30, samt natrium og chlorid som mulige supplerende sporstoffer. Sediment fra grøfter og vandløb er undersøgt for PFAS 22. Ved et åbnet markdræn blev jorden under drænet analyseret for PFAS 22. Undersøgelserne af arealerne nedstrøms afrapporteres særskilt, og efterfølgende vil der foreligge et kortfattet samlet notat for de to undersøgelser.

Midlertidigt renseanlæg

På den nordlige del af Nørremarksvej 13, er der opsat et midlertidigt rensningsanlæg, der opsamler og renser vand fra brønden Br10, som modtager al spildevand og overfladevand fra grunden. I denne brønd er der etableret en skillevæg, således at vand der løber til Br10 opsamles i den ene halvdel og ledes til buffertank, hvorefter vandet passerer først et sandfilter og derefter et kulfilter, for slutteligt at blive ledt tilbage i den anden halvdel af Br10. Figur 1.3 viser en principskitse samt et foto af anlægget. Der pågår arbejde om udledningstilladelse, der behandles særskilt.



Figur 1.3 Principskitse for det midlertidige rensningsanlæg t.v., og anlægget opsat marts 2025 t.h.

1.4 Kvalitetskriterier

Analyser for PFAS af jord, grundvand og vand fra brønde er sammenlignet med og vurderet efter gældende kvalitetskriterier, som fremgår af Tabel 1.2.

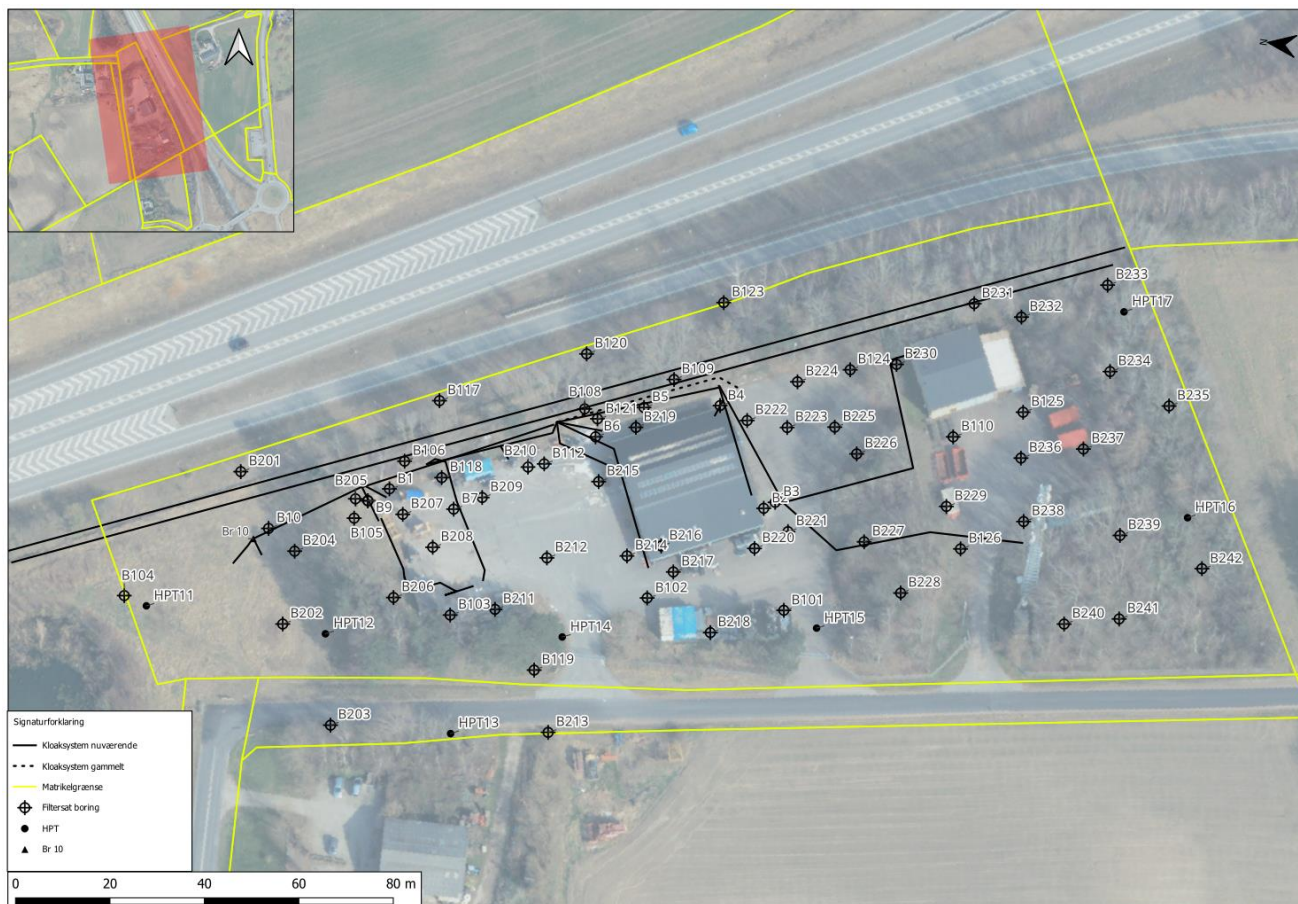
Tabel 1.2: Gældende PFAS-kvalitetskriterier jord, grundvand og overfladevand.

Medie	Stoffer	Værdi	Enhed	Kilde	Betegnelse
Jord	PFAS 4	10	µg/kg TS	/6/ & /9/	Jordkvalitetskriteriet (JKK)
	PFAS 22	400	µg/kg TS		
Grundvand	PFAS 4	2	ng/l	/6/ & /9/	Grundvandskvalitetskriteriet (GVK)
	PFAS 22	100	ng/l		
Overfladevand	PFOS	0,65 (i fersk-vand)	ng/l	/7/	Miljøkvalitetskrav (MKK)
	PFOA24-eq.	4,4	ng/l	/7/	Vandkvalitetskriterium

Kvalitetskriterier for PAH, metaller, kulbrinter, cyanid m.m. findes i /9/.

2. Udførte undersøgelser

Beskrivelse af de udførte undersøgelser fremgår af de følgende delafsnit. Alle undersøgelsespunkter ses i Figur 2.1, og er vedlagt i Bilag 1.1 og Bilag 1.2.



Figur 2.1: Oversigt over alle udførte undersøgelser på Nørremarksvej 13. Dette inkluderer nye borerig (B201-B242), HPT-sonderinger (HPT11-HPT17), og de borerig der er synkronpejlet og/eller vandprøvetaget.

Forud for igangsættelsen af undersøgelserne blev lokaliteten besøgt af NIRAS i samarbejde med Odsherred Kommune med henblik på vurdering af adgangsforholdene på den sydlige del af grunden. På baggrund heraf har Odsherred Kommune foretaget nødvendig rydning af buskads samt fældning af træer for at sikre adgang til området med borerig.

2.1 HPT (inkl. dissipation test)

Der er den 8.-18. september 2025 udført 7 HPT (hydraulic profiling tool) sonderinger (HPT11-17) til max. 21 m u.t. (se Tabel 2.1) med henblik på at lokalisere primære grundvandsstrømningsveje, for at lokalisere evt. skråtstillede lag på lokaliteten, for at opnå viden om den dybere geologi og for at vurdere, om det terrænnære grundvandsmagasin er sammenhængende.

Ved HPT-sondering måles dybdespecifikt det tryk, som kræves for at presse et kendt vandflow ud i formationen (HPT-pressure). Højt tryk indikerer lav hydraulisk ledningsevne af formationen, mens lavt tryk indikerer høj hydraulisk ledningsevne af formationen. Ved måling for hver 1,5 cm kan overgange mellem geologiske lag med

hhv. relativt lavt/højt tryk lokaliseres, og dette kan inkluderes i den geologiske tolkning. Sonderingen måler desuden den elektriske ledningsevne af formationen. Formationens elektriske ledningsevne afhænger af både ionindhold i porevand, mætningsgrad samt geologi-typen, hvor f.eks. tørt smeltevandssand har en meget lav elektrisk ledningsevne, mens f.eks. lerholdige jordtyper har en højere elektrisk ledningsevne.

I hver sondering er der udført 1-4 Dissipation tests ("vand-spredningstest") for at få indikation af det statiske vandtryk (grundvandets trykniveau) til empirisk beregning af hydraulisk ledningsevne ud fra HPT-tryk og flow. Testene udføres i dybder med relativt høj permeabilitet, for at kunne opnå et stabilt trykniveau. Er der flere lag med høj permeabilitet over dybden, kan trykniveauet bestemmes i flere dybder, og det kan på den baggrund vurderes, om der kan ske en vertikal strømning. Afhængig af lagfølgen over dybden og den deraf følgende permeabilitet, kan den vertikale hydrauliske gradient således estimeres.

Sonderingshullerne er afproppet med grout til fuld dybde.

HPT-sonderingerne er udført med NIRAS' Geoprobe-system. HPT-logs er vedlagt i Bilag 11.

Tabel 2.1: Udførte HPT-sonderinger på Nørremarksvej 13

Navn	Dybde (m u.t.)	Antal dissipation tests	Dato
HPT11	16,5	2	16/9-2025
HPT12	16	2	10/9-2025
HPT13	15	4	17/9-2025
HPT14	20,5	3	8/9-2025
HPT15	15	1	9/9-2025
HPT16	17,5	3	9/9-2025
HPT17	21	2	10/9-2025

2.2 Filtersatte boringer

Der er udført 42 filtersatte boringer, B201-B242, til 7-10 m u.t. i perioden 15. september – 31. oktober 2025. Boringerne er udført af DJ Boringer. Placering af boringer fremgår af Figur 2.1 (også vedlagt i Bilag 1.1).

Boringerne var alle planlagt til 10 m u.t., men enkelte boringer er grundet udfordringer med sten boret til anden dybde. Dette gælder B202 (boret til 5,1 m u.t.), B212 (6,8 m u.t.), B214 (8 m u.t.), B216 (7 m u.t.) og B220 (8,5 m u.t.)

Boringerne er udført for at kunne karakterisere og afgrænse forurening i jord og grundvand, og for at kunne beskrive geologien, som er styrende for grundvandsstrømningen og dermed forureningstransporten på lokaliteten. Yderligere er boringerne etableret for at kunne udføre synkronpejlerunder til bestemmelse af grundvands strømningshastighed og -retning.

Alle boringer blev afsat af NIRAS d. 28. august 2025. Ved borearbejdet har NIRAS ført tilsyn, herunder varetaget udtagning af jordprøver, udpeget filtersætningsdybden og udarbejdet borejournaler.

Boringerne er udført med borerig som tør-rotationsboringer med 6" sneglebor med forerør og filtersat med ø63 mm filter. Boreudstyret er løbende rengjort for at undgå kontaminering. Af sikkerhedshensyn i forhold til evt. ledninger, er udvalgte boringer forgravet med håndbor til 1 m u.t. Boreprofilerne med angivelse af DGU nr., koordinater, filtersætning og geologi er vedlagt i Bilag 11.2.

Boringerne er som udgangspunkt filtersat i våde eller fugtige sandlag. I boringer, hvor der overordnet var ler gennem hele profilet, er der filtersat i fugtige, eventuelt let sandede, lerlag med redoxindikationer på vandmætning (farveskift). Dette i forventning om, at der i de fugtige lag vil tilløbe boringen tilstrækkeligt med vand til udtagning af vandprøver.

Det overskydende, opborede jord er lagt i bigbags og bortskaffet til godkendt modtager af DJ Boringer.

2.3 Jordprøver fra boringer

Fra de 42 filtersatte boringer udført i efteråret 2025, er der udtaget jordprøver for hver halve meter til fuld boreddybde. Alle jordprøverne er efter hver arbejdsdag sendt til analyse eller opbevaring hos Eurofins Miljø A/S.

I alle boringer er der udtaget jordprøver fra de øverste 4 m ut (ca. til grundvandsspejlet) til analyse for jordpakken (kulbrinter, 7 PAH og 6 metaller: Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn), i alt 273 jordprøver.

I 9 udvalgte boringer, nedstrøms saltladen, er der udtaget jordprøver fra de første 2 m ut til analyse for cyanid, i alt 36 jordprøver.

I samtlige boringer er der udtaget jordprøver til fuld boreddybde for hver halve meter til analyse for PFAS 22. I de forventede hotspot-områder, er alle jordprøver for boringerne analyseret. For boringer placeret i kanten eller udenfor de forventede hotspots er jordprøver fra 0,5-7 m u.t. analyseret. Der er i alt analyseret 675 jordprøver for PFAS 22. I Bilag 2 ses en oversigt over hvilke prøver fra samtlige boringer der er indsendt til analyse for de forskellige parametre.

Alle analyser er udført hos akkrediteret laboratorium, Eurofins Miljø A/S. Udover prøver til kemisk analyse er der udtaget jordprøver til geologisk beskrivelse i NIRAS jordlab. Enkelte jordprøver er bortkommet hos laboratoriet efter udtagning. Ekstraprøver, udtaget under boringsarbejdet, er efterindsendt, men resultaterne modtages først efter deadline for nærværende rapport. De vil indgå i en revideret rapport. En oversigt over boringer, dybder og analyseparametre, hvor også de eftersendte jordprøver fremgår ses af Bilag 2.

Der er ikke udført udvaskningstests som planlagt. Dette skyldes forsinkelser fra analyselaboratoriet på analyse af jordprøver fra lokaliteten. Jordprøver til udvaskningstests skulle udvælges ud fra koncentration i jordprøverne. Det har ikke været muligt at få udført udvaskningstests inden for nærværende projektfrikt grundet de forsinkede jordprøver.

2.3.1 Kornstørrelsesfordeling

Der er udvalgt 11 udtagne jordprøver til kornstørrelsesfordelingsanalyse med henblik på bestemmelse af hydraulisk ledningsevne i vandførende lag. Den hydrauliske ledningsevne bruges bl.a. til at beregne forureningsfluxen, hvilket vil sige hvor stor forureningsmasse pr. år, der strømmer fra lokaliteten med grundvandet. Se Tabel 2.2 for boring og dybde for de udførte kornstørrelsesfordelingsanalyser. Kornstørrelsesfordelingsanalysen er udført af ALS Danmark A/S. Efterfølgende er der af NIRAS udført beregning af den hydrauliske ledningsevne vha. beregningsværktøjet Hydrogeosieve XL v 2.3.11 /10/.

Tabel 2.2: Borningsnavn og dybde for jordprøver udvalgt til kornstørrelsesfordelingsanalyse

Borningsnavn	Dybde (m u.t.)
B204	5
B205	4
B205	5,5
B213	5,5
B216	5
B216	6,5
B217	4,5
B219	3,5
B220	4,5
B222	5
B238	2

2.4 Vandprøver fra filtersatte boringer

For at få en yderligere afgrænsning af grundvandsforureningen, er der udtaget grundvandsprøver fra nyetablerede samt eksisterende boringer. I Bilag 2 er vedlagt en oversigt over, hvilke boringer der er blevet prøvetaget, dato for prøvetagning, kemiske analyseparametre, forpumpning samt ydelse.

Grundvandsprøver er udtaget i oktober 2025 fra de nyetablerede boringer, samt fra udvalgte eksisterende boringer. I alt blev der udtaget vandprøver fra 44 boringer.

Grundet analysefejl blev en enkelt boring, B216 genprøvetaget i december 2025. Syv nyetablerede boringer (B202, B231, B235, B239, B240, B241 og B242) var i oktober 2025 tørre. Disse blev forsøgt prøvetaget igen i januar 2026, hvor det lykkedes at udtage vandprøver fra B240, B242 og B231. Resultaterne for disse vil indgå i en revideret rapport.

Alle feltskemaer er vedlagt som Bilag 10. Før prøvetagningen blev boringerne pejlet, og under forpumpning er feltparametre (elektrisk ledningsevne, temperatur, redoxpotentiale, pH og iltindhold) målt. Enkelte boringer havde dog så dårlig ydelse, at det ikke var muligt at måle feltparametre. Alt oppumpet vand er ved prøvetagningen opsamlet i dunke, og hældt i brønden til det midlertidige rensningsanlæg. Der er anvendt nye pumper og slanger i hvert filter for at undgå krydskontaminering.

Grundvandsprøverne er alle analyseret for PFAS 22, natrium, chlorid og vandprøver fra udvalgte boringer er tillige analyseret for cyanid. Vandprøverne er sendt til kemisk analyse hos Eurofins Miljø A/S. Analyserapporter er vedlagt i Bilag 13.

2.5 Synkronpejling

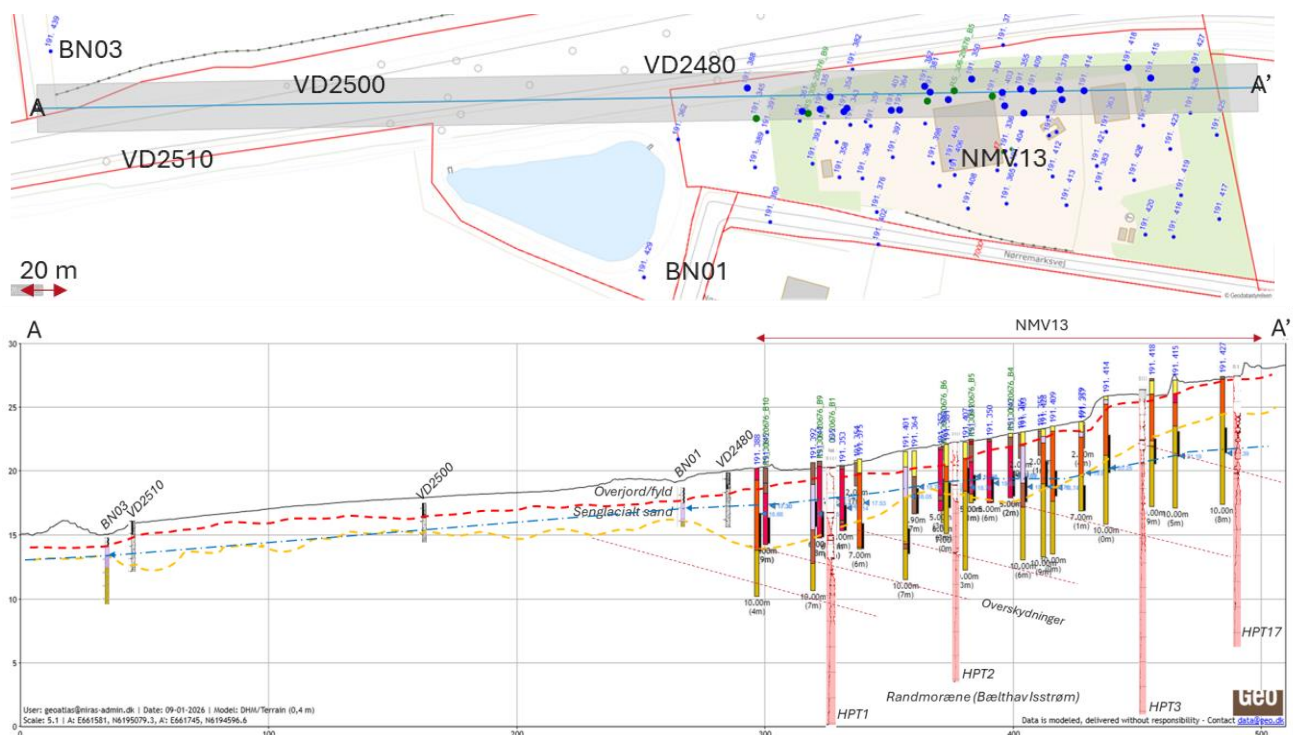
Der er udført to synkronpejlerunder af boringer i det terrænnære grundvandsmagasin på Nørremarksvej 13 for at belyse årstidsvariation/fluktuationer i grundvandet. De to pejlerunder er udført d. 3/11 2025, og 13/1 2026. I alt er 69 filtre pejlet pr. runde, enkelte boringer var dog tørre. Placeringen af de inkluderede boringer er vist i Bilag 1.2, og et samlet skema med resultater i Bilag 12.3.

3. Geologi og hydrogeologi

3.1 Geologi

3.1.1 Konceptuel geologisk model

Der er opstillet en regional konceptuel geologisk model fra Nørremarksvej 13 og mod Fuglebæks Å (se Figur 1.2) og en lokal konceptuel geologisk model for Nørremarksvej 13 og området umiddelbart nedstrøms for grunden (se Figur 3.1). Modellerne er opstillet på baggrund af den beskrevne regionale geologi og de udførte borer og sonderinger på Nørremarksvej 13 og i området ned mod Fuglebæks Å, samt geotekniske rapporter og borer og sonderinger fra Vejdirektoratets forundersøgelser til udbygningen af Rute 21 /12/. Lokalt er geologien fortolket i et langsgående tværsnit i grundvandets strømningsretning (tværsnit A, Figur 3.1) samt i fire tværsnit på tværs af strømningsretningen. Bilag 7 indeholder tværsnit B-D, tværsnit OP, som ligger længst opstrøms på grunden, samt tværsnit NED, som ligger længst nedstrøms på grunden. Tværsnit B-D samt OP og NED er orienteret, så de er tilnærmet vinkelret på den overordnede nordlige strømningsretning.



Figur 3.1: Konceptuel geologisk model for Nørremarksvej 13 samt området umiddelbart nedstrøms for grunden.

Nørremarksvej 13 er som beskrevet i afsnit 1.2 placeret tæt ved toppen af en israndbakke på kote ca. 20-25 m. Som det fremgår af Figur 3.1 træffes helt terrænnært stedvist fyld, dels fra terrænreguleringer på Nørremarksvej 13 og nedgravning af kloakledninger på ejendommen, dels fra vejarbejder i forbindelse med udvidelsen af Rute 21 (Kirkeåsvejen-Odsherredvejen i 2012 /13/).

Randmorænen under Nørremarksvej 13 overlejres af et tyndt lag senglaciale sand. Sandlaget kan følges som et vekslende tyndt dække ned mod Trundholm Mose, hvor det overlejres af postglaciale marine og ferske gytje- og tørveaflejringer /13/.

Der er ved nærværende undersøgelse kun påvist små indikationer på, at randmorænen under Nørremarksvej indeholder opskudte skråtstillede lag skabt af gletscherbevægelse. Det ser ud til, at morænelerets overflade under Nørremarksvej 13 er trappeformet, hvilket kan henføres til overskydninger med lav hældning (Figur 3.1). De udførte lagfølgeboringer og ikke mindst HPT-profilerne (se Bilag 11.1), hvoraf enkelte er ført ned til kote 0, indikerer at moræneleret er relativt massivt, med ganske få tynde indslag af mere permeable lag. Moræneleret beskrives i de udførte boreriger generelt som magert og sandet, men stedvist også som ret fedt, og med få indslag af morænesand (se Bilag 11.2). Et geoelektrisk længdeprofil udført for Vejdirektoratet i 2002, bekræfter lavmodstandslag (30-40 ohm), hvilket indikerer lerholdig jord ned til minimum kote +10 DVR90 nær Nørremarksvej 13 /12/.

På større dybde træffes ligeledes primært moræneler, som strækker sig ud under Trundholm Mose, og som må henføres til ældre isstrømme fra sen Weichsel, herunder Østjyske Isstrøm, Nordøst Isen og Kattegat Isstrømmen.

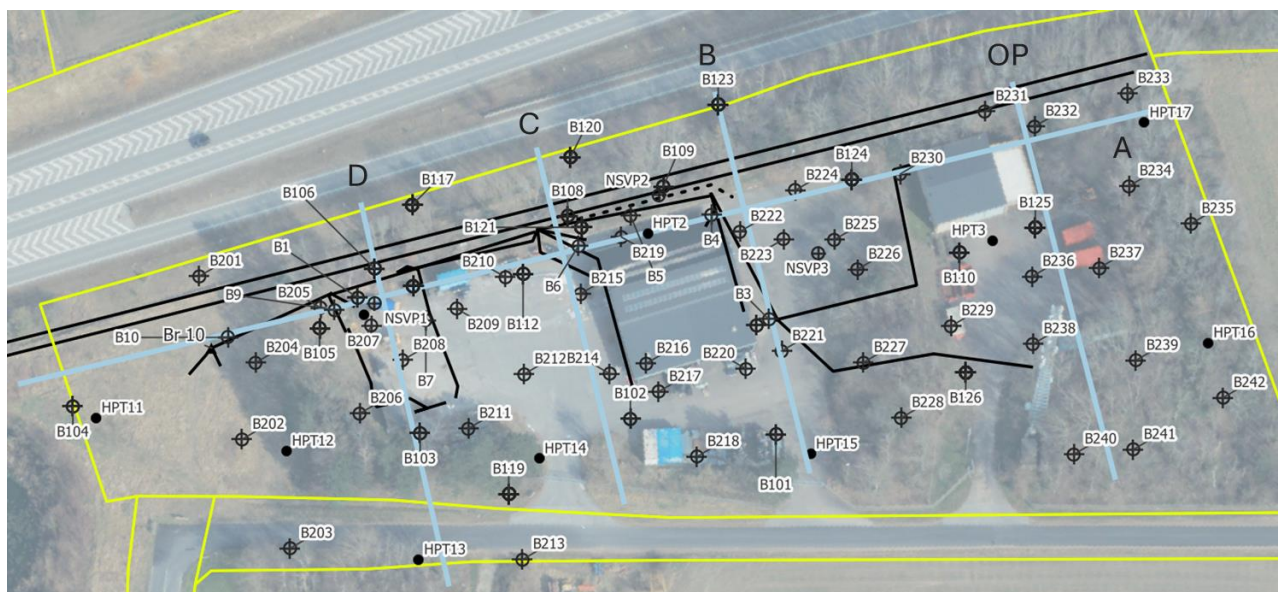
Det primære magasin er knyttet til udbredte smeltevandsaflejringer under kote -25 DVR90 og Bryozokalken, som træffes omkring kote -40 DVR90.

En detaljeret gennemgang af områdets geologi findes i Bilag 7.1.

3.1.2 Tilnærmet hydrogeologisk model

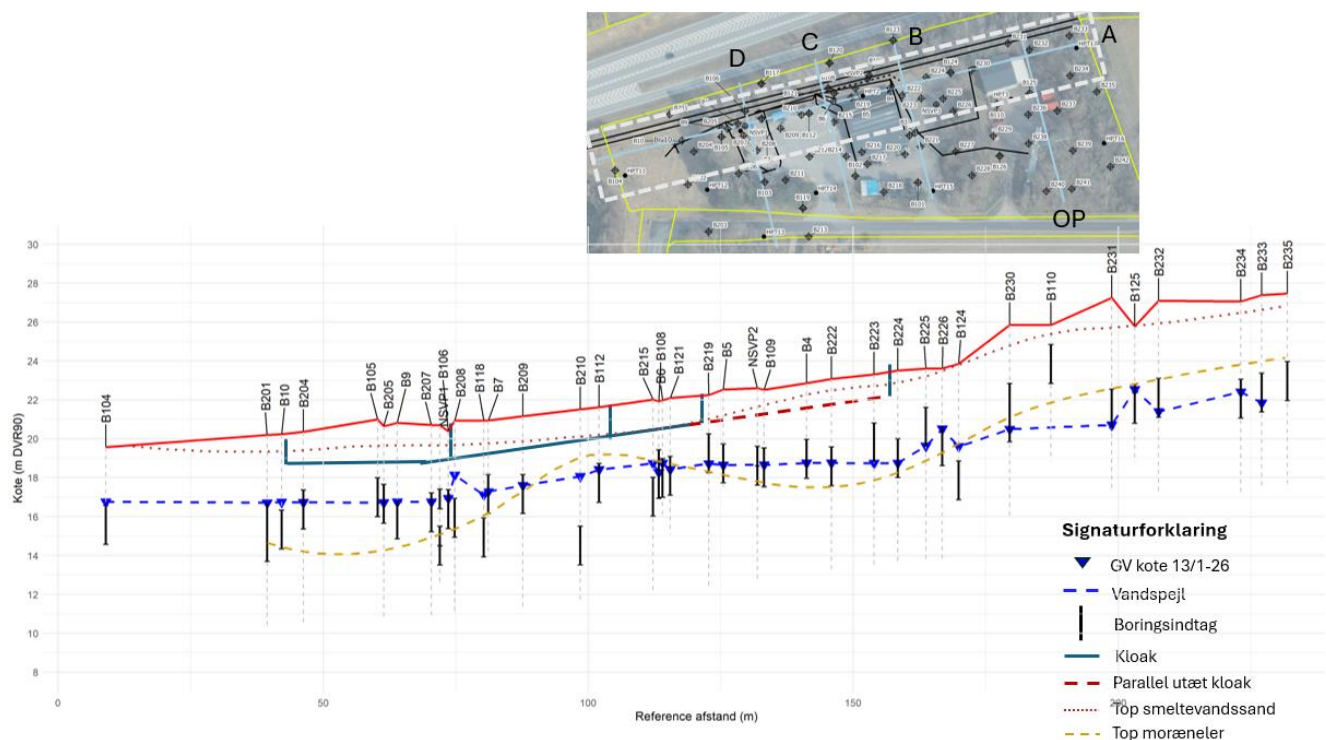
Den tilnærmede hydrogeologiske model er udarbejdet for at kunne bruge den opsamlede viden om geologien, især den vertikale og horisontale udbredelse af det senglaciale sandlag, i beregninger af forureningsflux samt forureningsmasse.

Baseret på lagfølge-beskrivelserne i alle udførte boreriger på grunden, er der udarbejdet en tilnærmet hydrogeologisk model for den del af tværsnittene, der primært er inden for Nørremarksvej 13, herunder tværsnit A-D samt det opstrøms beliggende tværsnit OP. Afgrænsningen af snittene skyldes lav datatæthed uden for grunden, som også er årsag til, at det nedstrøms beliggende tværsnit NED ikke inkluderet. Tværsnit NED er beskrevet i den konceptuelle geologiske model, se Bilag 7.2. Se Figur 3.2 for tværsnitsplaceringer for den tilnærmede hydrogeologiske model.



Figur 3.2: Placering af tværsnit for tilnærmet hydrogeologisk model Nørremarksvej 13

Modellen er udarbejdet ved at interpolere koter fra alle udførte boringer for hhv. overgangen mellem fyld og senglacialt sand samt overgangen mellem senglacialt sand og moræneler. Interpoleringen er foretaget med såkaldt ordinær kriging og udbreder de observerede lagdelinger over hele området. Ved denne metode estimeres dybden for overgangen mellem lagene i områder mellem boringer, hvor der ikke er data. Bemærk, at i tvær-snitvisningerne af den tilnærmede hydrogeologiske model, stemmer dybderne for lagdelingerne ikke nødvendigvis fuldstændig overens med dybderne beskrevet i borejournalerne. Dette skyldes, at boringerne ikke er præcist på linjen for tværnittene men at de er projiceret (flyttet vinkelret) ind på tværsnittet. Se Figur 3.3 for tilnærmet hydrogeologisk model med vist pejlet grundvandsspejl for det sekundære grundvandsmagasin i tværsnit A og Bilag 7.3 for øvrige tværnit samt fladeinterpoleringer af toppen af sandlag og moræneler.



Figur 3.3 Tilnærmet hydrogeologisk model i tværsnit A

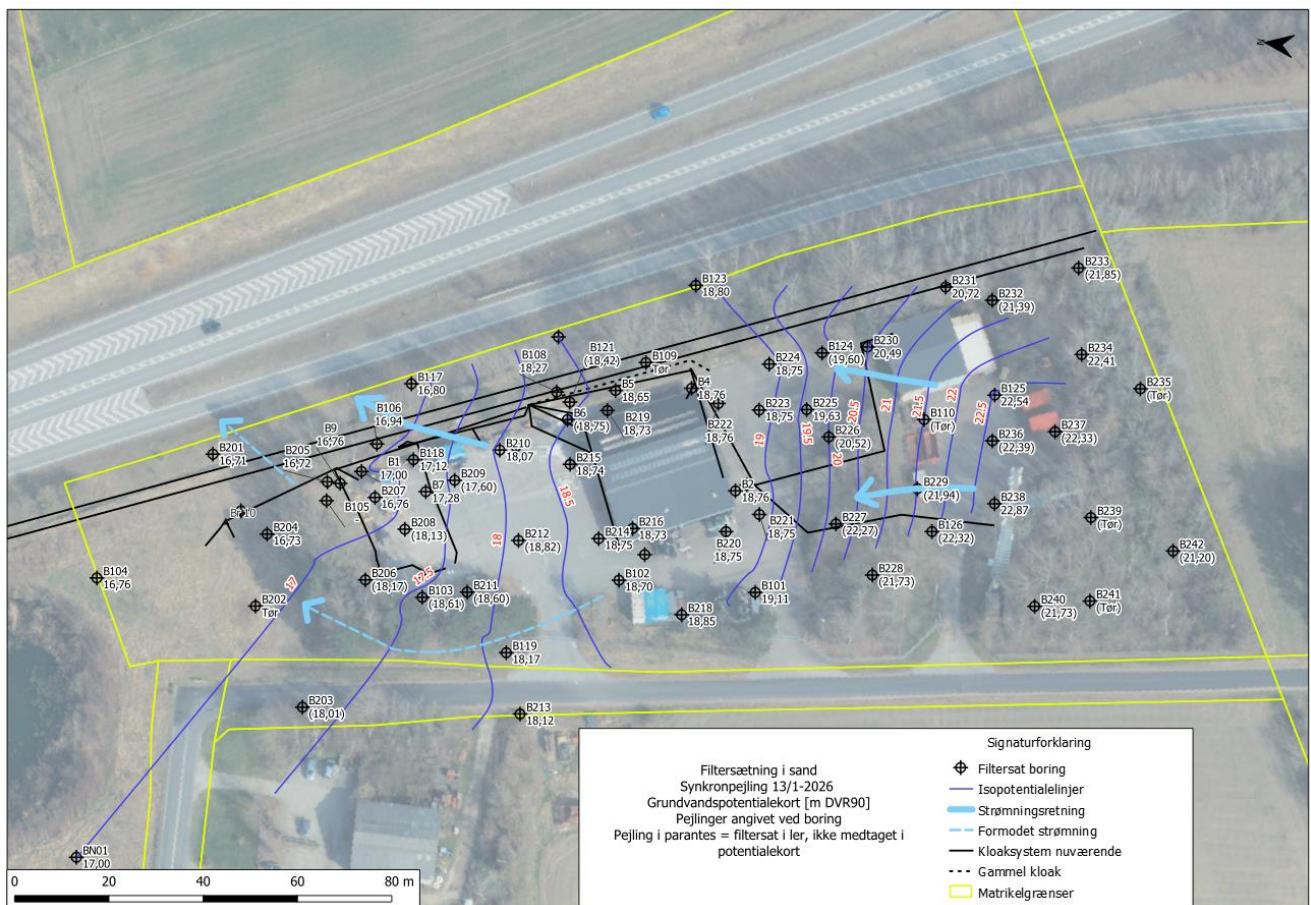
3.2 Hydrogeologi

3.2.1 Synkronpejlerunder og horisontal hydraulisk gradient

Der er udført to synkronpejlerunder på grunden ifm. nærværende undersøgelse hhv. d. 30/11-2025 og d. 13/1-2026. I den anden synkronpejlerunde blev boringer uden for grunden i nedstrøms retning også pejlet. Boringerne BN01 og BN02, som er nedstrøms for Nørremarksvej 13, er derfor inkluderet i potentialekortet for alle boringer, som er filtersat i sand og pejlet den 13/1, vist i Figur 3.1. Boringer filtersat i ler er ikke inkluderet, men værdierne er vist i parentes. Den horisontale hydrauliske gradient baseret på de seneste to synkronpejlerunder er bestemt til 0,019-0,035, hvilket ligger meget tæt på det, der blev bestemt pba. tidligere pejlerunder ifm. /2/.

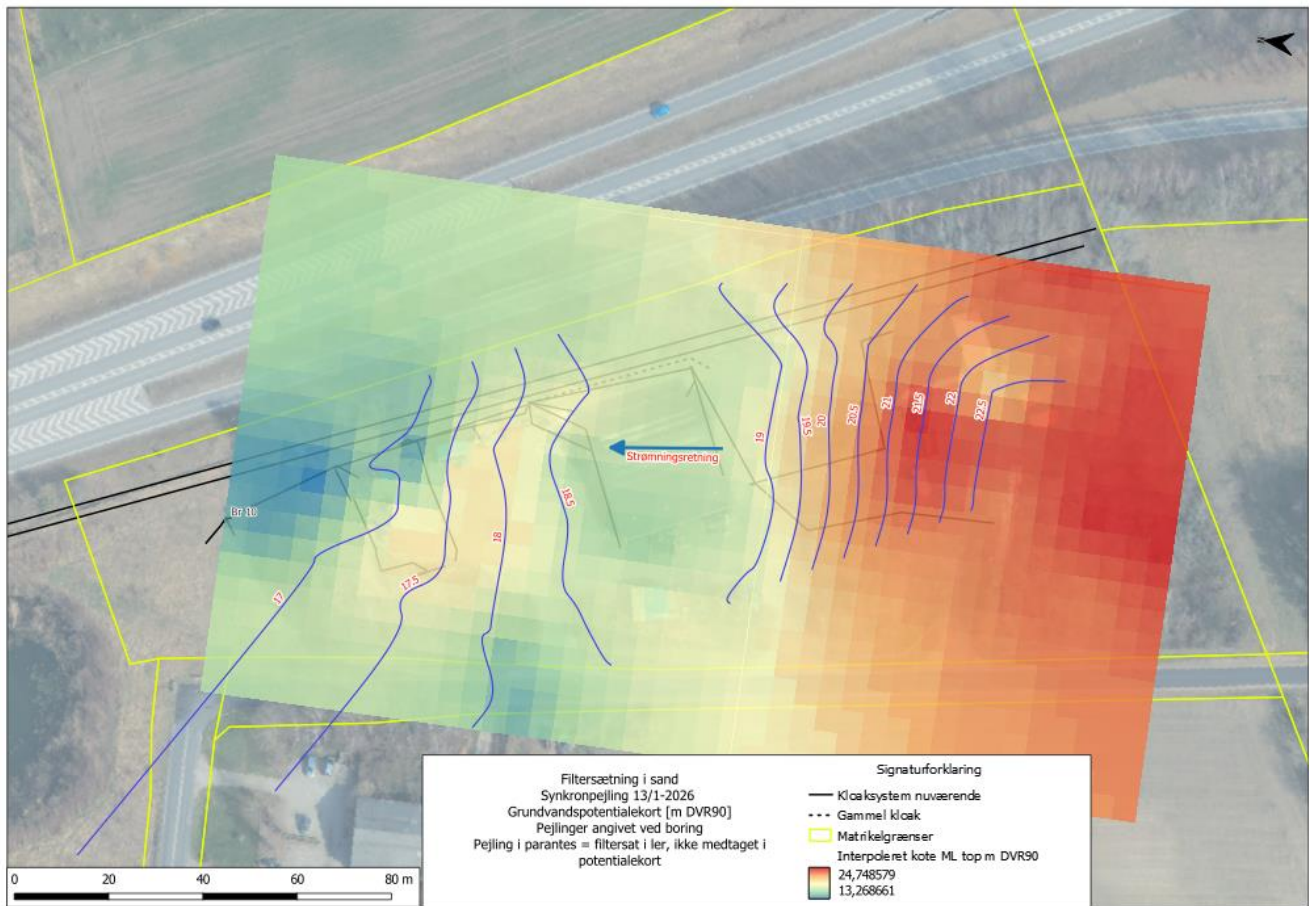
Grundvandets strømningsretning følger generelt grundens længderetning mod nord i begge pejlerunder. I den nordlige ende af grunden peger potentialelinjerne på, at grundvandet i nogen grad drejer mod NNØ ud mod Rute 21.

I dagene op til pejlerunden d. 13/1-2026 var en periode på ca. 10 dage med frost. Det kan ikke udelukkes, at dette har medvirket til at forsinke infiltrationen fra terræn. Grundvandsspejlet for den 13/1-26 står generelt få cm. højere eller lig vandspejlet fra pejlerunden den 30/11-2025. Sammenlignes med synkronpejlerunderne på grunden udført ifm. /2/, ses det, at grundvandsspejlet står ca. 50-90 cm lavere i januar 2026 end i januar 2024 i de borer, der er pejlet begge gange (B1-B5, B7, B9 og B10). Se Bilag 4 for potentialekort i fuldt format for begge udførte pejlerunder samt Bilag 12.3 for pejledata.



Figur 3.4: Grundvandspotentiale for pejlerunde 13/1-2026. Isopotentialelinjer vist for pejlinger fra sandlag.

En sammenligning af koten for toppen af moræneler-laget under Nørremarksvej 13, baseret på den tilnærmede hydrogeologiske model, samt potentialelinjer fra pejlerunde den 13/1-2026 viser, at isopotentialelinjerne følger koten for toppen af moræneleret, se Figur 3.5. Det farvede overlægskort viser den interpolerede overflade af koten for toppen af moræneleret fra den hydrogeologiske model, vist sammen med isopotential-linjer fra 13/1-26 (se Figur 3.4). Hvor rød repræsenterer de højeste koter for ML-toppen, repræsenterer blå de laveste koter (se Bilag 7.3 for interpolerede overflader med borer). Det ses, at grundvandsniveauet følger toppen af moræneler-laget. Særligt i den nordlige del af grunden er det tydeligt, at NØ-drejningen af grundvandsstrømmen falder sammen med et fald i koten for ML-overfladen. Dette peger på, at grundvandet følger den strømningsvej, hvor lerlaget ligger dybest.



Figur 3.5 Interpoleret kote for top moræner (ML) samt isopotentialelinjer for grundvandsstanden fra pejlerunde 13/1-2026

3.2.2 HPT: Vandførende lag, dissipation tests og vertikal hydraulisk gradient

HPT-sonderingerne HPT11-HPT17 viser alle en relativt høj permeabilitet terrænnært. Overgangen til mindre permeable lag sker i en dybde fra ca. 1-2 m u.t. i HPT16 til 8 m u.t. i HPT13. I nogle tilfælde, eksempelvis HPT13 sker der en brat overgang til mindre permeable lag, men i de fleste sonderinger sker permeabilitetsfaldet gradvist over flere meter.

På baggrund af boreprofiler fra nærliggende boringer tolkes det terrænnære og mest permeable lag som sand, mens de dybere, mindre permeable lag tolkes som ler. Sammenligning af borejournaler og HPT-sonderinger er vist i Bilag 11.3. De udførte HPT-sonderinger viser, at lerlaget fortsætter til bunden af sonderingerne, til en dybde på 15-21 m u.t. Kort med sonderingsplaceringer ses i Bilag 1.1

Der er udført dissipation tests i alle HPT sonderinger. Forudsætningen for, at der kan estimeres en vertikal hydraulisk gradient i en sondering er, at der kan opnås et ro-vandspejl i flere dybdeniveauer. Ro-vandspejlet repræsenterer det hydrostatiske vandtryk i den pågældende dybde og den vertikale hydrauliske gradient er udtryk for, hvilken vej vandet bevæger sig, pba. det hydrostatiske vandtryk målt i flere dybder. Ved en nedadrettet hydraulisk gradient vil vandet bevæge sig nedad. Ved meget lav permeabilitet, som i ler, kan det være vanskeligt at opnå et ro-vandspejl inden for en rimelig tidshorisont. Det var ikke muligt at etablere et ro-vandspejl i mere end ét dybdeniveau i nogen af de udførte sonderinger. Det er derfor ikke muligt at estimere en plausibel vertikal hydraulisk gradient. Dette betyder, at det ikke er muligt pba. sonderingerne at vurdere, om der er en

nedadrettet vandstrømning fra det terrænnære magasin og dybereliggende vandførende horisonter. Se resultater samt dybder for dissipation tests i Bilag 11.1.

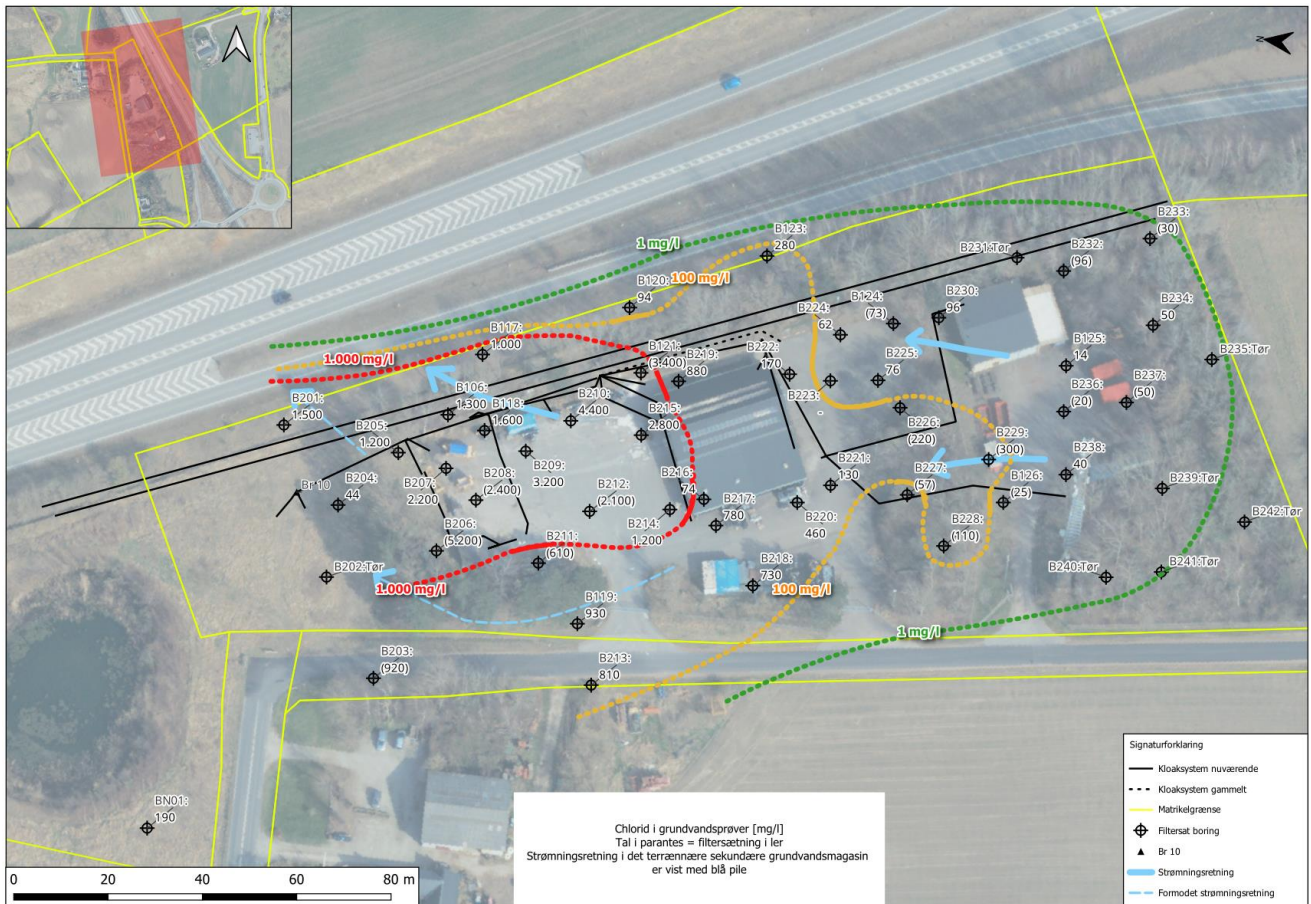
Sammenligninger af pejlinger i boringspar med filtersætning i hhv. sand og ler, og estimering af en tilnærmet vertikal hydraulisk gradient i disse, giver ikke noget entydigt billede på den vertikale hydrauliske gradient. Der ses i enkelte HPT-profiler antydning til forhøjet elektrisk ledningsevne over lerlag – en indikation på, at saltholdigt vand nogen steder transporteres nedad pga. en nedadrettet hydraulisk gradient (se Bilag 11.1). For enkelte PFAS-koncentrationsmålinger i jord ses også høje koncentrationer i dybe jordprøver, uden der er påvist PFAS i samme størrelsesorden i omkringliggende boringer og dybder – eksempelvis i B236 (se Figur 4.4 og Bilag 6.1). Dette indikerer nedadgående transport af PFAS-forurenede vand,

3.2.3 Hydraulisk ledningsevne i vandførende lag

Den hydrauliske ledningsevne - hvor let vand bevæger sig gennem et porøst materiale - i den vandførende del af det terrænnære sand er pba. kornstørrelsesfordelinger og empirisk analyse af disse bestemt til at ligge i intervallet $[1,04 \cdot 10^{-6} - 4,23 \cdot 10^{-4}]$ m/s med en geometrisk middelværdi på $7,08 \cdot 10^{-5}$ m/s. I det sekundære magasin er største estimerede K-værdi således estimeret til at være ca. 400 gange større end den mindste. Værdierne anvendes til beregning af forureningsfluxen, og de stemmer overordnet overens med erfaringsværdier fra JAGG for hydrauliske ledningsevner for sandmagasiner og delvist for terrænnære lerlag. Se Bilag 3 for resultater og Bilag 13.3 for oversigt over anvendte empiriske modeller.

3.2.4 Spredningsveje via chlorid, natrium og elektrisk ledningsevne

De opløste ioner fra vejsalt, natrium og chlorid er elektrisk ledende. Derfor kan målinger af natrium, chlorid og den elektriske ledningsevne (EC) fungerer som sporstoffer på lokaliteten. Dette er kun tilfældet, hvis betydningen af andre bidrag til EC fra ioner i porevandet er af mindre betydning, og hvis der ikke er andre betydende bidrag til Na, Cl og EC end det fra saltladen. På grunden ses en tydelig tendens til højere chlorid- og natriumkoncentrationer i grundvandet nedstrøms saltladen, som vurderes at være den primære kilde (Figur 3.6 for chlorid-koncentrationer og Bilag 5.1 for fuld størrelse oversigtskort). Molar-koncentrationerne af natrium og chlorid følger et 1:1 forhold i alle analyser, og vejsalt kan dermed vurderes at være kilden. Den målte elektriske ledningsevne i vandprøver fra grunden er lineært forbundet til chlorid-koncentrationen. Det vurderes derfor, at Na og Cl er de primære bidragsydere til den elektriske ledningsevne. Dermed kan både chlorid, natrium og EC anvendes som sporstoffer på grunden. Se Bilag 3 for sammenligning af parametre. Cyanid, som er brugt som antiklumpningsmiddel til vejsalt, og som observeres i grundvandsanalyser, kan også kædes sammen med de øvrige sporstoffer. Cyanid i grundvandsanalyser beskrives nærmere i afsnit 4.3.



Figur 3.6: Chlorid-koncentration i grundvand november-december 2025. Strømningsretningen i det terrænnære grundvandsmagasin er vist med blå pile.

4. Forureningsudbredelse

De kemiske analyseresultater for jord- og grundvandsprøver, udtaget i efteråret 2025 samt vinteren 2025/2026, er beskrevet i Bilag 3. Følgende afsnit inkluderer vurdering/fortolkning af udbredelsen af PFAS og cyanid i jord og grundvand, samt jordpakkekomponenter for jordprøver. De nye resultater er samtolket med resultater fra tidligere undersøgelser. Undersøgelsen fra DMR (/3/), hvor enkelte overfladeprøver er udtaget, er vist på Figur 1.1 og er kort beskrevet i nedenstående tekst samt i /2/.

4.1 Jordforurening, PFAS

4.1.1 Horisontal afgrænsning

Maks. koncentration af PFAS 4 i jordprøver fra nærværende undersøgelse og tidligere undersøgelser, /2/, /4/, samt en konturering for PFAS 4 er vist på Figur 4.1. Centerkoordinater for overfladeprøver, beskrevet i /2/, /4/, er vist på figuren med en grå cirkel. Figuren er vedlagt i større udgave i Bilag 5.2, og for PFAS 22 i Bilag 5.3.

Udbredelsen af PFAS 22 følger PFAS 4 1:1, og kontureringen er derfor identisk for de to sumgrupper. Da der er konstateret overskridelser af JKK for PFAS 4, er denne sumgruppe valgt som fokus for den videre beskrivelse i dette afsnit. Kontureringen udgør et fortolkningsmæssigt bud på forureningsudbredelsen baseret på det foreliggende datagrundlag. Det skal dog bemærkes, at der mellem de eksisterende datapunkter kan forekomme koncentrationer, som er væsentligt højere eller lavere end de værdier kontureringen er baseret på, hvilket kan medføre en ændret fortolkning af forureningsudbredelsen.

Generelt bekræfter de nye jordprøver resultaterne fra den tidligere undersøgelse /2/, at de højeste koncentrationer findes østligt på grunden, langs kloakken fra den nordlige ende af det befæstede areal til den sydlige ende af det befæstede areal ved brandøvelsespladsen (BØP) samt sydligt på grunden, hvor det frivillige brandvæsen holder til. Det er på baggrund af de nye resultater muligt at skelne mellem to kildeområder: ét ved BØP centralt på lokaliteten og langs kloakken, samt ét på den sydlige del af grunden ved det frivillige brandvæsen.

Den højeste koncentration er fundet centralt på BØP ved B223, hvor der er påvist 420 µg/kg TS PFAS 4, og 421 µg/kg TS PFAS 22. Dette svarer til en overskridelse af JKK på 42 gange JKK for PFAS 4 og 1,1 gange JKK for PFAS 22. De højeste koncentrationer er udover på selve BØP påvist langs kloakken og til den nordlige ende af det befæstede areal. Forureningen er således spredt denne vej.

Nord for saltladen er der påvist PFAS 4 koncentrationer under 1 µg/kg TS. Dette er optegnet som et "hul" i kontureringen på Figur 4.1. De lavere koncentrationer netop her vurderes at skyldes de lokale geologiske forhold, hvor der i dette område forekommer et mere terrænnært lag af moræneler. Dette ses også ud fra Figur 3.5, hvor den interpolerede kote til toppen af moræneleret er højere i netop dette område end det omkringliggende. Den lavere permeabilitet i moræneleret vurderes at begrænse forureningsspredningen, idet PFAS i stedet vil transporteres via grundvandet i de omkringliggende, mere permeable geologiske lag, og dermed i mindre grad vil påvirke dette område.

Afgrænsning mod syd

Ved det sydlige kildeområde, hvor det frivillige brandvæsen i dag holder til, er der påvist op til 75 µg/kg TS. PFAS forureningen er afgrænset i sydlig retning, da der her er påvist lave koncentrationer, alle under JKK.

De lave koncentrationsniveauer på den sydlige del af grunden stemmer godt overens med resultater fra nationale samt internationale undersøgelser af PFAS diffust påvirkningsniveau i de øverste ca. 0,25-0,5 m. Dette er

blandt andet beskrevet i /9/, hvor det diffuse PFAS-baggrunds niveau er undersøgt og beskrevet for jord i Danmark, Sverige og Norge (i alt 63 prøver). Resultaterne viser diffuse påvirkningsniveauer for sum af PFAS 4 på mellem 0,3-5,1 µg/kg TS, og for sum af PFAS 22 på mellem 0,7-9,7 µg/kg TS. De hyppigst påviste stoffer i undersøgelserne i Danmark og Norge var PFBA, PFOS, PFOA. Det vurderes derfor, at de påviste lave PFAS-koncentrationer i den sydlige del af grunden kan henføres til et lokalt baggrunds niveau af PFAS (for de øverste ca. 0,5 m).

Afgrænsning mod sydøst

På den sydøstlige del af matriklen mod Rute 21, anses PFAS-forureningen i jordprøver at være afgrænset. Det ses f.eks. i prøver fra B231 og B117, hvor kun lave koncentrationer omkring det diffuse baggrunds niveau er påvist, mens der i B123 ikke er påvist PFAS.

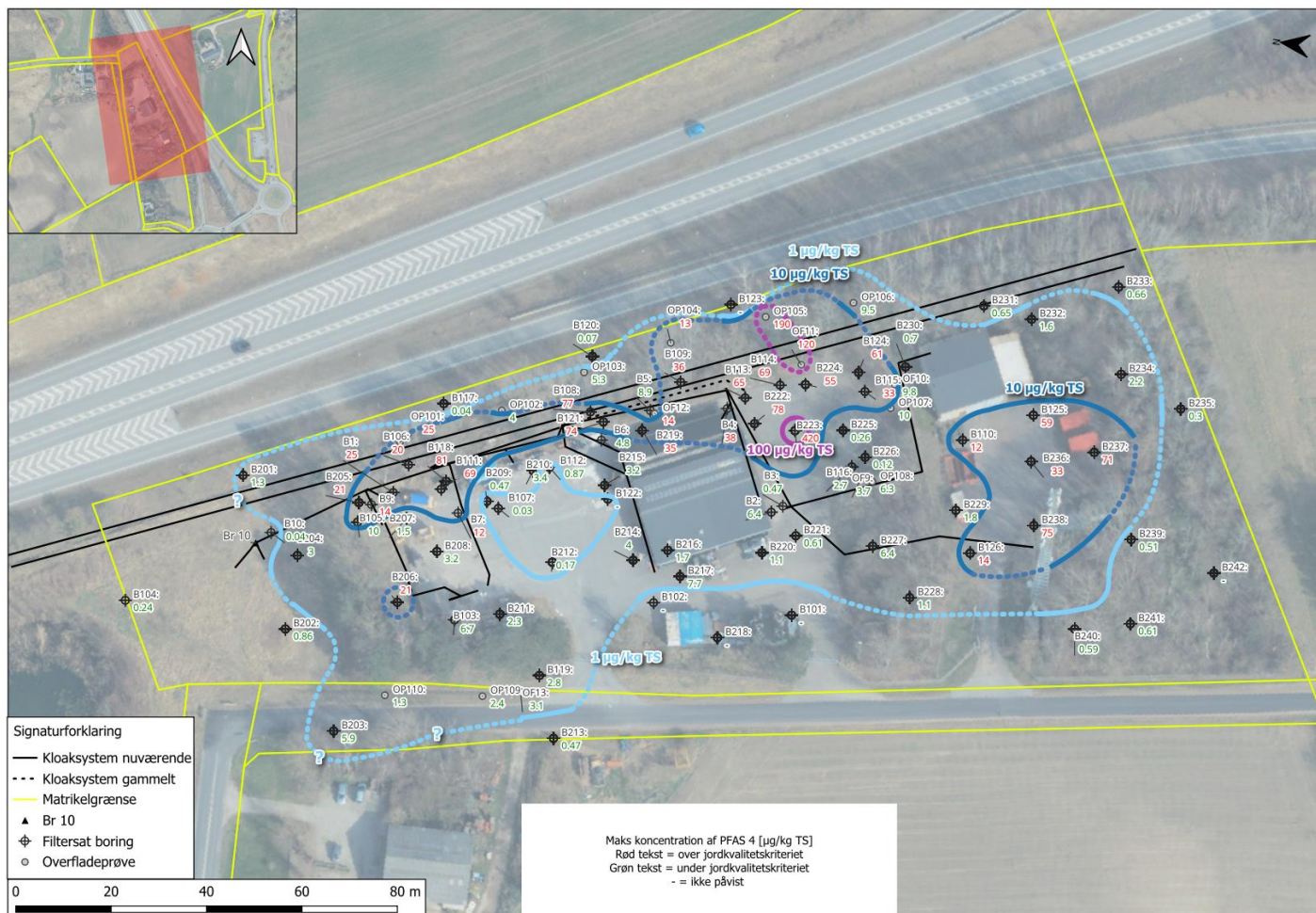
Nord for B117 i østlig retning er datagrundlaget begrænset, og der foreligger derfor ikke en egentlig afgrænsning mod JKK før den nordlige boring B201. Den påviste PFAS-forurening i jordprøver fra boringer og overfladeprøver mod øst vurderes primært at stamme fra påvirkning af terrænnært grundvand samt PFAS-forurenede overfladevand der løber i denne retning. Langs hele skellet mod vejen i østlige retning findes imidlertid en naturlig overfladeafgrænsning i form af et stengærde. På den baggrund vurderes det, at spredning af jordforurening som følge af overfladeafstrømning mellem B117 og B201 ikke er sket i østlig retning. Se også /4/, hvor overfladeafstrømning er beskrevet i detaljer.

Afgrænsning mod nord

På den nordligste del af grunden er der påvist lave koncentrationer under JKK for både PFAS 4 og PFAS 22. En enkelt boring, B206, skiller sig ud, hvor 21 µg/kg TS PFAS 4 er påvist. Det er uvist om forureningen stammer fra BØP, eller der er en lille lokal kilde. PFAS-sammensætningen matcher alle øvrige prøver fra lokaliteten, og der er også fundet relativt høje PFAS-koncentrationer i grundvandet i B206 og de omkringliggende boringer. Der er ikke oplysninger i historikken om brug af PFAS, der understøtter hypotesen om en lille lokal kilde.

Afgrænsning mod vest

I vestlig retning er der påvist lave koncentrationer, og i enkelte boringer er der ikke påvist PFAS (eks. B218 og B101). På trods af afgrænsningen til JKK, er der dog påvist 6 µg/kg TS PFAS 4 i B203, placeret vest for lokaliteten i vejmatiklen. Strømningsretningen i det terrænnære sekundære grundvandsmagasin viser ikke en veldokumenteret retning i en NNV retning, dog viser jordkoncentrationerne indikationer på, at PFAS-forurenede grundvand strømmer denne vej, hvorved der sker en afsmitning til jorden.



Figur 4.1: Situationsplan med konturering af PFAS 4 jordprøver fra borer og overfladeprøver. Maks koncentration af PFAS 4 ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$) er vist for hver boring. Hvis jordprøven overskrider JKK er koncentrationen markeret med rød.

4.1.2 Vertikal afgrænsning

Figur 4.2 viser fordelingen af PFAS 4 og PFAS 22 koncentrationer over dybden i B201-B242 (boringer etableret i september-oktober 2025) samt JKK for PFAS 4 og PFAS 22. Vertikalt påvises de højeste koncentrationer af både PFAS 4 og PFAS 22 i de øverste jordlag, 0-4 m u.t., og oftest over grundvandsspejlet. Der er dog påvist koncentrationer over JKK for PFAS 4 i enkelte borer ned til 8-9 m u.t., og PFAS 22 er påvist ned til 10 m u.t.

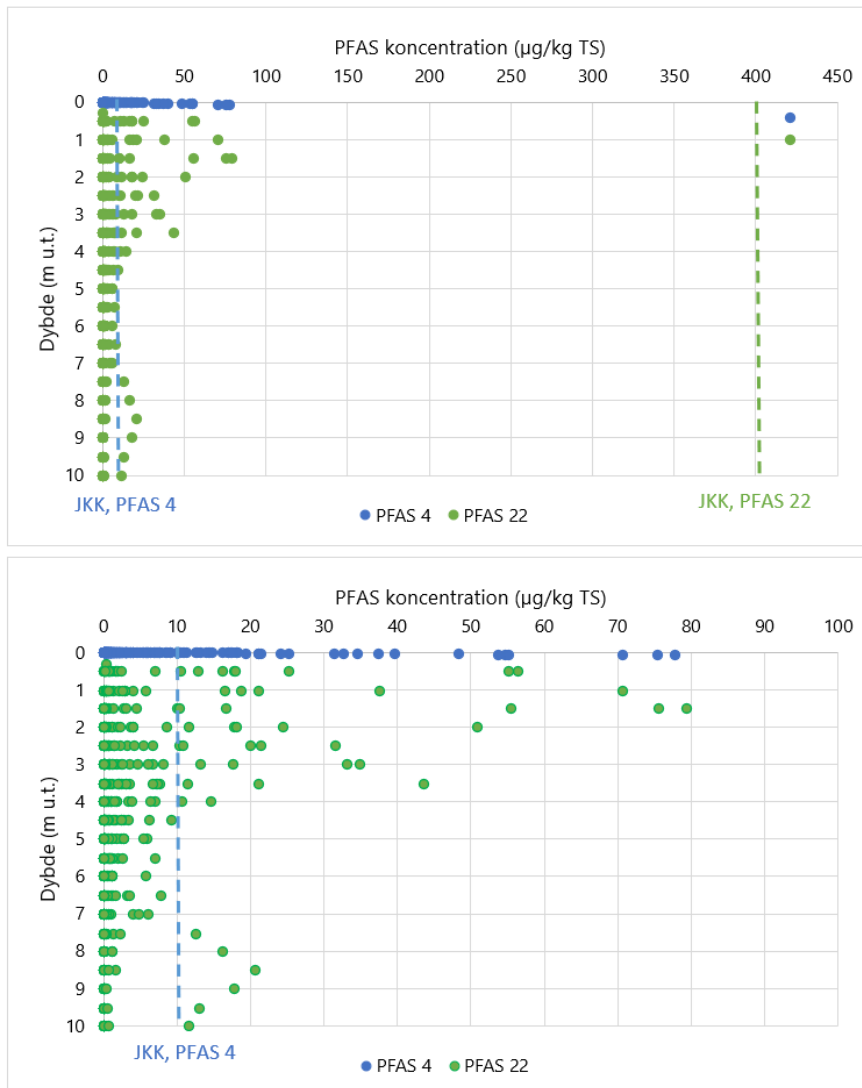
I Bilag 5.4 er desuden vedlagt et oversigtskort med B201-B242 med angivelse af dybden til den første jordprøve, hvor PFAS 4 ikke er påvist.

I langt de fleste tilfælde følger den vertikale afgrænsning af PFAS 4 samt PFAS 22 hinanden. I de borer, hvor dette ikke er tilfældet er det oftest 0,5-1 m forskel, og forskellen i koncentrationerne er mellem 0,03-0,33 $\mu\text{g}/\text{kg TS}$.

I to borer, B236 og B238, på den sydlige del af grunden, er PFAS 4 ikke afgrænset vertikalt i 10 m u.t. For B238 er der dog påvist lave koncentrationer i prøverne, maks. 0,6 $\mu\text{g}/\text{kg TS}$. For B236 er der påvist relativt høje koncentrationer i de dybere lag, se dybdeprofil i Figur 4.4. Det ses, at helt ned til 9,5 m u.t. er JKK for PFAS 4 overskredet.

I flere af de 8 borer, hvor PFAS ikke er afgrænset i dybden, viser dybdeprofilen en PFAS forurening som er kraftigst nærmest terræn. Herefter falder den til enten meget lavt niveau eller til under detektionsgrænsen for

derefter igen at stige i koncentration ned til 10 m u.t. Boringerne, hvor PFAS ikke er afgrænset vertikalt befinder sig på frivilligrunden (B229, B236 og B238), ved BØP (B221), under/ved det NV-lige hjørne af saltladen (B214 og B216) og uden for grunden i NV-retning (B203 og B213). Fælles for dybdeprofilerne, hvor PFAS dukker op under 5-6 m u.t., er, at PFAS-koncentrationerne i de dybere lag er lave ift. de højest målte koncentrationer. Det er specielt PFOS, PFHxA og PFHxS, der er påvist dybt, og dette stemmer overens med PFAS-sammensætningen i de øvrige jordprøver fra lokaliteten.



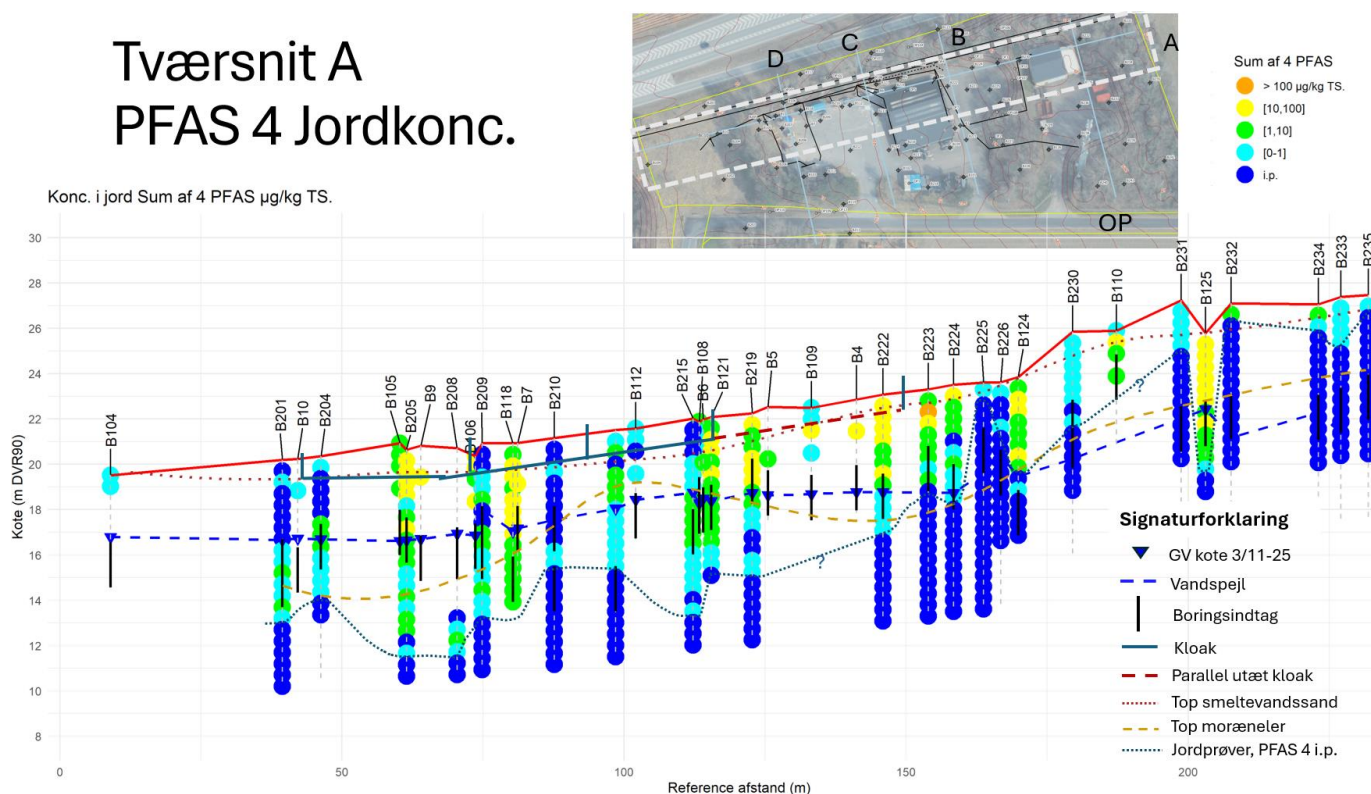
Figur 4.2: PFAS koncentrationer påvist i jordprøver fra B201-B242 for samtlige prøver (øverst), og i koncentrationsniveauer mellem 0-100 µg/kg TS (nederst). Jordkvalitetskriteriet (JKK) for både PFAS 4 og PFAS 22 er vist med hhv. en blå og grøn streg.

Figur 4.3 viser Tværsnit A med tolket geologi (og toppen af moræneleret) samt målte PFAS 4 koncentrationer i jordprøver. Tværsnittet er et nord-sydgående profil dvs. den tolkede strømningsretning er fra B235 mod B104. I Bilag 7.4 er samtlige fem tværsnit vist.

I Tværsnit A ses det også, at størstedelen af boringerne er afgrænset vertikalt (se den mørkeblå stiplede linje med angivelse af prøver med i.p.), og de højeste koncentrationer ses i de øverste jordlag. Kloakken samt den parallelle utætte kloak er vist på tværsnittet, og er beliggende ca. 1,4 m u.t. Omkring kloakkens dybde sker der i mange tilfælde en ændring i PFAS 4 koncentrationen. I nogen tilfælde er der observeret høje koncentrationer

over kloakken (også i overfladeprøver, se Figur 4.1) og faldende koncentrationer under. I andre tilfælde er det dog omvendt. Kloakkens dybde falder sammen med overgangen mellem fyld og sand, og det er derfor vanskeligt at tolke, hvilken rolle kloakken spiller. Der er generelt påvist lavere koncentrationer i moræneler, dog ses der tydeligt en vertikal spredning af PFAS et stykke ned i moræneleret nær de to kildeområder.

Tværsnit A PFAS 4 Jordkonc.



Figur 4.3: Tværsnit A med tolket geologi samt målte PFAS 4 koncentrationer i jordprøver. Ca. placering af kloakkerne der løber langs tværsnit A er indtegnet.

4.1.3 PFAS sammensætning i jordprøver

For samtlige nyetablerede boringer, B201-B242, er der udarbejdet et fingerprint for PFAS 22. I samme figur er PFAS 4 samt PFAS 22 plottet, samt boreprofilen inkl. filtersætning er vist. PFAS sammensætningen i fire udvalgte boringer er illustreret i Figur 4.4, mens samtlige fingerprints er vedlagt i Bilag 6.1.

Fingerprint for PFAS i de nye boringer B201-B242 viser tydeligt, at PFOS er det dominerende af de analyserede stoffer (se både B205 og B222 i Figur 4.4). PFOS forekommer i størstedelen af boringer, og udgør generelt den største andel af den samlede PFAS-koncentration. Dette bekræfter resultaterne fra tidligere undersøgelser og indikerer et relativt ensartet kemisk aftryk på tværs af lokaliteten. Der er således ikke noget, der på denne baggrund indikerer yderligere forureningskilder.

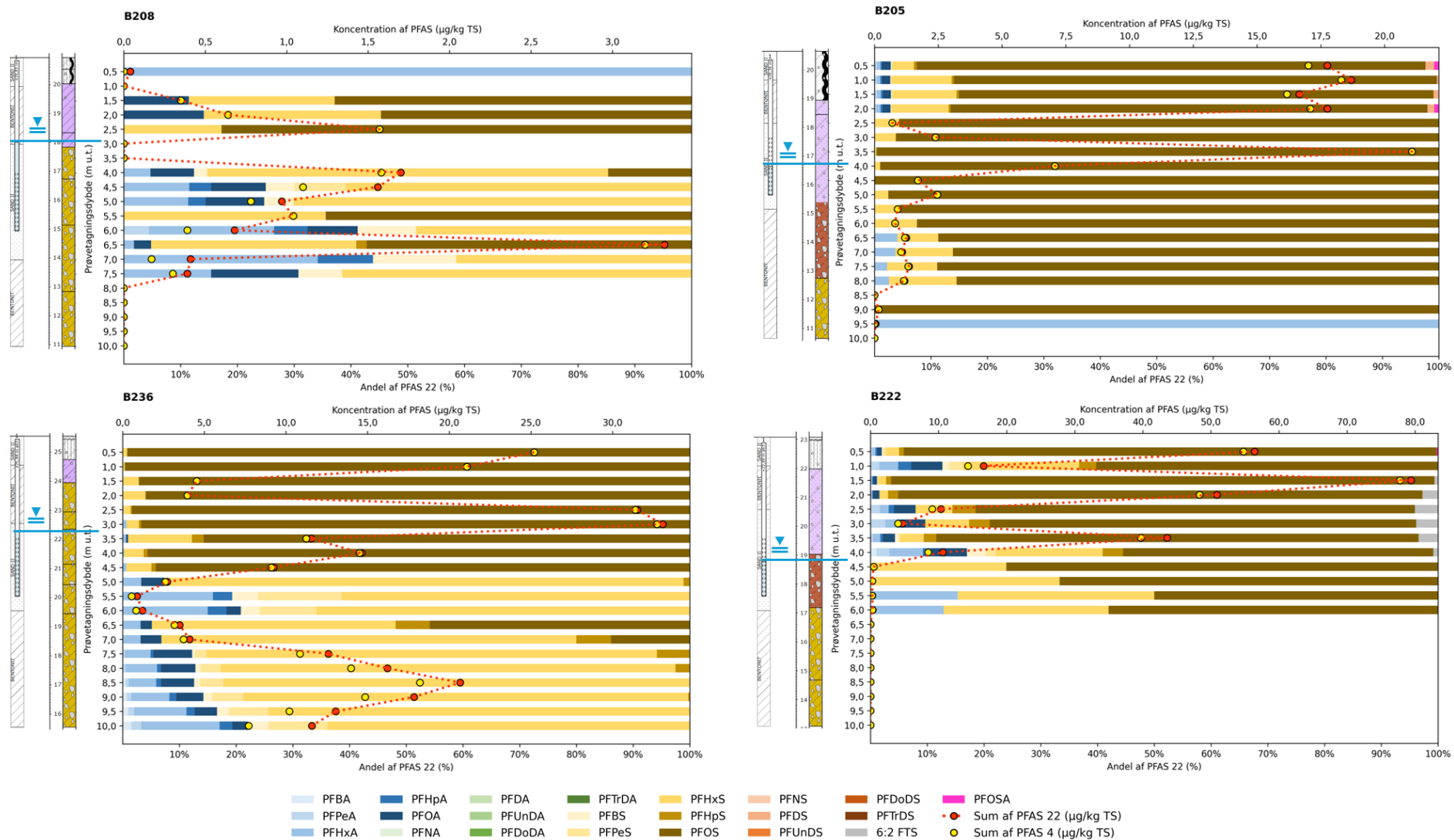
Det er generelt PFAS 4 stofferne, der dominerer indholdet af PFAS i jordprøverne. PFAS 4 stofferne er alle langkædede PFAS, som i højere grad end kortkædede PFAS tilbageholdes i den umættede zone, over grundvandspejlet. Tilsvarende er de observerede PFAS 4 jordkoncentrationer i de fleste tilfælde, hvor der er analyseret for PFAS til fuld boringsdybde, lavere under vandspejlet.

Den overordnede fordeling af PFAS kan forklares ved en kombination af horisontal transport i de terrænnære sandlag og efterfølgende en vertikal nedsivning gennem det underliggende moræneler. HPT profilerne, se afsnit 3.2.2, viser en gradvis overgang mellem sand-ler, hvor der vil ses en hurtigere vertikal nedsivning i den øvre del af leret, og en langsommere vertikal nedsivning i det mindre permeable underliggende moræneler. I sandlaget sker der primært en horisontal spredning af PFAS, mens der ved nedsivning gennem moræneleren ses en typisk kromatografering, hvor PFOS og andre tungere, langkædede PFAS gradvist tilbageholdes, mens lettere PFAS-forbindelser kan transporteres videre mod større dybde, dog i lavere absolutte koncentrationer (se også /16/).

Dette kan også ses ved, at den langkædede PFAS forbindelse PFHxS, udover PFOS, et af de stoffer der oftest er påvist i jordprøverne, især fra de dybere jordlag, se eksempelvis fingerprint for B236 i Figur 4.4. Boring B236 indikerer desuden tilstedeværelsen af en dybereliggende zone med forhøjede koncentrationer, hvilket kan forklares ved, at der i dybdeintervallet ca. 6,5–9 m u.t. kan forekomme en mere vandførende zone i moræneleret. Dette ses indirekte i flere af HPT-profilerne, hvor trykket stiger gradvis med dybden, eksempelvis HPT16 og HPT17, hvor der sker en gradvis stigning i trykket ned mod ca. 15 m u.t (se Bilag 11). Dette vil sige, at den hydrauliske ledningsevne gradvis falder ned igennem dybden, og at overgangen til relativt impermeabelt moræneler i hydraulisk forstand ser ud til at være en glidende overgang. Dette kan muliggøre både horisontal og vertikal transport. I jordprøverne ses blandt andet også samme tendens med PFAS påvist til større dybder i B203, B221 og B227, se Bilag 6.1.

Udover PFAS og PFHxS som de dominerende stoffer, er PFOSA, en precursor til PFOS, påvist i enkelte boringer, dog i en relativ lav andel af PFAS 22 (%). Fingerprintet i størstedelen af boringerne stemmer således godt overens med fingerprintet fra en analyse af væske fra en dunk, der blev fundet ved BØP i 2025, se /2/.

I fem boringer er der påvist overvejende lave koncentrationer af 6:2 FTS, (mellem 0,07-1,5 ug/kg TS 6:2 FTS), eksempelvis boring B222, vist i Figur 4.4. De fem boringer ligger ved og omkring brandøvelsespladsen (B219, B220, B222 og B226), og en enkelt boring (B235) er placeret helt sydligt på grunden. 6:2 FTS og andre kortkædede PFAS har været anvendt som erstatning for PFOS fra før/omkring 2010, efter et EU-forbud mod PFOS i brandslukningsskum trådte i kraft i 2011 /20/. Tilstedeværelsen af 6:2 FTS peger derfor på, at flere typer PFAS produkter har været anvendt på BØP. Dette stemmer overens med, at der har foregået brandøvelser på pladsen frem til 2015, og understøtter vurderingen af brandøvelsespladsen som kilden.



Figur 4.4: PFAS fingerprint (%) inkl. sum af PFAS 4 (gul prik) samt PFAS 22 (rød prik) for fire udvalgte borer; B208, B205, B236 og B222. Boringernes boreprofil samt filtersætning er vist til venstre for fingerprint. Vandspejlet er vist ved en blå linje på boreprofil/filtersætningen. Vær opmærksom på skalaen for koncentration af PFAS, idet den er boreringspecifik.

4.2 Grundvandsforurening, PFAS

4.2.1 Horisontal afgrænsning

Figur 4.5 viser udbredelsen af PFAS 4 i grundvandsprøver inkl. konturering, hvor data fra nærværende undersøgelse og tidligere undersøgelser, /2/, /4/, er vist. Den formodede strømningsretning i det terrænnære grundvandsmagasin er vist med blå pile, og er baseret på de to pejlerunder udført i november 2025 og januar 2026. For yderligere info, se afsnit 3.2. Figuren er vedlagt i større udgave i Bilag 5.5, og for PFAS 22 i Bilag 5.6.

Udbredelsen af PFAS 22 følger PFAS 4 1:1, og kontureringen er derfor identisk for de to sumgrupper. PFAS 4 er valgt som fokus for den videre beskrivelse i dette afsnit som for jordforureningen i afsnit 4.1. Kontureringen udgør et fortolkningsmæssigt bud på forureningsudbredelsen baseret på det foreliggende datagrundlag. Det skal derfor bemærkes, at der mellem de eksisterende datapunkter kan forekomme koncentrationer, som er væsentligt højere eller lavere end de værdier kontureringen er baseret på, hvilket kan medføre en ændret fortolkning af forureningsudbredelsen ved yderligere undersøgelser. Dette vil især være tilfældet inden for områder, hvor der er langt mellem data.

De nye grundvandsprøver bekræfter resultaterne fra den tidligere undersøgelse, /2/, hvor de højeste koncentrationer findes østligt på grunden, langs kloakken fra den nordlige ende af det befæstede areal til den sydlige ende af det befæstede areal ved brandøvelsespladsen (BØP) samt sydligt på grunden, hvor det frivillige brandvæsen holder til. Det er på baggrund af de nye resultater muligt at skelne yderligere mellem to kildeområder: langs kloakken fra BØP, samt et på den sydlige del af grunden ved det frivillige brandvæsen. De højeste koncentrationer, og kildeområder følger generelt den påviste jordforurening, se afsnit 4.1.1. Dog med det undtag, at der centralt på BØP er påvist relativt lave PFAS-koncentrationer i grundvand, mens der er påvist relativt høje jordkoncentrationer, primært helt terrænnært.

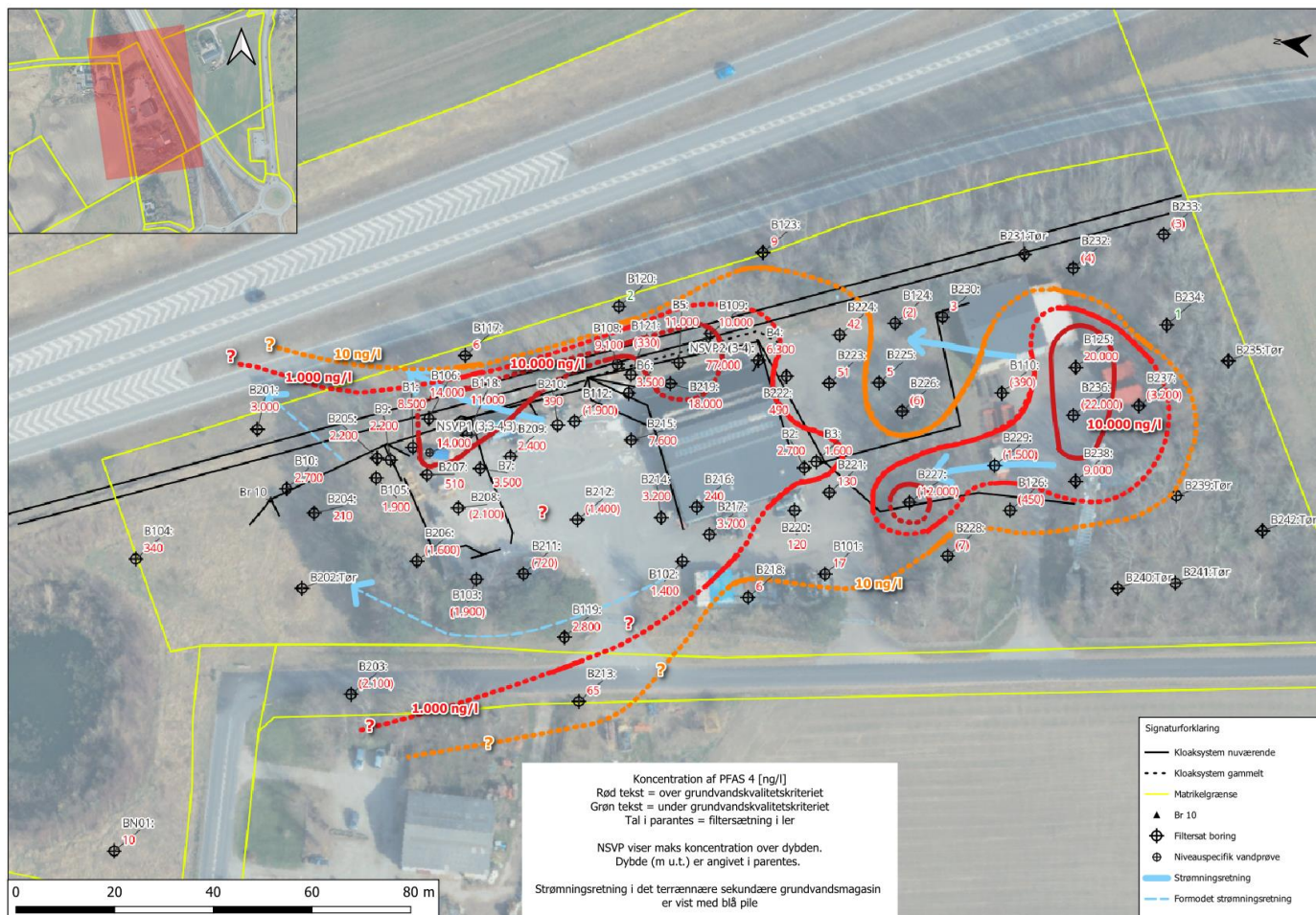
Ved den sydlige del af grunden ved det frivillige brandvæsen, er der påvist koncentrationer op til 22.000 ng/l (B236), hvilket svarer til en overskridelse af GVK på en faktor 11.000. Strømningsretningen i det terrænnære sekundære grundvandsmagasin viser overordnet en nordlig strømningsretning (se afsnit 3), hvilket stemmer overens med de påviste koncentrationer i f.eks. B229. Da borerne syd for dette kildeområde var tørre ved de to første prøvetagninger, er en egentlig tolkning af den horisontale afgrænsning ikke komplet. Baseret på strømningsretningen, og de få borer der ligger opstrøms kildeområdet ved det frivillige brandvæsen (B234 samt B232) vurderes grundvandsforureningen dog ikke at have spredt sig i væsentligt omfang mod syd.

På den nordøstlige del af selve BØP langs kloakken er de højeste koncentrationer påvist, op til 77.000 ng/l PFAS 4, svarende til en overskridelse af GVK på en faktor 38.500. Som beskrevet i /4/ bevæger overfladeafstrømningen primært fra BØP mod det nordøstlige hjørne af det asfalterede område og for en mindre del mod nordvest mod Nørremarksvej. Herudover er kloakken konstateret utæt flere steder på lokaliteten mellem BØP og Br10.

Kun to grundvandsprøver fra hhv. B234 samt B120, viser PFAS 4 koncentrationer under GVK på 2 ng/l. Der er derfor stort set ingen horisontal afgrænsning på grunden, dog ses faldende koncentrationer i samtlige retninger fra de to kildeområder. Langs Rute 21 er koncentrationerne generelt lavest, og forureningen vurderes afgrænset. Strømningsretningen i det terrænnære magasin viser, at forureningen kan fortsætte i nordlig-nordvestlig retning, og strømmer ud under Rute 21 (vist på Figur 4.5 med blå pile).

På den vestlige del af grunden ses også overskridelser af GVK, dog med lavere koncentrationer i størstedelen af borerne, eksempelvis i B213 og B218 (hhv. 65 og 6 ng/l PFAS 4 påvist). Borerne B119 og B203 er dog undtagelser, da hhv. 2.800 ng/l og 2.100 ng/l PFAS 4 er påvist i vandprøver. Strømningsretningen, baseret på de

to pejlerunder, understøtter som vist på Figur 4.5 ikke en veldokumenteret strømning af det terrænnære grundvand i denne retning. Dette skyldes, at der er relativt få målinger ved denne del af lokaliteten. Det ses dog, at den nordligste boring, BN01, som er udført i forbindelse med et parallelt projekt, viser en PFAS 4 koncentration på 10 ng/l. Det er over GVK, men væsentligt lavere niveau, end længere opstrøms.



Figur 4.5: Situationsplan med konturering af PFAS 4 i grundvandsprøver. Maks koncentration af PFAS 4 (ng/l) er vist for hver boring såfremt flere prøver er udtaget. Hvis prøven overskrider GVK, er koncentrationen markeret med rød. Strømningsretningen i det terrænnære grundvandsmagasin er vist med blå pile.

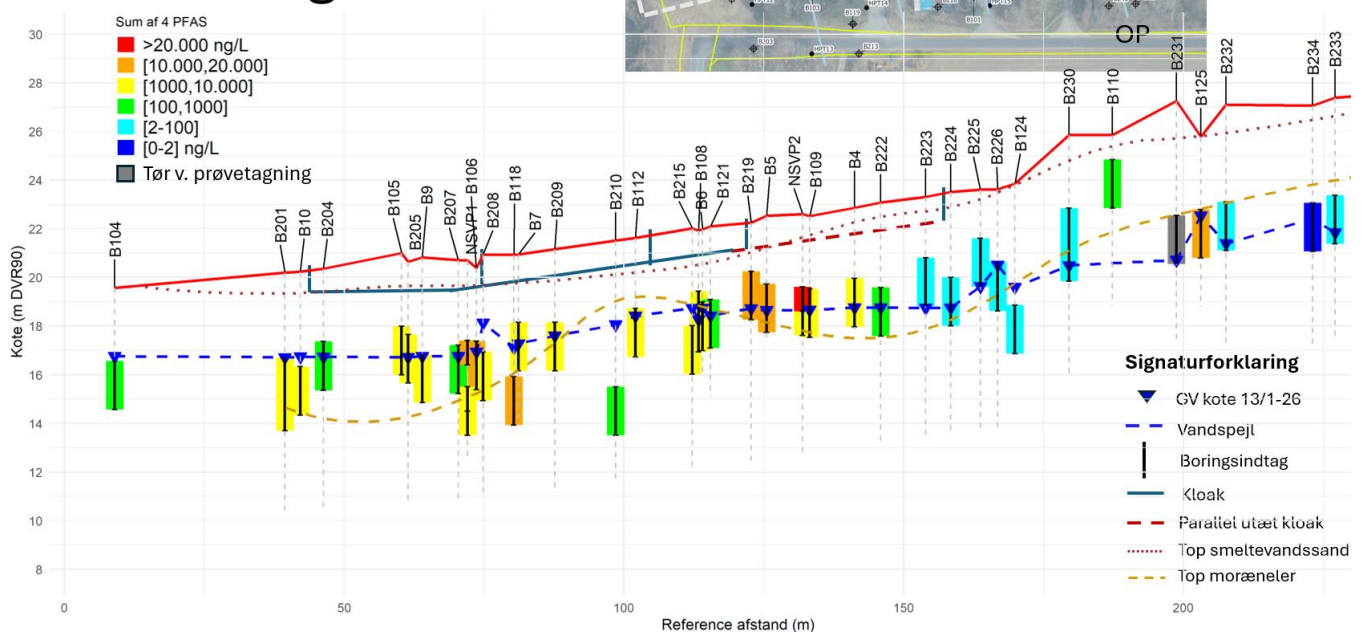
4.2.2 Vertikal afgrænsning

På baggrund af det nuværende datagrundlag er det ikke muligt at afgrænse grundvandsforureningen vertikalt, idet stort set samtlige grundvandsprøver viser koncentrationer over grundvandskvalitetskriteriet (GVK). Figur 4.6 viser tværsnit A med tolket geologi, herunder angivelse af toppen af moræneleret, samt målte PFAS 4 koncentrationer i grundvandet. Tværsnittet følger de højeste koncentrationer langs kloakken i den østlige del af grunden, og overordnet set følger tværsnittet den samlede nordlige grundvandsstrømning på lokaliteten.

De højeste koncentrationer ses, som beskrevet i afsnit 4.2.1, ved de to kildeområder. I den østlige del af grunden ved BØP er de højeste koncentrationer primært påvist i borerne filtersat i sand, jf. Figur 4.6. Ved kildeområdet ved det frivillige brandvæsen ses de højeste koncentrationer derimod i moræneler (der er dog kun få borer i nærheden af B236, der ikke er filtersat i ler).

Generelt er en stor del af de nyetablerede boringer fra Efterår 2025 filtersat i sandet moræneler ned til ca. 8 m u.t., hvor der påvises høje PFAS-koncentrationer. Dette indikerer, at grundvandsforureningen har spredt sig til større dybde end det førstkommande sandlag. Som det ses i HPT-profilerne (Bilag 11) er der i mange tilfælde en gradvis overgang mellem høj hydraulisk ledningsevne i sand til lav hydraulisk ledningsevne i moræneler. Dette peger på, at der sandsynligvis er en overgangszon, hvor vand og dermed forurening kan bevæge sig horisontalt og vertikalt. Overgangszonen har sandsynligvis en hydraulisk ledningsevne, der ligger mellem de relativt høje værdier for smeltevandssand og de relativt lave værdier for ler.

Tværsnit A PFAS 4 grundvand



Figur 4.6: Tværsnit A med tolket geologi samt målte PFAS 4 koncentrationer i grundvandsprøver. Ca. placering af kloakkerne der løber langs tværsnit A er indteget.

4.2.3 PFAS-sammensætning i grundvandsprøver

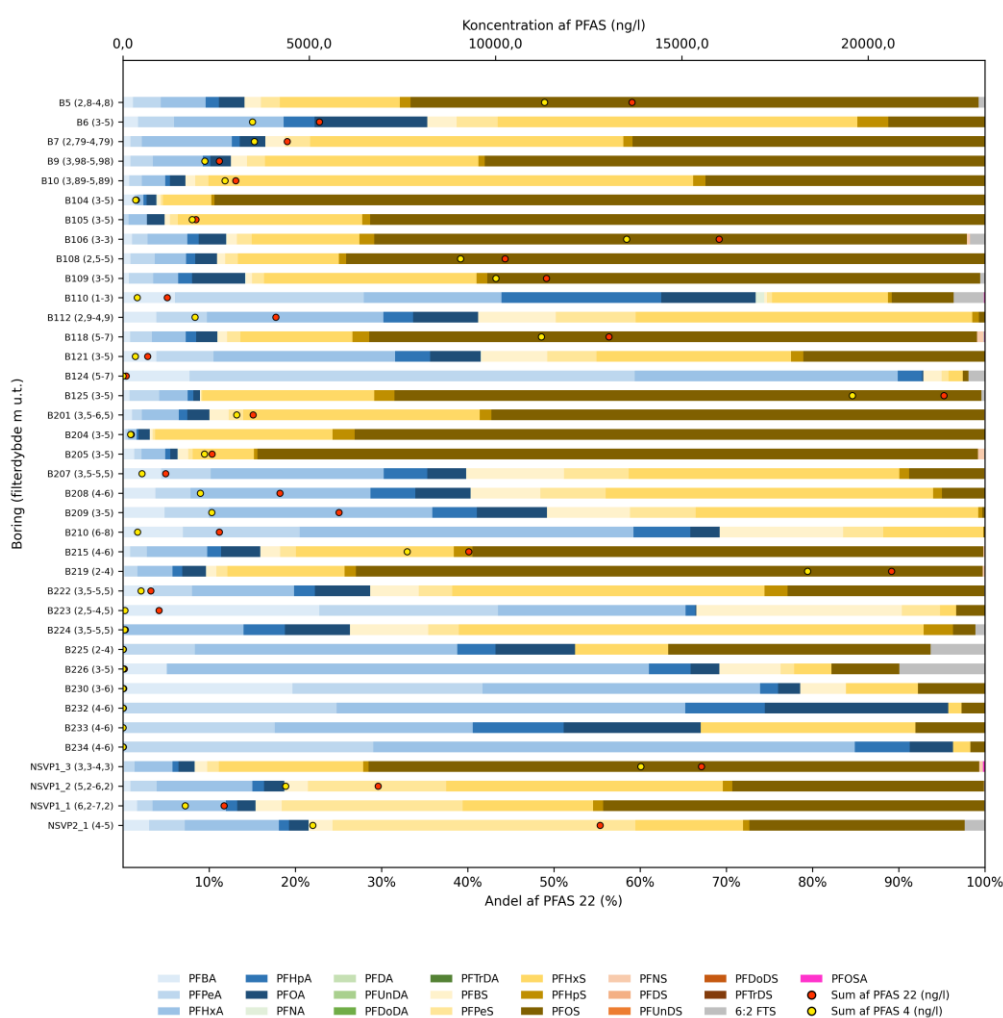
PFAS-sammensætningen i grundvandsprøver (PFAS fingerprint) er vist i Bilag 6.2 for samtlige vandprøver, udtaget i efteråret 25, opdelt dels i fem tværsnit, og dels efter, om prøverne er udtaget fra filtersætninger i ler eller i sand. Samtlige prøver er vist på trods af, at analysen bedst egner sig til sammenligning af prøver med et forholdsvis højt indhold af PFAS. Dette skyldes, at fingerprint ved lave PFAS-koncentrationer er behæftet med en større usikkerhed.

Figur 4.7 viser PFAS-fingerprint for vandprøver udtaget fra boringer i tværsnit A. PFAS fingerprint viser, at PFOS er det dominerende stof blandt de 22 analyserede stoffer, særligt ved høje koncentrationer, og at stoffet forekommer i størstedelen af grundvandsprøverne. Udover PFOS, er der også påvist en relativt stor andel PFHxS og PFHxA. I størstedelen af prøverne, dog i en mindre andel, ses også PFOA.

Sammensætningen er relativt ensartet på tværs af borerne, hvilket indikerer et fælles kemisk aftryk. Dette giver ikke grundlag for at identificere flere adskilte forureningskilder. Der er heller ikke en stor forskel på fingerprintet, hvis man skelner mellem vandprøver udtaget fra filtre i sand og i moræneler.

I modsætning til jordprøverne, hvor langkædede PFAS dominerer, ses også flere kortkædede PFAS forbindelser, herunder PFHxA og PFBS, som i mindre grad tilbageholdes i jordmatricen og derfor lettere transporteres med grundvandet.

6:2 FTS er påvist i flere grundvandsboringer som en mindre del af PFAS-fingerprintet. De højeste koncentrationer af 6:2 FTS ses ved BØP og i B125 samt B238 placeret på den sydlige del af grunden, hvor det frivillige brandvæsen holder til. Dette stemmer godt overens med PFAS-fingerprintet for jord, se afsnit 4.1.3. Som beskrevet i afsnit 4.1.3, så har 6:2 FTS har været anvendt som erstatning for PFAS siden omkring 2010, og forekomsten indikerer derfor, at flere typer PFAS-holdige produkter har været anvendt på lokaliteten. Dette stemmer overens med, at der har foregået brandøvelser på pladsen frem til 2015, og understøtter vurderingen af de to kildeområder. Baseret på fingerprint er det ikke muligt at skelne de to kilder fra hinanden.

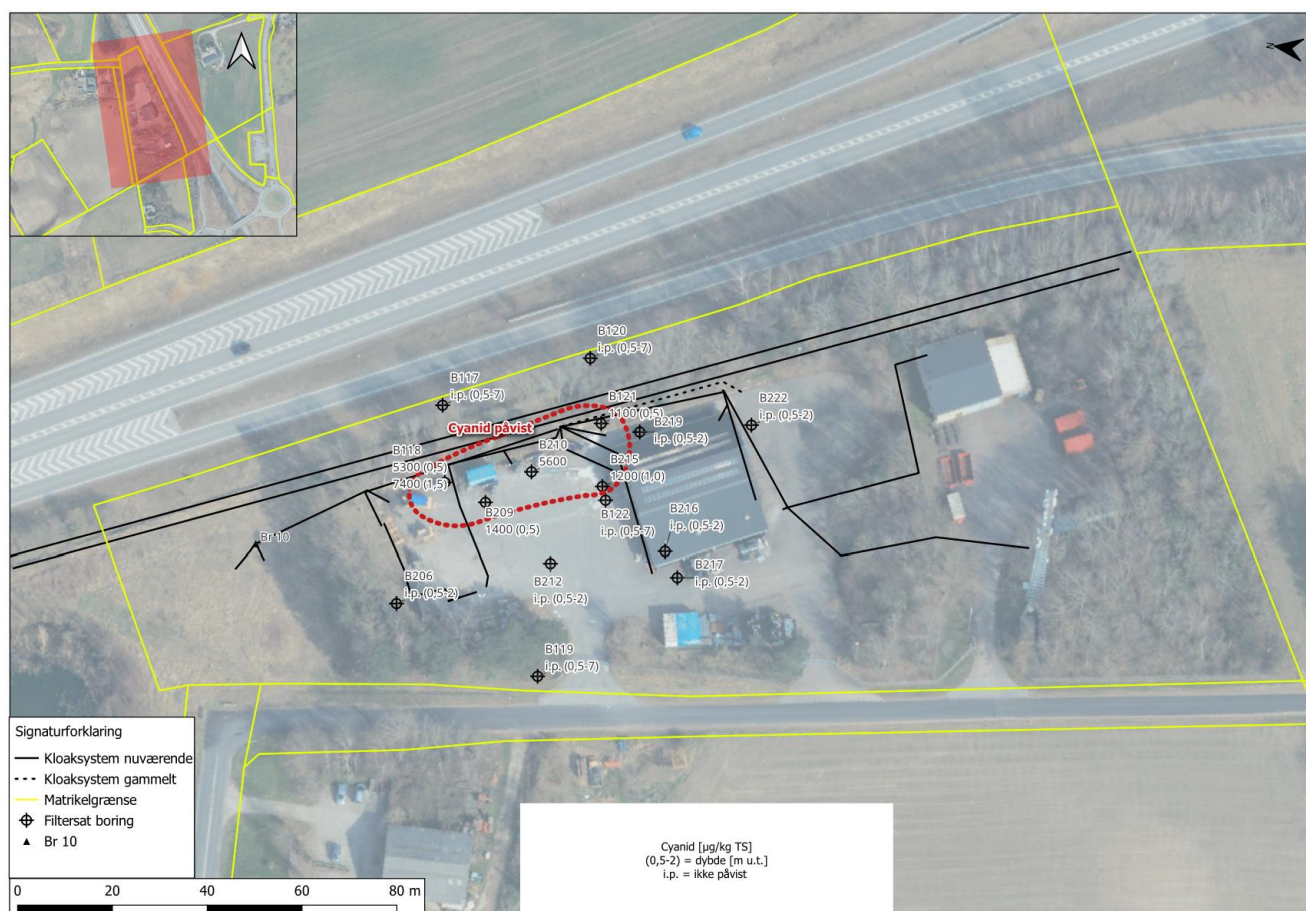


Figur 4.7: PFAS fingerprint (%) inkl. sum af PFAS 4 (gul prik) samt PFAS 22 (rød prik) for vandprøver udtaget fra borer i tværsnit A.

4.3 Jord- og grundvandsforurening, cyanid

Cyanid, som er brugt som antiklumpningsmiddel til vejsalt, er påvist i både jord- og grundvandsprøver på lokaliteten. Bilag 3 beskriver resultaterne af disse analyser. Figur 4.8 viser cyanidkoncentrationer påvist i jordprøver analyseret i forbindelse med tidligere undersøgelse, /2/, samt i nærværende undersøgelse (figuren er også vedlagt som Bilag 5.7).

I borekampagnen udført i efteråret 2025 er cyanid påvist i 3 ud af 36 jordprøver udtaget fra ni borer. Samtlige analyseresultater viser cyanidkoncentrationer, der ligger væsentligt under jordkvalitetskriteriet (JKK). Cyanid er primært påvist ved og nedstrøms saltladen i dybdeintervallet 0,5–1,5 m u.t. Det er således, som forventet, en overfladenær forurening, der stammer fra saltlaget. På ortofotoet fra 2024 i Figur 4.8 ses desuden indikationer på hvide områder foran porten til saltladen, hvor salt bliver håndteret ifm. læsning af saltvogne..

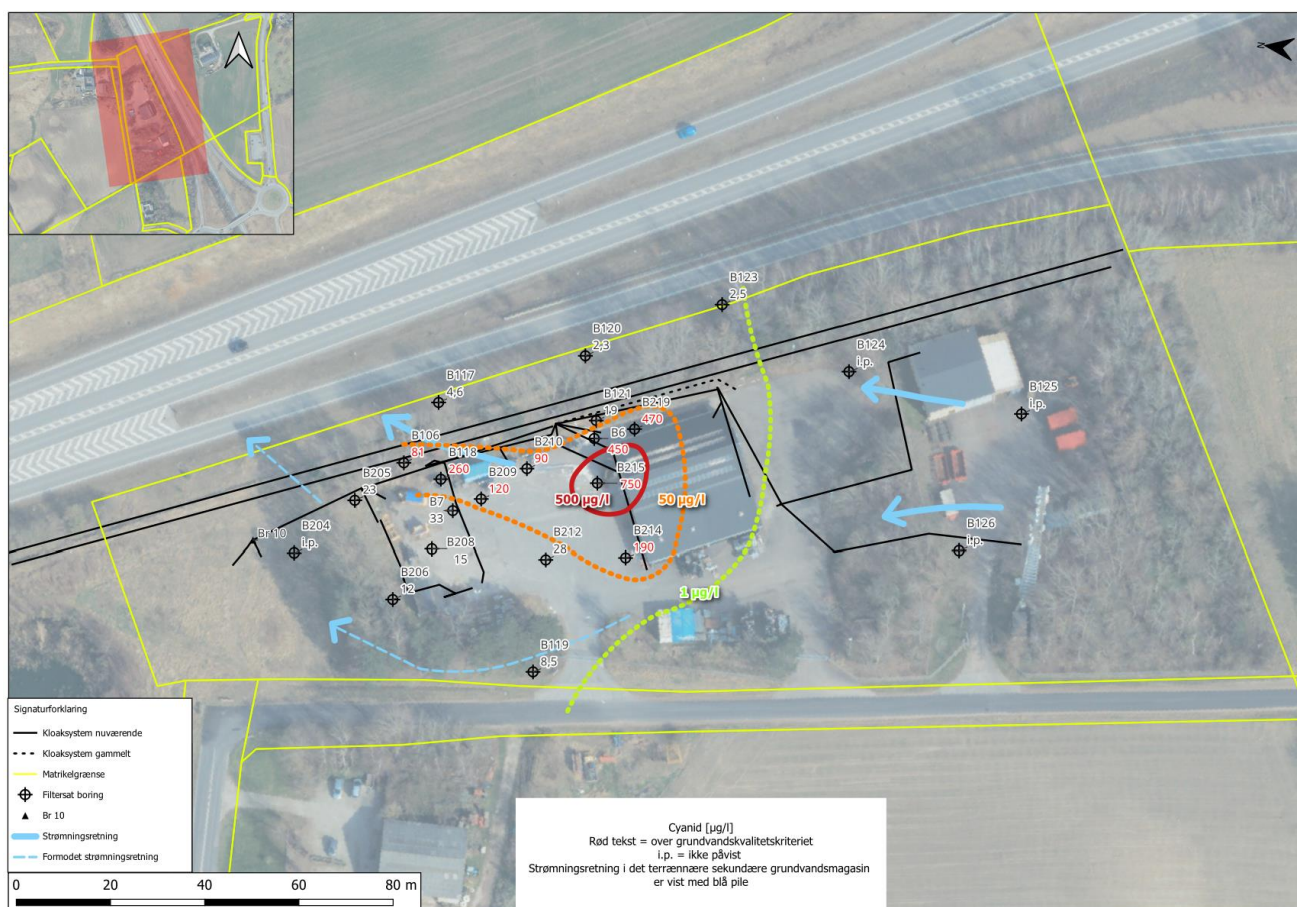


Figur 4.8: Cyanidkoncentrationer ($\mu\text{g}/\text{kg TS}$) i jordprøver inkl. dybden (m u.t.). Såfremt cyanid ikke er påvist i samtlige jordprøver, er dybdeintervallet for jordprøverne vist.

Cyanidkoncentrationer i grundvandsprøver er vist i Figur 4.9, og inkluderer både nye og tidligere resultater fra /2/. I alt er 11 grundvandsprøver analyseret for cyanid i efteråret 2025, hvoraf seks overskrider GVK. Overskridelserne er kontureret med orange i Figur 4.9.

Som for jordprøverne er cyanid i grundvand primært påvist ved og nedstrøms saltladen. Der er ikke påvist cyanid i grundvandsprøver fra den nordlige del af grunden. Den højeste koncentration er påvist i boring B215

umiddelbart foran saltladen, hvor der er målt 750 µg/l cyanid, svarende til en overskridelse af GVK med en faktor 9,4. Øst og vest for saltladen er der påvist lavere cyanidkoncentrationer i grundvandet, alle under GVK. Dette viser, som for PFAS, at der er sket en spredning i vestlig retning.



Figur 4.9: Cyanid i grundvandsprøver (µg/l). Strømningsretningen i det terrænnære grundvandsmagasin er vist med blå pile.

Samlet set følger de påviste cyanidkoncentrationer i både jord og grundvand, samme rumlige og koncentrationsmæssige trends som chlorid og natrium, jf. afsnit 3.2.4. Hverken for jord eller grundvand vurderes der at være behov for yderligere undersøgelser ift. cyanid. I forbindelse med forklassifikation skal det vurderes, i hvilket omfang der skal udtages/analyseres flere prøver forud for jordhåndtering.

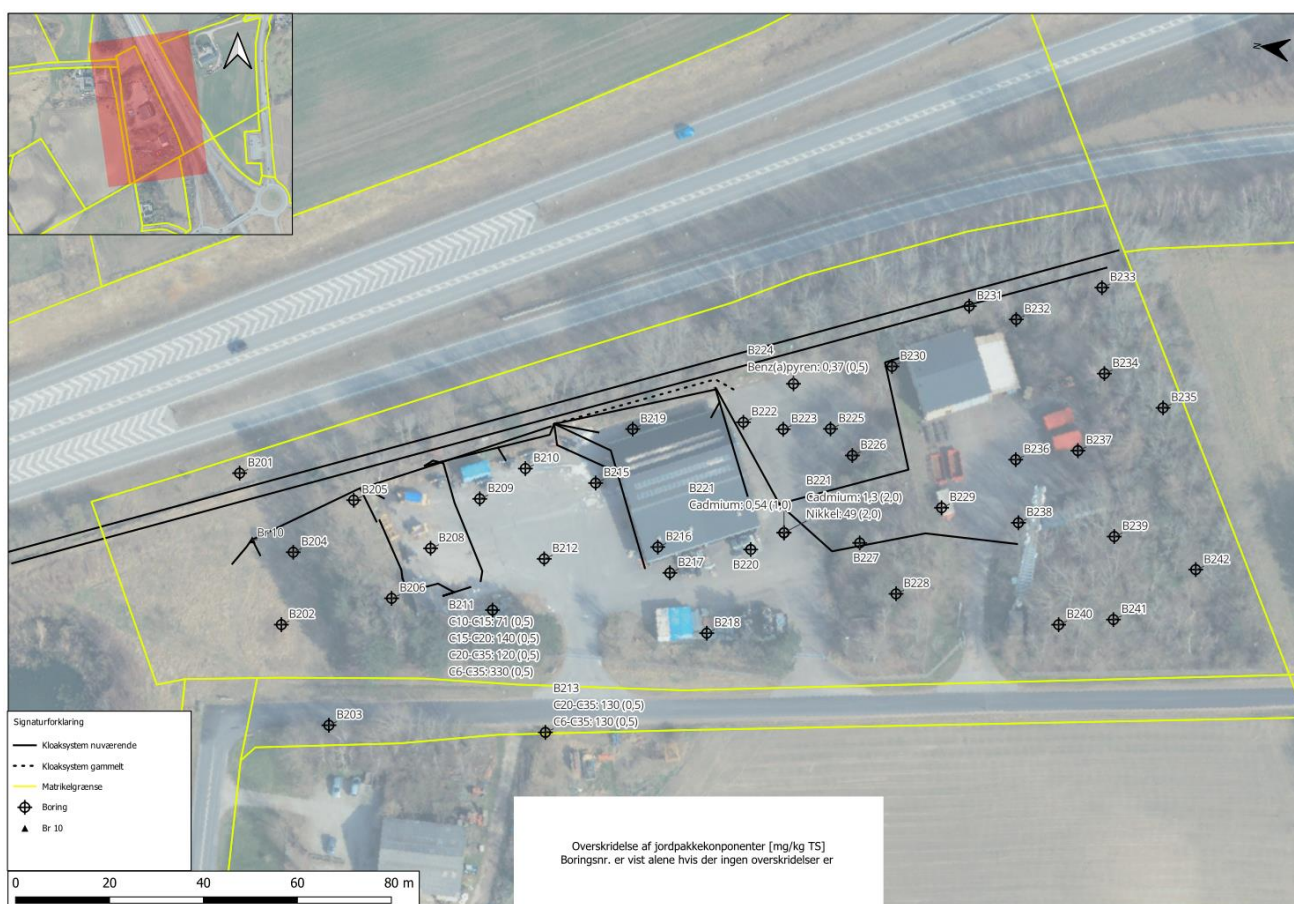
4.4 Jordpakken

I forbindelse med borekampagnen udført i efteråret 2025 er der udtaget jordprøver fra 40 filtersatte borer, typisk i dybdeintervallet fra terræn til ca. 2–4 m u.t., (svarende til toppen af grundvandsspejlet), som er analyseret for "jordpakken". Jordpakken er bestående af analyser for kulbrinter, 7 PAH samt 6 metaller (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn).

Kun enkelte af jordpakke-komponenterne overskrider JKK. Bilag 3 beskriver resultaterne af disse analyser. Overskridelserne for de enkelte komponenter er vist på Figur 4.10. For borer, hvor alle jordprøver analyseret for jordpakken ligger under JKK, er boringsnavnet alene angivet i figuren.

På den nordvestlige del af grunden og uden for grunden, i rabatten til Nørremarksvej, i borerne B211 og B213, er der påvist overskridelser af JKK for kulbrinter, primært tunge kulbrinter. De målte koncentrationer svarer til overskridelser på ca. 1,3–3,3 gange JKK. Kilden til forureningen kan ikke entydigt fastlægges. Det vurderes dog, at forureningen kan stamme fra materialegården i form af olie- og maskinrelaterede aktiviteter. Et eventuelt spill kan være skyllet af på overfladen, og afstrømningsforsøg ifm. /4/ viser, at en del overfladeafstrømning fra grunden bevæger sig mod Nørremarksvej i retning ud mod udkørslen, hvor B213 er placeret på den anden side af vejen. Transport gennem grundvandet er muligt, men der er kun fundet kulbrinter i en enkelt boring i jordprøver, så det er mindre sandsynligt. Forureningen i B213 kan også skyldes et spill på/ved vejen, uden for grunden.

De påviste overskridelser af cadmium, nikkel og benz(a)pyren på selve lokaliteten i B223, B221 og B224 vurderes at kunne relateres til den løbende drift på materialegården. Overskridelserne ses terrænnært mellem 0,5-2 m u.t. Da det kun er enkelte prøver hvor overskridelserne ses, vurderes forureningen at være lokal og afgrænset.



Figur 4.10: Overskridelse af JKK for jordpakkekomponenterne fra de nyetablerede borer. Stofnavn inkl. analyseresultat og prøvedybde (m u.t.) er vist. De borer, hvor der ikke er overskridelser er kun borningsnavnet vist.

5. Konceptuel model

På baggrund af det nuværende vidensniveau, er der udarbejdet en konceptuel model for PFAS-forureningen i jord og grundvand, se Figur 5.1 samt Bilag 8. Dette er en opdatering af den konceptuelle model præsenteret i /2/ med nye resultater, og inkluderer samtidig et fladekort.

Det er på baggrund af de nye resultater muligt at skelne yderligere mellem to kildeområder: et ved BØP centralt på lokaliteten og langs kloakken, samt et på den sydlige del af grunden ved det frivillige brandvæsen.

Snit A i den konceptuelle model viser primært forureningen fra BØP, mens kun enkelte borerer fra grunden ved det frivillige brandvæsen er vist. Den resterende del af kildeområdet ved det frivillige brandvæsen ligger inde i planet, dvs. vinkelret ind i tværsnittet, illustreret med orange pil. Begge kildeområder fremgår af fladekortet, hvor konturering af PFAS 4 i grundvandsprøver fremgår.

PFAS forureningen på Nørremarksvej vurderes at spredes via flere mekanismer. Af disse er nogle dokumenterede, mens andre endnu ikke vurderes tilstrækkeligt dokumenteret. Dokumenterede spredningsveje er vist med fyldt blå pil, mens ikke dokumenterede, mulige spredningsveje er vist med en åben blå pil på snittet. Der er ved nærværende undersøgelse kun påvist mindre indikationer på, at randmorænen under Nørremarksvej indeholder opskudte skrâtstillede lag skabt af gletscherbevægelse. Dette betyder, at det terrænnære sandlag vurderes at være sammenhængende i den primære strømningsretning. Derfor er der på den opdaterede konceptuelle model ikke indtegnet potentielle skrâtstillede lag som i /2/.

Som vist på Figur 5.1 (pil 1), vil overfladevand fra BØP afstrømme til den nordøstlige del, og for en mindre del mod nordvest mod Nørremarksvej. Langs hele skellet mod vejen i østlige retning findes imidlertid en naturlig overfladeafgrænsning i form af et stengærde, så PFAS forurening som transporteres via overfladevand vurderes ikke at spredes længere mod øst. Ved det andet kildeområde, hvor det frivillige brandvæsen hører til, vurderes overfladevandet baseret på højdekurver også primært at strømme i nordlig retning, men kan også samles ved en lavning omkring B126.

Forureningen på grunden spredes bl.a. via kloakken, vist med pil 2 på Figur 5.1, og forlader matriklen via Br10. Det er muligt, at der sker en ind- og udsivning af terrænnært PFAS forurenede grundvand til/fra kloak (pil 4) flere steder på grunden. Dette er dog ikke dokumenteret, men der er observeret høje koncentrationer i jordprøver langs kloakstrækningen, hvilket dog også falder sammen med overgangen mellem fyld og sand som er vandførende. Det vurderes, at der sker en infiltration fra overfladevand til det terrænnære grundvand (pil 5). Vertikalt ses de højeste jordkoncentrationer i de øverste jordlag (0-4 m u.t.), og oftest over grundvandsspejlet. Dette indikerer, at der sker en nedsivning af regnvand på lokaliteten, og at PFAS bevæger sig med det nedsivende vand. Det er herudover primært langkædet PFAS, der er påvist over grundvandsspejlet. Disse tilbageholdes i højere grad i den umættede zone end kortkædede PFAS.

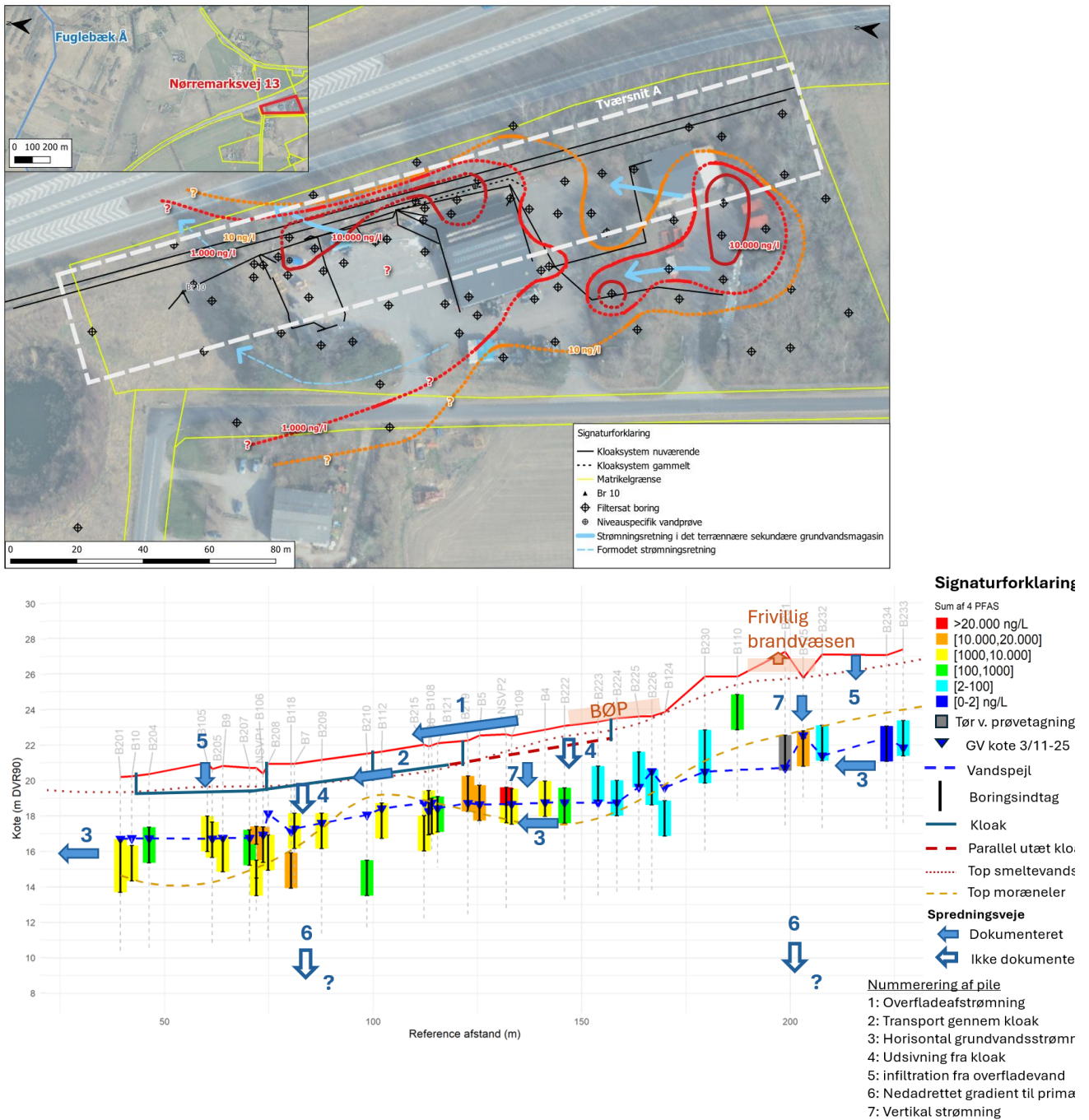
Der er stort set ikke en vertikal eller horisontal afgrænsning af grundvandsfanen med PFAS, dog ses faldende koncentrationer i samtlige retninger fra de to kildeområder. Langs Rute 21 er koncentrationerne generelt lavest, og forureningen vurderes afgrænset.

Den overordnede fordeling af PFAS kan forklares ved en kombination af horisontal transport i de terrænnære sandlag (pil 3) og efterfølgende langsommert vertikal nedsivning gennem det underliggende moræneler (pil 6). Der ses flere vandførende zoner i moræneleret (både jord- og grundvandsprøver viser PFAS forurening ned til 10 m u.t.). Det er især ved de to kildeområder, at PFAS har spredt sig til en større dybde.

Den horisontale grundvandsstrømning er overordnet set mod nord, og i den nordlige ende af grunden peger potentialelinjerne på, at grundvandet i nogen grad drejer mod NNØ ud mod Rute 21.

Jord- og grundvandsprøver viser dog også et højt indhold af PFAS i NNV retning, og der er indikationer på, at grundvandstrømningen og forureningstransporten bevæger sig vestligt om det terrænnære lerlag, under det asfalterede område nord for saltladen, for derefter at dreje mod NNØ. Grundvandsstrømningen på grunden følger i høj grad koten for toppen af moræneler-laget, og den ikke fuldt dokumenterede NNØ-drejning stemmer med, at koten for morænelaget også falder mod NNØ. Dette peger på, at grundvand og forurening følger den vej, hvor lerlaget ligger dybest.

Baseret på data fra HPT-sonderinger og filtersatte boringer, har det ikke været muligt at få et entydigt billede af den vertikale hydrauliske gradient, og derved hvorvidt der sker en generel nedadrettet gradient fra det terrænnære magasin videre til de dybereliggende horisonter (vist som åbne blå pile på Figur 5.1) på vej til det primære magasin. Der er dog enkelte indikationer på i EC-målinger fra HPT-sonderinger og PFAS fra jordprøver, at der er en nedadrettet hydraulisk gradient, og at grundvandet også bevæger sig nedad fra det terrænnære sandlag på lokaliteten. Generelt må det dog forventes, at infiltrerende vand dels bevæger sig fra lokaliteten via strømning i det terrænnære grundvand, via kloak og via markdræn mod nord i retning af Fuglebæk Å (markeret på fladekortet på Figur 5.1). Dette beskrives yderligere i /18/, som er under udarbejdelse.



Figur 5.1: Konceptuel model for spredning af PFAS-forurening. Fladekort med grundvandsforurening og strømningsretning (øverst) og tværnsnit A med grundvandskoncentrationer og spredningsveje (nederst).

6. Beregning af PFAS-masse og forureningsflux

6.1 Masseberegninger, PFAS

Den samlede PFAS-masse er estimeret ud fra jordprøvekonzentrationer fra de nyetablerede borer, samt fra /2/ og /4/ (både jordprøver fra borer og overfladeprøver), se Figur 6.1. Beregningerne er udført inden for område A-F, svarende til kontureringen af jordforureningen på 100 µg/kg TS (område A og B), 10 µg/kg TS (område C, D og E), samt 1 µg/kg TS (område F), se Figur 6.1. Beregningerne er vedhæftet i Bilag 9.

Beregningerne er opdelt i lag fra terræn til 10 m u.t., og hvert lag er 0,5 m, orienteret parallelt med terrænet. Der er udført to beregninger, én hvor hvert lag er tildelt maks. koncentrationen påvist i lagets tilhørende borer, og én hvor gennemsnitskoncentrationen er tildelt. For de tilfælde, hvor koncentrationen af PFAS er under detektionsgrænsen i samtlige borer/overfladeprøver, er laget tildelt koncentration 0 µg/kg TS i en beregning, og 0,075 µg/kg TS i en anden i en beregning. Herved fås et spænd i masseestimatet.

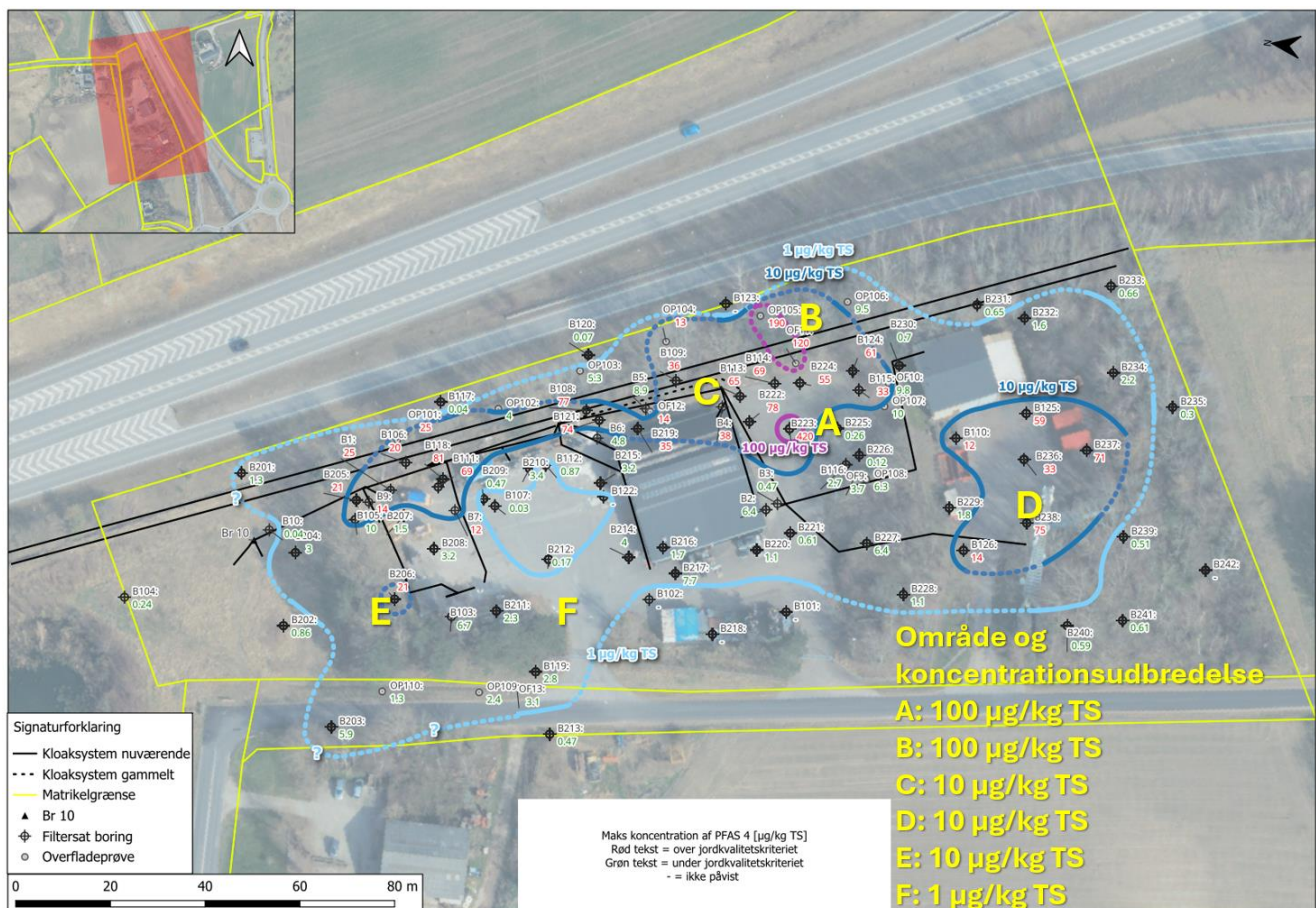
En samlet oversigt over masseberegninger og jordvoluminer kan ses i Tabel 6.1. Der er estimeret en samlet masse af PFAS 4 på 450-1.500 g på lokaliteten. Dette stemmer fint overens med den indledende vurdering af PFAS-massen af rapporteret i /2/, som var baseret på væsentlig mindre data.

Af den estimerede samlede masse, findes ca. 60% af massen inden for området med koncentrationer over JKK (10 µg/kg TS). Herudover findes 80% af den samlede masse over grundvandsspejlet (0-4 m u.t.). Der er beregnet et groft skøn af jordvoluminer med indhold af PFAS 4 over detektionsgrænsen, over 1 µg/kg TS samt over JKK (for PFAS 4), se Tabel 6.1. Volumen af jord, der har PFAS indhold over 1 µg/kg TS er groft skønnet til 33.000-47.000 m³. Heraf findes 5.000-9.000 m³ inden for det kraftigste forurenede område, hvor PFAS er over JKK.

Det er vigtigt at pointere, at masseberegningen er et skøn og behæftet med væsentlige usikkerheder. Usikkerhederne relaterer sig især til afgrænsningen af forureningen både horisontalt og vertikalt. Den horisontale afgrænsning, baseret på det foreliggende datagrundlag, er ikke fuldstændig hvilket indebærer, at den reelle udbredelse og dermed den samlede PFAS-masse kan være større end estimeret. Tilsvarende er den vertikale afgrænsning flere steder usikker, idet der ikke i alle områder foreligger data, som entydigt dokumenterer forureningens nedre afgrænsning. Derudover er masseberegningen følsom over for antagelser om koncentrationsfordeling i de enkelte lag, herunder anvendelsen af maksimum- og gennemsnitskoncentrationer samt håndteringen af prøver under detektionsgrænsen og borer/overfladeprøver, hvor der ikke er jordprøver analyseret for PFAS ned til 10 m u.t.

Tabel 6.1: Masseberegninger og jordvoluminer. *i enkelte områder er forureningen ikke afgrænset til under detektionsgrænsen, derfor er jordvolumen større end 50.000 m³.

Estimeret samlet masse (PFAS 4)	450-1.500 g
Estimeret samlet masse (PFAS 22)	500-1.600 g
Samlet masse inden for områder med koncentrationer over JKK for PFAS 4	60%
Samlet masse over grundvandspejlet (0-4 m u.t.)	80%
Volumen af jord med PFAS indhold over JKK (PFAS 4)	5.000-9.000 m ³
Volumen af jord med PFAS indhold over 1 µg/kg TS (PFAS 4)	33.000-47.000 m ³
Volumen af jord med PFAS indhold over detektionsgrænsen (PFAS 4)	Over 50.000 m ³ *



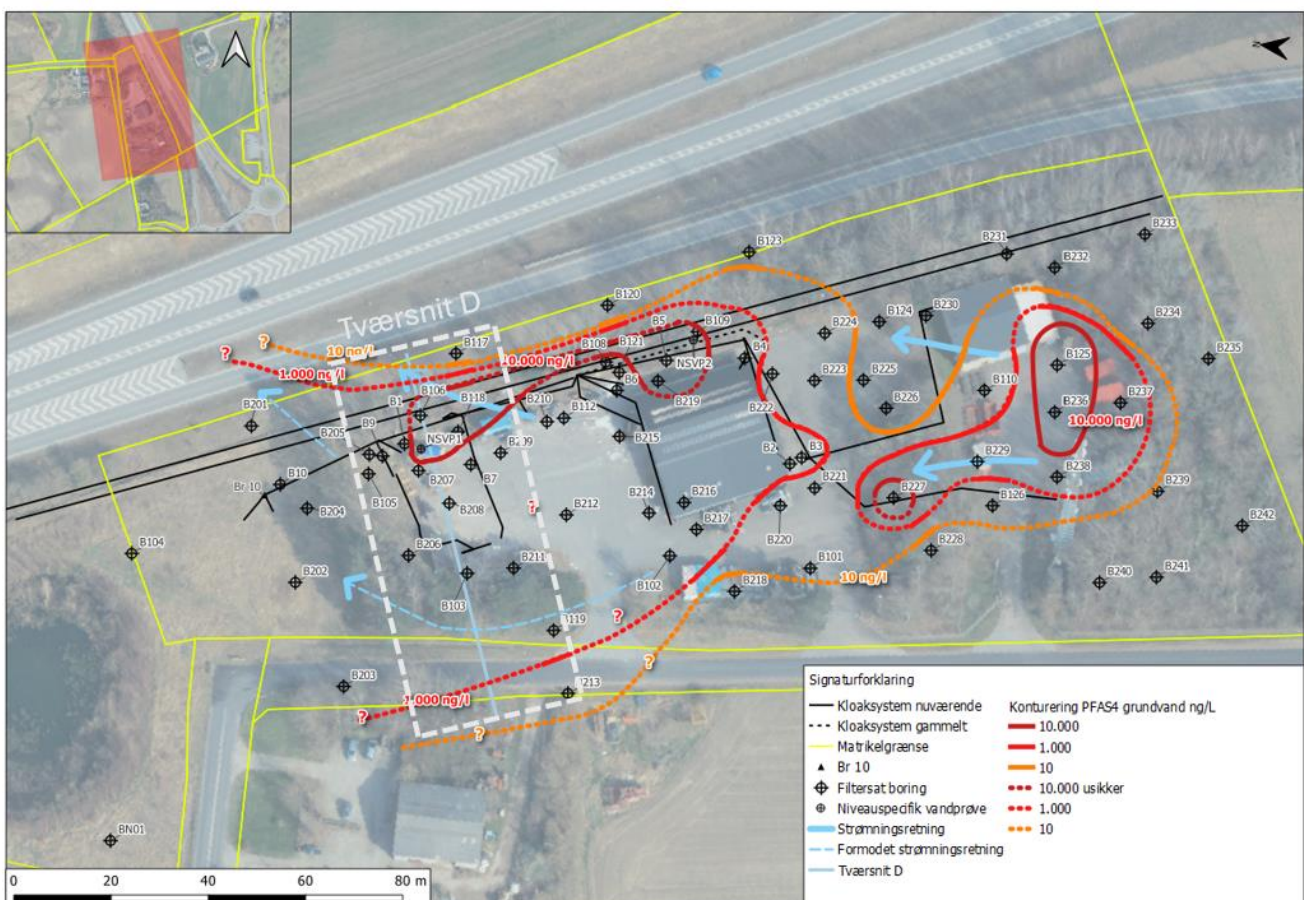
Figur 6.1: Område A-F hvor masseberegningerne er udført

6.2 Forureningsflux

Forureningsfluxen, dvs. den forureningsmasse, der bevæger sig ud af grunden pr. år med grundvandet, er beregnet gennem tværsnit D i den nordlige ende af lokaliteten (se Figur 6.2). Forureningsfluxen af PFAS 4 igennem tværsnit D, $J_{PFAS\ 4}$, er beregnet ved:

$$J_{PFAS\ 4} = \sum_{n=1}^N C_n \cdot K_g \cdot \frac{dh}{dy} \cdot A_n \cdot tid \text{ [år]} \left[\frac{g}{\text{år}} \right]$$

Hvor tværsnit D er delt ind i N celler af 0,5 x 0,5 m, C_n er PFAS 4-koncentrationen i celle n, interpoleret fra nærmeste tilgængelige koncentrationsmåling i tværsnittet, K_g er den geometriske middel hydrauliske ledningsevne, baseret på kornstørrelsesfordelinger fra lokaliteten, $\frac{dh}{dy}$ er den horisontale hydrauliske gradient på grunden og A_n er arealet af celle n. Forureningsfluxen beregnes som summen af alle vandførende celler i tværsnittet. Der er beregnet en lav og en høj forureningsflux, baseret på hhv. en relativt høj og en relativt lav horisontal hydrauliske gradient bestemt på lokaliteten. Den relativt høje horisontale hydrauliske gradient er bestemt mellem boring B125 i den sydlige ende af grunden og til B201 i den nordlige ende, mens den relativt lave er bestemt mellem B215 og B209. Tværsnit D er ikke vinkelret på den overordnede strømningsretning og den horisontale gradients retning mellem B125 og B204. Der er korrigeret for dette i beregningen under antagelse af en 45 graders vinkel afvigelse, hvilket resulterer i en korrektionsfaktor på ca. 0,7.



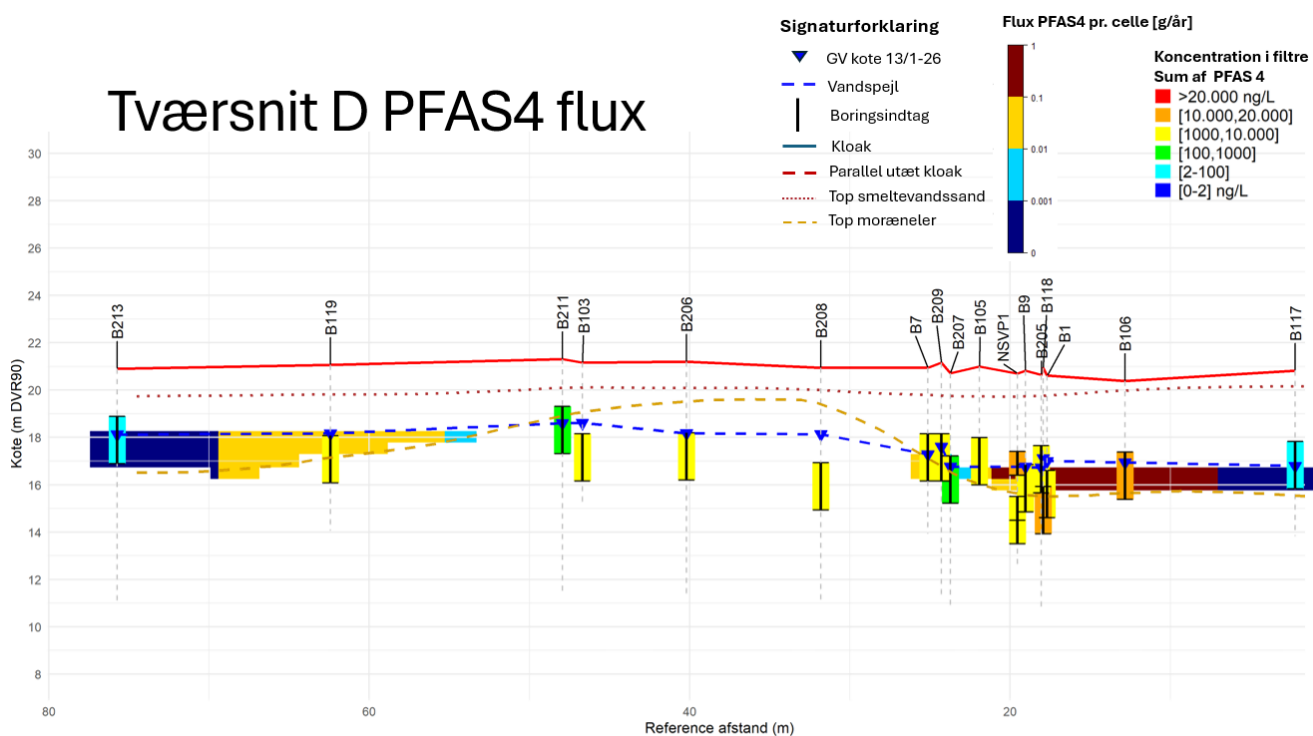
Figur 6.2: Tværsnit D og tolket grundvandsstrømningsretning (tyk lyseblå), formodet grundvandsstrømning (stiplet lyseblå) og konturlinjer for PFAS 4 grundvandsforurening.

Tabel 6.2: Anvendte parametre i forureningsflux-beregning

Parameter	Værdi
Kg	$7,08 \cdot 10^{-5}$ m/s
dh/dy	0,018-0,035 m/m

Det er antaget, at al horisontal forureningsflux går gennem den vandmættede del af sandlaget. Således er området, som grundvandsstrømmen og dermed forureningstransporten går gennem, afgrænset øverst af vandspejlet fra pejlerunden 13/1-2026. og det underliggende moræneler. Det betyder, at den horisontale forureningsflux i midten af tværsnittet sandsynligvis er svagt undervurderet, idet der sandsynligvis ikke er en skarp overgang mellem sand og ler, men en overgangszone, hvor den hydrauliske ledningsevne falder gradvist. Dette bekræftes af HPT-profilerne (se Bilag 11.1 for HPT logs), hvor trykstigninger over dybden sker gradvist i mange tilfælde.

Forureningsfluxen fordeles sig på baggrund af de nævnte antagelser primært omkring den østlige del af grunden i området mellem boring B7 og B106 samt i den vestlige del af grunden omkring B119 (se Figur 6.3). Datagrundlaget for K-værdierne vurderes ikke stærkt nok til at kunne anvende varierende K-værdier. Dette skyldes dels, at der kun er tre punkter med estimeret K-værdi i tværsnittet, og dels at kornstørrelsesfordelingerne giver et estimat af den hydrauliske ledningsevne i hvert punkt, men ikke nødvendigvis et estimat for akviferens effektive hydrauliske ledningsevne. Det betyder, at værdierne kan variere over dybden, og at forureningsfluxen, som afhænger lineært af K-værdien, dermed er forbundet med en vis usikkerhed, som ikke er indarbejdet i de beregnede værdier. Disse varierer alene pba. forskel i observeret horisontal hydraulisk gradient. De beregnede værdier for den samlede PFAS 4 forureningsflux i tværsnit D fremgår af Tabel 6.3.



Figur 6.3 Beregnet høj PFAS 4 forureningsflux i tværsnit D for hver celle. Koncentrationen for Sum af PFAS 4 i filtre er vist med egen farveskala. Bemærk, top moræneler over vandspejl i den centrale del af tværsnittet, derfor ingen forureningsflux der.

Tabel 6.3: Beregnet PFAS 4 forureningsflux gennem tværsnit D

Lav forureningsflux [g/år]	Høj forureningsflux [g/år]
6	12

Den beregnede forureningsflux gennem tværsnit D ligger erfaringsmæssigt på et forventeligt niveau ift. den beregnede masse. Resultaterne antager nul forureningsflux mellem B211 og B7 – dette medvirker sandsynligvis til at undervurdere den beregnede flux. Yderligere indarbejdelse af K-værdier og usikkerheden af disse samt usikkerhed på forureningsfordelingen kan derudover også have en stor betydning for den beregnede forureningsflux. De angivne værdier er et groft indledende overslag.

7. Risikovurdering og afværge

Et generelt forhold ved PFAS-forureninger er, at stofferne i praksis ikke nedbrydes til uproblematisk nedbrydningsprodukter under naturlige forhold. Der sker således ikke en naturlig reduktion af kildestyrken over tid pga. nedbrydning, men alene en fortynding, transformation og spredning. Den påviste forurening forventes derfor fortsat at påvirke både jord, grundvand og potentielt overfladevand i fremtiden, såfremt der ikke udføres afværgeforanstaltninger.

På baggrund af de samlede undersøgelsesresultater vurderes PFAS-forureningen på Nørremarksvej 13 at udgøre en væsentlig forureningskilde. Kildeområderne på Nørremarksvej 13 er overordnet set veldokumenterede i både jord og grundvand, men forureningen er fortsat ikke fuldt afgrænset, hverken horisontalt eller vertikalt. Ligeledes er spredningsvejene og forureningsfanen ud fra grunden ikke fuldt dokumenteret. En egentlig risikovurdering for grundvand og overfladevand er derfor vanskelig at udføre, da det fulde risikobillede endnu ikke er karakteriseret. I følgende underafsnit fremgår konkrete bemærkninger til risikovurderingen af PFAS-forureningen på Nørremarksvej 13 i hhv. jord og grundvand samt for det anvendte værktøj til risikovurdering i grundvand.

En samlet og mere detaljeret vurdering af den optimale strategi, der både omfatter jord, grundvand og overfladevand, kan igangsættes, når der foreligger en bedre forståelse af afgrænsningen af PFAS på Nørremarksvej, og når det igangværende nedstrøms projekt er afsluttet og sammenstillet med resultaterne fra nærværende undersøgelse.

Jordforurening

De to kildeområder for jordforureningen på Nørremarksvej 13 er overordnet set veldokumenterede. Det vurderes derfor på nuværende tidspunkt, at datagrundlaget for jordforureningen er tilstrækkeligt til at arbejde med oprensingsstrategier for jorden i kildeområderne. Oprensingsniveauer skal drøftes og afklares med miljømyndighederne.

Inden for den sydlige og østlige del af grunden er der påvist lave PFAS-koncentrationer, som kan være inden for intervallet for diffust påvirkningsniveau (i de øverste 0,5 m u.t.), jf. nationale undersøgelser, se afsnit 4.1. For at kunne fastlægge et fagligt begrundet oprensingsniveau for jord vurderes det nyttigt at fastlægge et lokalspecifikt diffust påvirkningsniveau. Derved er det muligt at tolke, hvorvidt PFAS-forureningen i lave koncentrationer skyldes et diffust påvirkningsniveau, og forureningen fra Nørremarksvej 13 dermed er afgrænset, eller om der er tale om en PFAS-forurening fra spild på Nørremarksvej 13. Herefter kan det også drøftes, om det er mu-

ligt at opsætte og regne på oprensningsscenarier til jordkvalitetskriteriet (JKK), et lokalt eller defineret baggrunds niveau (som er indenfor intervallet for diffust påvirkningsniveau, jf. nationale undersøgelser) eller til detektionsgrænsen.

Grundvandsforurening

Som beskrevet i afsnit 3.2 og afsnit 4, er grundvandets overordnede strømningsretning mod nord med en lokal drejning mod NNØ i den nordlige del af grunden. På baggrund af de optegnede potentialekort, og de parallelle undersøgelser nedstrøms vurderes det sandsynligt, at der findes en risiko for transport af PFAS mod Fuglebæks Å via terrænnært grundvand, dræn og overfladevand. Det er derfor vigtigt at få undersøgt disse spredningsveje. Risikoen for påvirkning af overfladevand undersøges nærmere i det igangværende nedstrøms projekt /18/, dette inkluderer dog ikke dræn langs vejen, hvilken vurderes at være et vigtigt fokuspunkt i videre undersøgelser.

Der er usikkerhed om den vertikale hydrauliske gradient, og det har ikke været muligt entydigt at fastlægge, om der foregår en generel nedadrettet transport mod dybereliggende magasiner, selvom der er enkelte indikationer på det. På baggrund af den regionale hydrogeologiske forståelse må der forventes en nedadrettet hydraulisk gradient. En potentiel påvirkning af dybere magasiner vurderes derfor som en langsigtet risiko, men er ikke dokumenteret på nuværende tidspunkt.

Overordnet vurderes datagrundlaget for grundvandsforureningen på nuværende tidspunkt ikke at være tilstrækkeligt til at danne grundlag for egentlige drøftelser med myndigheder om konkrete afværgetiltag og fastlæggelse af oprensingsniveauer, jf. afsnit 8.2 om identificerede videnshuller.

Værktøj til risikovurdering af grundvandsforurening

I forhold til det traditionelle risikovurderingsværktøj for grundvandsforureninger, JAGG, trin 1 beregninger, vil selv en restforurening tæt på detektionsgrænsen i jord kunne medføre en beregningsmæssig overskridelse af kvalitetskriteriet i det underliggende grundvand. Der vil derfor som udgangspunkt være en risiko for grundvandet vha. denne beregningsmetode. På denne baggrund vurderes en rent JAGG-baseret tilgang ikke at kunne danne grundlag for realistiske og proportionale oprensingskriterier på lokaliteten. Der er behov for en mere konceptuel og helhedsorienteret tilgang, hvor både kilde, transportveje, flux og beskyttelsesmål indgår samlet. En fluxbaseret risikovurdering vurderes at være mere retvisende end JAGG beregninger, blandt andet fordi de fluxbaserede vurderinger beror på en konceptuel forståelse af systemet. Den vertikale flux/masse, der kan efterlades på lokaliteten, før der vil være risiko for grundvand og overfladevand, kan herudover undersøges, baseret på modelværktøjer.

8. Sammenfatning og identificerede videnshuller

8.1 Sammenfatning

Nærværende undersøgelse har undersøgt geologi, hydrogeologi samt den horisontale og vertikale udbredelse af PFAS i jord og grundvand yderligere på og umiddelbart uden for Nørremarksvej 13. De geologiske og hydrogeologiske forhold er undersøgt nærmere vha. borer, HPT-sonderinger og synkronpejlinger. Forureningen på lokaliteten er yderligere undersøgt vha. jordprøver fra de 42 nyetablerede borer samt grundvandsprøver fra filtersatte borer.

Geologi og hydrogeologi

Der er observeret terrænnære indslag af grus, sand, moræneler og morænesilt, mens der fra ca. 5-7 m u.t. primært er observeret en mere lavpermeabel formation (moræneler) med indslag af sand- og siltslirer. Der er ved nærværende undersøgelse kun påvist små indikationer på, at randmorænen under Nørremarksvej indeholder opskudte skråtstillede lag skabt af gletscherbevægelse.

Der er udført en tilnærmet hydrogeologisk model for lokaliteten. Grundvandets strømningsretning følger generelt grundens længderetning mod nord i begge pejlerunder, og i den nordlige ende af grunden peger potentiellelinjerne på, at grundvandet i nogen grad drejer mod NNØ ud mod Rute 21. Baseret på data fra HPT sonderinger og filtersatte borer, har det ikke været muligt at få et entydigt billede af den vertikale hydrauliske gradient. Dermed er det heller ikke påvist, hvorvidt der er en generel nedadrettet gradient fra det terrænnære magasin videre til de dybereliggende horisonter. Der er dog enkelte indikationer (HPT sonderinger og PFAS i jordprøver) på, at der er en nedadrettet hydraulisk gradient, og at grundvandet også bevæger sig nedad fra det terrænnære sandlag på lokaliteten.

Jordforurening, PFAS

Det er på baggrund af de nye jord- og grundvandsresultater for PFAS muligt at karakterisere forureningen nærmere og skelne yderligere mellem de to kildeområder: et ved brandøvelsespladsen centralt på lokaliteten og langs kloakken, samt et på den sydlige del af grunden ved det frivillige brandvæsen.

Forureningen er afgrænset mod syd, idet der her kun er påvist lave koncentrationer under JKK svarende til diffuse baggrunds niveauer. Mod sydøst vurderes jordforureningen ligeledes afgrænset, mens der mod nordøst er et begrænset datagrundlag. I vestlig retning er der påvist lave koncentrationer, dog viser jordkoncentrationerne indikationer på, at PFAS-forurenet grundvand strømmer denne vej, hvorved der sker en afsmitning til jorden.

Vertikalt påvises de højeste koncentrationer af både PFAS 4 og PFAS 22 i de øverste jordlag, 0-4 m u.t., og oftest over grundvandsspejlet. Der er dog påvist koncentrationer over JKK for PFAS 4 i enkelte borer ned til 8-9 m u.t., og PFAS 22 er påvist ned til 10 m u.t.

Grundvandsforurening

I det terrænnære grundvandsmagasin (både i de mest terrænnære sandlag samt i de vandførende horisonter i moræneleret) er der påvist høje PFAS koncentrationer ved begge kildeområder, og kun to prøver overskrider ikke GVK for PFAS 4. Der er stort set ikke en vertikal eller horisontal afgrænsning af grundvandsfanen med PFAS, dog ses faldende koncentrationer i samtlige retninger fra de to kildeområder. Langs Rute 21 er koncentrationerne generelt lavest, og forureningen vurderes afgrænset.

Strømningsretningen i det terrænnære magasin indikerer, at forureningen kan fortsætte i nord-nordøstlig retning, og bevæge sig videre ud under Rute 21. Samtidig indikerer resultater af grundvandsprøver også en potentiel spredning i nordvestlig retning, med mulighed for, at fanen drejer mod NNØ via grundvandsstrømningen. Dette er dog ikke veldokumenteret.

Baseret på strømningsretningen, og de få borer der ligger opstrøms kildeområdet ved det frivillige brandvæsen, vurderes grundvandsforureningen ikke at have bredt sig i stort omfang fra grunden i sydlig retning. Dog var flere borer i den sydlige ende tørre ved prøvetagning, og afgrænsningen kan ikke dokumenteres.

Der er i nærværende rapport ikke foretaget en egentlig vurdering af interaktionen mellem overfladevand og grundvand. Det må dog generelt forventes, at infiltrerende nedbør dels nedsiver mod det primære magasin,

samt kan bortledes fra lokaliteten via kloak og eventuelle dræn, dels transporteres med det terrænnære grundvand mod nord i retning af Fuglebæks Å. Disse forhold beskrives nærmere i /18/, som er under udarbejdelse.

Forurening, Cyanid og jordpakken

Der er lokalt påvist cyanid ved og nedstrøms saltladen med overskridelser af GVK i grundvand, men uden overskridelser i jord. Jordprøver analyseret for jordpakken viser overskridelser i enkelte jordprøver udtaget terrænnært. Da det kun er enkelte prøver hvor overskridelserne ses, vurderes forureningen at være helt lokal og afgrænset.

Masse- og fluxberegning

Masse- og fluxberegningerne er opdateret pba. de udførte undersøgelser. Der er estimeret en samlet masse af PFAS 4 på 450-1.500 g på lokaliteten, af denne findes ca. 80% af over grundvandsspejlet (0-4 m u.t.). Forureningsfluxen af PFAS 4 med grundvandet er beregnet gennem tværsnit D i den nordlige ende af grunden. Den samlede årlige flux er estimeret til mellem 6 og 12 g/år, afhængigt af den anvendte hydrauliske gradient, men ikke pba. usikkerheder i rumlig fordeling af hydraulisk ledningsevne eller forureningskoncentration. Fluxen vurderes primært at foregå i den vandmættede del af det terrænnære sandlag og er størst i den østlige del af grunden samt lokalt i den vestlige del.

Datagrundlaget vurderes endnu ikke at være fuldt tilstrækkeligt til at danne grundlag for konkrete drøftelser med myndigheder om afværgetiltag ift. grundvand. For jord muliggør nuværende vidensniveau principielle drøftelser om overordnede strategier samt udarbejdelse af indledende, overslagsmæssige økonomiske vurderinger. En egentlig samlet strategi for jord, grundvand og overfladevand bør først fastlægges, når afgrænsningen af PFAS på Nørremarksvvej er bedre belyst, og resultaterne fra det igangværende nedstrøms projekt foreligger.

8.2 Identificerede videnshuller

Efter undersøgelserne i nærværende projekt, er en række videnshuller blevet identificeret. Disse relaterer sig overvejende til PFAS-forureningen i jord og grundvand, særligt faneudbredelsen i området. Videnshullerne er opsummeret nedenfor.

Jordforurening

- Horisontal afgrænsning: Nord for B117 i østlig retning er datagrundlaget begrænset, og der foreligger derfor ikke en egentlig afgrænsning mod JKK før den nordlige boring B201. I vestlig retning indikerer jordkoncentrationerne (på trods af en faldende tendens mod vest), at PFAS-forurenet grundvand strømmer denne vej, hvorved der sker en fortsat afsmitning til jorden. Forureningen er ikke afgrænset til under detektionsgrænsen her. Der mangler stadig en afgrænsning af forurening under saltladen.
- Vertikal afgrænsning: Ved kildeområderne ses en tydelig vertikal spredning af PFAS et stykke ned i moræneleret, og det er ikke i alle boringer, at en egentlig afgrænsning til under detektionsgrænsen er opnået i de nye boringer ved 7-10 m u.t. Det er dog vigtigt at definere, hvilken form for afgrænsning de videre undersøgelser/vurderinger skal baseres på. Dette kunne være til JKK, detektionsgrænsen eller et lokalt diffust påvirkningsniveau. Til dette kan udvaskningstest anvendes, således at man få et klart billede af, hvilke niveauer samt PFAS-stoffer der findes i de dybeste niveauer.

- Spredning til dybereliggende vandførende horisonter (under 6-9 m u.t. i moræneler): Resultater fra jordprøver indikerer tilstedeværelsen af en dybereliggende zone med forhøjede PFAS-koncentrationer i moræneleret. Muligheden for vandførende lag i det niveau understøttes af HPT-profilerne. Den potentielle vertikale strømning og eventuel hydraulisk kontakt til underliggende vandførende horisonter er ikke undersøgt eller nærmere vurderet på nuværende grundlag.
- Vurdering af det diffuse påvirkningsniveau (baggrunds niveau): En vurdering af et lokalt baggrunds niveau for PFAS 4 samt PFAS 22 i terrænnære jordprøver fra området vil bidrage til en mere præcis afgrænsning af forureningen. Endvidere vil den bidrage til den videre proces i forhold til potentielle afværgeløsninger for jordforureningen. Baggrunds niveauet kan estimeres ved udtagning af terrænnære jordprøver fra nærområdet.

Grundvandsforurening

- Horisontal og vertikal afgrænsning: Kun to grundvandsprøver er under grundvandskvalitetskriteriet for PFAS 4, og der er således ikke en egentlig afgrænsning af forureningen, hverken horisontalt eller vertikalt, dog vurderes forureningen baseret på strømningens retning ikke at have spredt sig opstrøms kildegrunden ved det frivillige brandvæsen. På trods af indikationer derpå kan det dog ikke formelt dokumenteres, fordi flere sydligt beliggende borer var tørre ved prøvetagning. Der mangler herudover forståelse af det PFAS-indhold der er påvist på den nordvestlige del af grunden, samt spredning ud under Rute 21.
- Dræn/utæt kloak: Det er stadig uklart, hvorvidt der sker ind- og udsivning af terrænnært PFAS forurennet grundvand til/fra kloak.
- Samspil mellem grundvand og overfladevand: Det forventes at infiltreret vand bevæger sig fra lokaliteten via kloak og markdræn og via strømning i det terrænnære grundvand mod nord i retning af Fuglebæk Å. Der mangler dog en forståelse af samspillet mellem grundvand og overfladevand, herunder dræn langs vejen, og en samtolkning med resultater fra nedstrøms projektet der er under udarbejdelse /18/

Andre analyseparametre

- Jordpakkekomponenter: Der er påvist enkelte overskridelser af jordpakkekomponenter. Ved en eventuel afgravning/forklassificering af jorden skal det vurderes, i hvilket omfang dette skal undersøges nærmere.

Geologi og hydrogeologi

- Strømningens retning og hydraulisk ledningsevne i det sekundære grundvandsmagasin: Der mangler en bedre forståelse af, hvordan grundvandsstrømningen foregår ud ad grunden i den nordlige ende. Nuværende datagrundlag viser en NNØ-drejning af grundvandsstrømningen i det terrænnære grundvandsmagasin i den nordlige ende af grunden, men det er uvist, hvad der sker med strømningen under/langs vejen – er der dræn, er der gravet i jorden til en vejkasse, og er en eventuel vejkasse drænet? Dette vil have afgørende betydning for grundvandsstrømningen og dermed for transporten fra de relativt høje PFAS-koncentrationer i jord- og grundvandsprøver i den NNV-lige del af grunden. Den hydrauliske ledningsevne er bestemt i kornstørrelsesfordelinger fra det sekundære magasin, men HPT-sonderinger indikerer, at den hydrauliske ledningsevne flere steder falder gradvist med dybden efter

overgangen fra sand til ler, og der kan foregå en horisontal og vertikal transport i overgangszonen. Størrelsen og betydningen af grundvandsstrømningen i overgangszonen, både horisontalt og vertikalt, er ikke kendt. Enkelte dybere, filtersatte boringer og et antal slug tests i nye og eksisterende boringer kunne medvirke til at belyse dette.

- Nedadrettet gradient: Det har ikke været muligt, baseret på HPT-sonderinger, sammenligninger af pejlinger i nærliggende boringer, på EC-målinger og på PFAS-koncentrationer over dybden at give et entydigt billede af den vertikale hydrauliske gradient på lokaliteten. Derved er det ikke muligt at sige, om der sker en generel nedadrettet grundvandstrømning fra det terrænnære magasin til de dybereliggende horisonter. Dybere, filtersatte boringer kunne anvendes til at belyse den vertikale gradient yderligere.

9. Referencer

- /1/ Region Sjælland (2025) Historisk Notat for Nørremarksvej 13, 4560 Vig. 19. maj 2025.
- /2/ NIRAS (2025) Nørremarksvej 13, Vig, Supplerende undersøgelser 2024 og 2025. Odsherred Kommune, 13/6-2025.
- /3/ DMR (2022) Notat vedr. forureningsundersøgelse, Nørremarksvej 13, 4560 Vig, Dansk Miljørådgivning A/S, 10. januar 2022
- /4/ NIRAS (2024) Nørremarksvej 13, Vig, PFAS-undersøgelse, forureningsundersøgelse af jord og grundvand, NIRAS 29. maj 2024
- /5/ Naturstyrelsen Roskilde (2012) Kortlægningsområderne Trundholm og Nakke – trin 1 kortlægning. Resumerapport – blok 4. COWI. August 2012.
- /6/ Miljøbeskyttelsesloven (2019) LBK nr 1218 af 25/11/2019: Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse. URL: [<https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2019/1218>]
- /7/ Miljøstyrelsen (2023) Fastsættelse af kvalitetskriterier for vandmiljøet Per- og Polyfluoralkylstoffer (PFAS).
- /8/ Retsinformation (2025) Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand. Bek. nr. 1668 af 08/12/2025.
- /9/ Miljøstyrelsen (2021) Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord. URL: [https://edit.mst.dk/media/twgdfltx/liste-over-jordkvalitetskriterier-juli-2021_final-rev.pdf] Senest tilgået 28/5-2025.
- /10/ Devlin, J.F. (2015). HydrogeoSieveXL : an Excel-based tool to estimate hydraulic conductivity from grain size analysis. Hydrogeology Journal, DOI 10.1007/s10040-015-1255-0. v 2.3.11.
- /11/ Hydrologisk Informations og Prognosesystem (2026) URL: <https://hip.dataforsyningen.dk>. Senest besøgt 15/1-2026.
- /12/ Vejdirektoratet (2026) Rute 21 Kirkeåsvejen – Geotekniske rapporter og borerer fra 1982 og 2007.
- /13/ Dansk Geologisk Forenings årsskrift (1981) Litorinatransgressioner i Trundholm Mose NV Sjælland – En foreløbig undersøgelse. Erik Maagaard Jacobsen, Geokon A/S.
- /14/ Andersen, C. S. & Jacobsen, P. R. (2008) Sedimentological and glaciotectionic interpretation of georadar data from the margin of the Vig ice-push ridge, NW Sjælland, Denmark. GEUS Bulletin 41.
- /15/ Jacobsen, P.R. & Overgaard, T. (2002) Georadar facies and glaciotectionic structures in ice maginal deposits, northwest Zealand, Denmark. Quaternary Science Reviews.
- /16/ Miljøstyrelsen (2025) Konceptuel model for transport og skæbne af PFAS ved forurenede grunde. Miljøprojekt nr. 2286. Januar 2025.
- /17/ Miljøstyrelsen (2024) Diffus forurening med PFAS i jord, grundvand og overfladevand, Miljøprojekt nr. 2275. September 2024. Udarbejdet af Rambøll A/S.
- /18/ NIRAS (2026) Supplerende undersøgelser af PFAS nedstrøms Nørremarksvej 13. Odsherred Kommune, under udarbejdelse.
- /19/ Miljøstyrelsen, 2024. Differentierede aktionsværdier I jord, aktionsværdier for PFAS i jord. Miljøprojekt nr. 2276
- /20/ Falkenberg, Jacqueline (2021) Datablade for anvendelse af PFAS-forbindelser i 5 brancher. Regionernes Videncenter for Miljø og Ressourcer. Møde 78, 21/9-2021. NIRAS A/S.