

Analyse af pejledata

Lille Højllund – delrapport 2023



Sweco Danmark A/S	48233511
Projekt	Hjælland vandspejls analyse
Projektnummer	41002318
Kunde	Region Midtjylland
Udfærdiget af	LNAI og TORK
Kontrolleret af	MABO og TORK
Dato	12-03-2024 (V02)
Dokumentnavn:	K71_F20_C05_Analyse af pejledata_V02

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	4
2	Datagrundlag	8
2.1	Udvælgelse af nedbørsdata	10
2.1.1	Variationer i nedbør	11
2.2	Korrektion af pejledata fra boring DGU nr. 96. 2421.....	11
3	Grundvandsstand og nedbør.....	13
3.1	Nye boringer	13
3.2	Oprindelige boringer.....	14
4	Årsvariation i grundvandsstand	16
5	Sammenhæng mellem grundvandsspejl og råstofindvinding	18
5.1	Korrelation i forhold til afstand.....	19
5.2	Standardafvigelse i forhold til afstand	20
5.3	Dagsvariationer	22
5.4	Månedlig sammenligning	23
5.5	Mulig buffer volumen i gravesøen	24
6	Konklusion	26
7	Anbefaling.....	28
	Bilag:1 Korrelationsplot for de nye pejleboringer.....	29

1 Indledning

I forbindelse med råstofindvinding ved Lille Hjøllund, har Region Midtjylland i perioden fra december 2015 til juni 2023 indsamlet pejledata fra en række pejleboringer i området. Boringerne er etableret, for at give mulighed for at overvåge udviklingen i grundvandsspejlet tæt ved gravområder og derved se om råstofgravning har en effekt på grundvandsspejlet. Region Midtjylland har ønsket en analyse af, om det er muligt at spore effekten af gravning under grundvandsspejlet og i givet fald, hvor stor denne måtte være i en given afstand fra graveområdet.

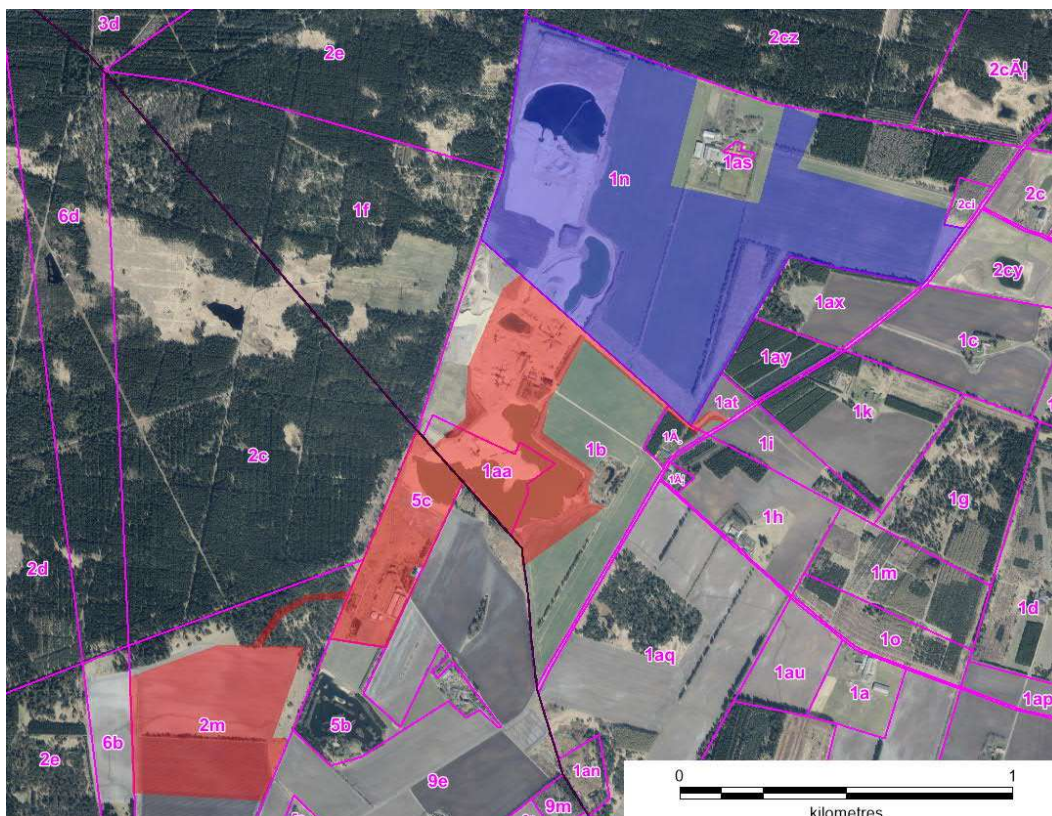
Der er tidligere udført en analyse på data fra perioden december 2015 til februar 2022, som er dokumenteret i delrapporten Analyse af pejledata 2022¹.

I området er der to primære råstofindvindere, Asklev Sten og Grus Aps ("Asklev") samt Kroghs A/S ("Kroghs").

Asklev Sten og Grus Aps har en tilladelse til årlig indvinding af 400.000 m³ sand, grus, sten og muld indenfor et areal på 53,4 ha. Heraf må de 200.000 m³ indvindes under grundvandsspejlet.

Nord for Asklev råstofgrav ligger Kroghs råstofgrav. Kroghs A/S har en tilladelse til årlig indvinding af 200.000 m³ sand, grus, sten og muld indenfor et areal på 75,4 ha. Heraf må de 100.000 m³ indvindes under grundvandsspejlet. Arealerne er vist på Figur 1.

¹ Analyse af pejledata, Lille Hjøllund 2022 – delrapport, Sweco A/S

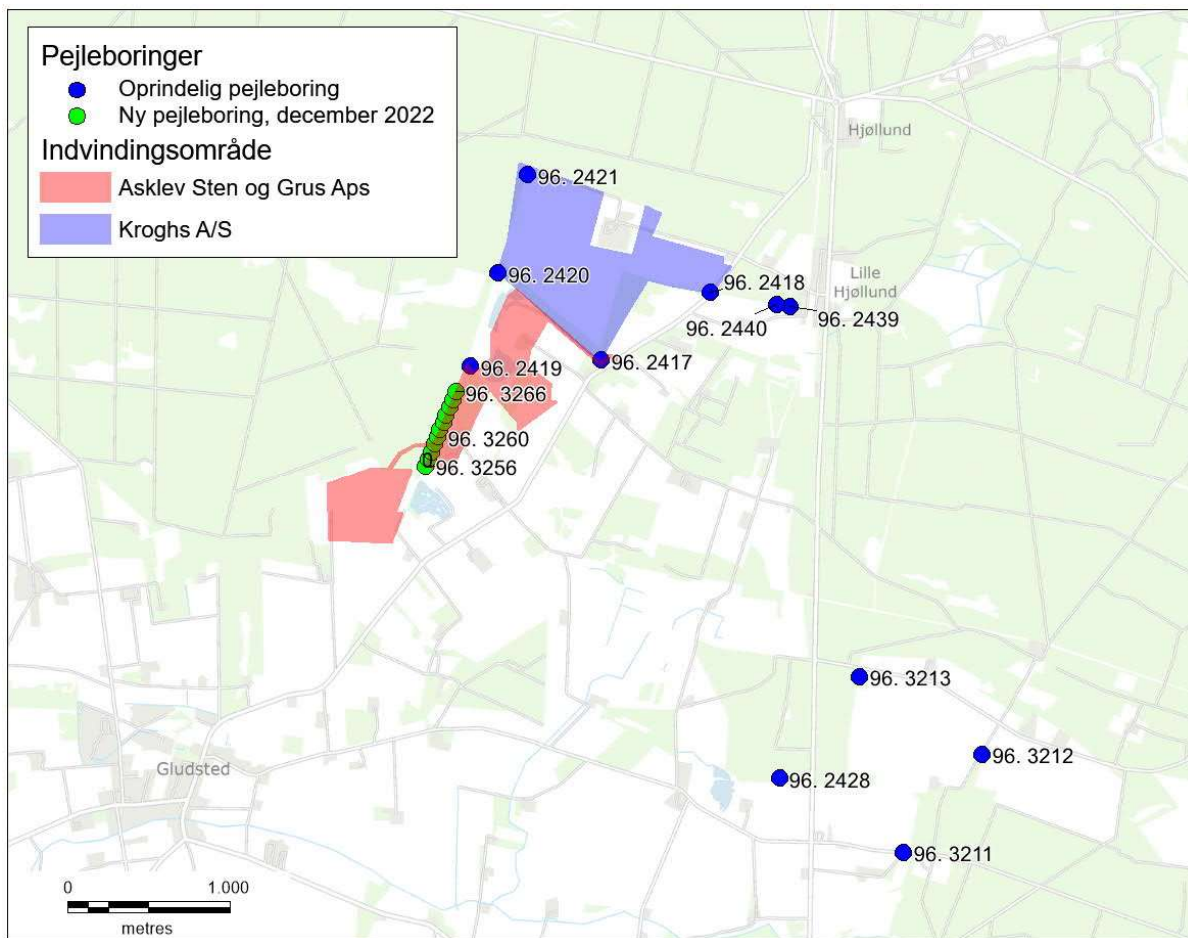


Figur 1: Kort over Asklev Sten og Grus Aps indvindingsområde, markeret med rød skravering. Kroghs A/S indvindingsområde, markeret med blå skravering. Pink strek er matrikelskel og lilla skrift matrikelnumre. Sort strek er kommunegrænsen. Baggrundskort er orthofoto forår 2021.

Siden den tidligere udførte rapport, er der etableret nye pejleboringer til registrering af grundvandsspejlet. De nye boringer ligger på en række med ca. 50m afstand tæt ved Asklevs råstofsø/gravefront. En oversigt over området med tilhørende pejleboringer fremgår af Figur 2.

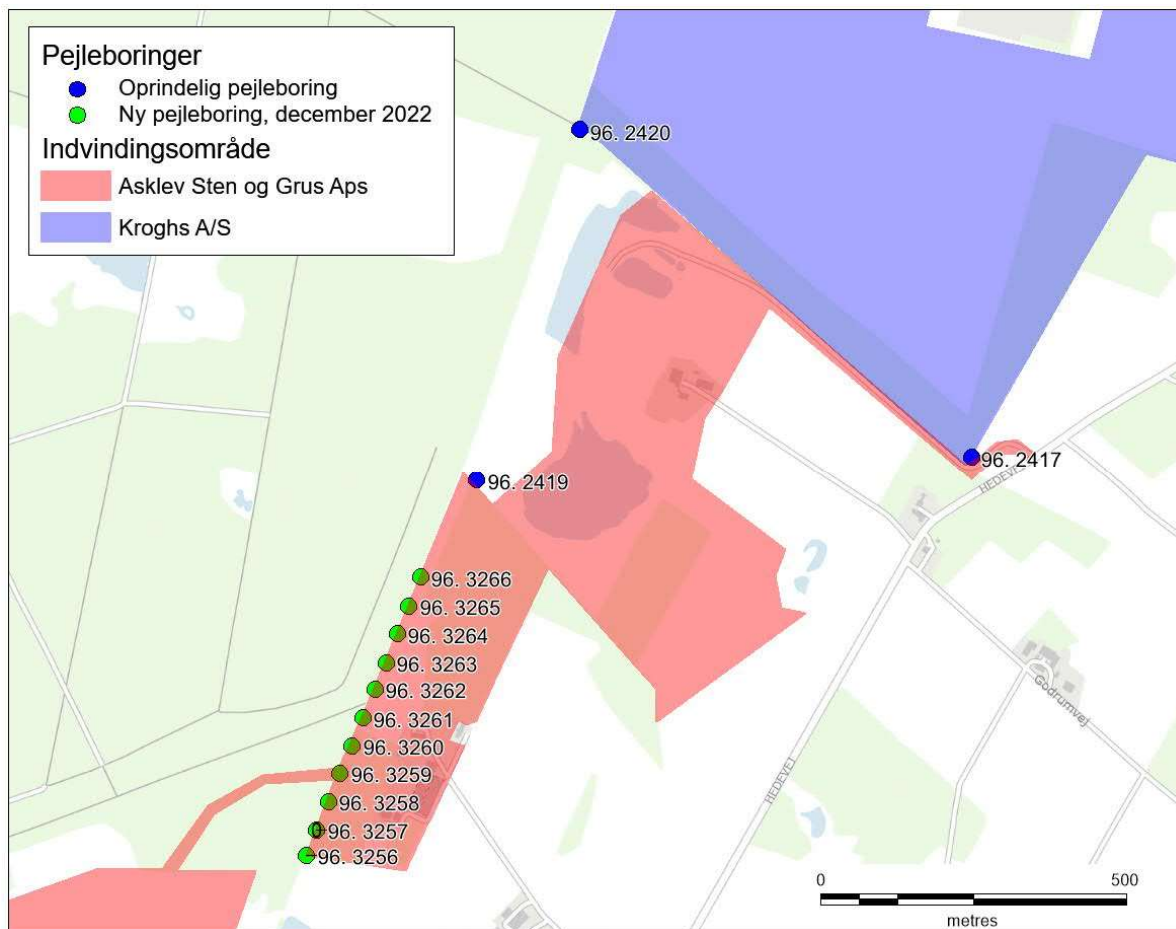
Denne delrapport vil hovedsageligt fokusere på den nye række af pejleboringer, DGU nr. 96. 3256 til 96. 3266 vist på Figur 3, som ligger i den sydlige del af Asklev Sand og Grus råstofgrav. Pejleboringerne ligger i råstofgravfrontens udbredelsesretning, svarende til råstofgravesøen udbredelsesretning. Det medfører at pejleboringerne kommer tættere og tættere på gravefronten, nogle af pejleboringerne ligger i dag ved "siden" af råstofsøen, idet gravefronten har passeret pejleboringen.

Kroghs råstofgrav ligger nord for rækken af pejleboringer og på den anden side af råstofsøen ved Asklev. Det er derfor vurderet, at aktiviteter i Kroghs råstofgrav har ingen eller kun lille indflydelse på variationer i vandspejl i rækken af pejleboringer. Pejleboringerne vil i lang overvejende grad påvirkes af gravning/indvinding i Asklevs råstofgrav, da den er tættest og råstofsøen vil dæmpe eventuelle påvirkninger fra Kroghs. Der er derfor set bort fra samtidig gravning i Kroghs råstofgrav i denne analyse.



Figur 2 Indvindingsområderne og placering af nye og oprindelige boringer

En mere detaljeret afbildning af de nye pejleboringers placering fremgår af Figur 3.



Figur 3 Indvindingsområderne og indvindingsretning med placering og navngivning af nye pejleboringer

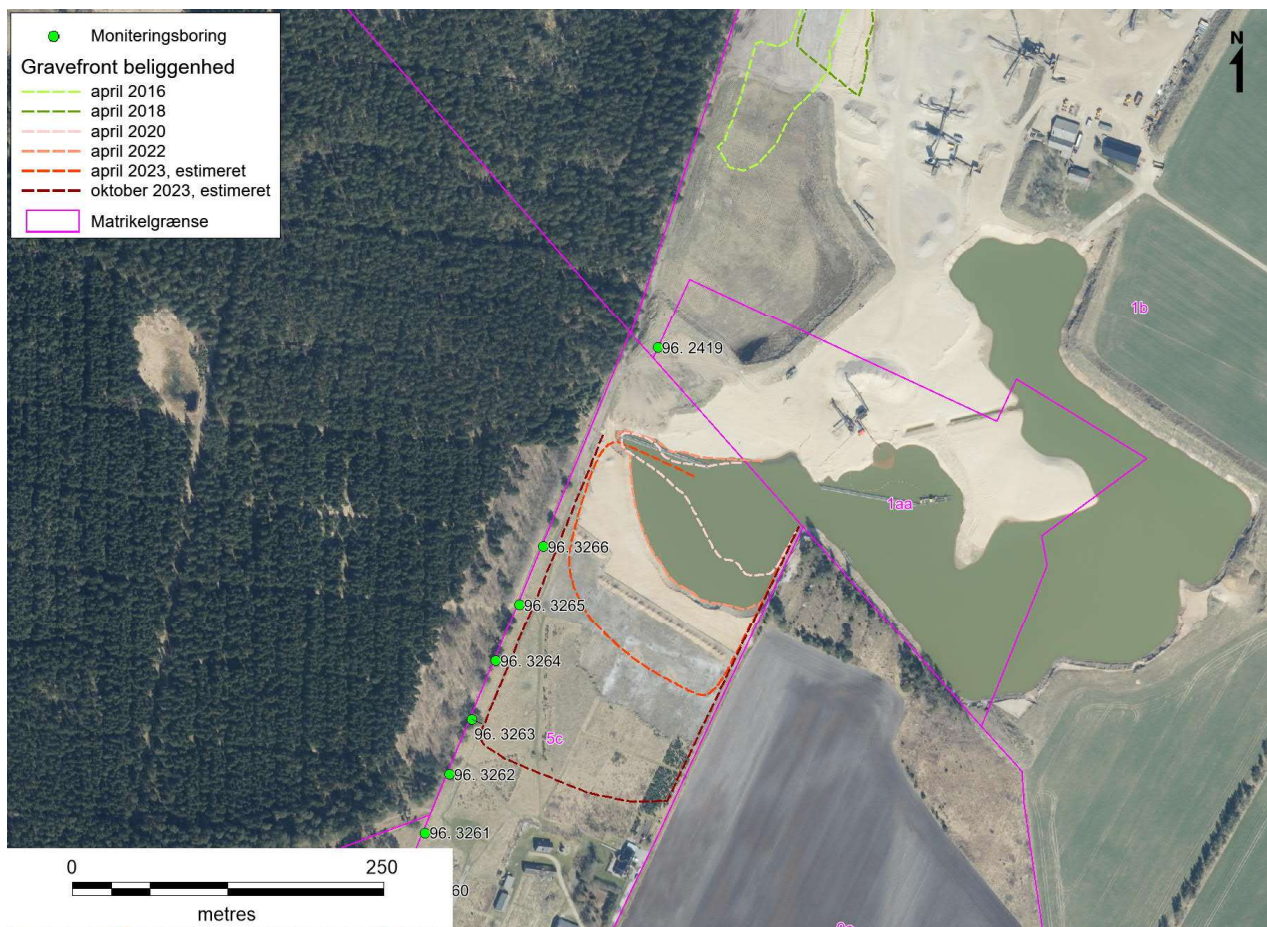
2 Datagrundlag

Asklev Sten & Grus har videregivet data for driftstimerne på dagsbasis for sandsugeren i perioden fra 26. oktober 2022 til 14. juni 2023, der indvindes 1400 m³ for hver driftstime. De 1400 m³/time indeholder både vand og råstof, hvor en andel af sand/grus udnyttes og resten returneres til gravesøen.

Morten Sørensen/Asklev Sten & Grus i Hjøllund har oplyst, at ved indvinding fjernes der mellem 300-400 tons tørstof, per driftstime. Med en antaget densitet af tørstof på 1,8 tons/m³, resulterer dette i en indvinding mellem 167 - 222 m³ råstof pr. time. Der blev desuden oplyst at ca. 1/3 af det oppumpede råstof bliver tilbageført til råstofsøen kant. Det tilbagepumpede materiale anvendes til at sikre et underlag til maskiner mv. efterhånden som råstofsøen flytter/udvides på grund af gravning. Det medfører at der i gennemsnit for hver driftstime fjernes råstof på mellem 110-150 m³ sand og grus.

I den observerede periode på 33 uger, er der indvundet i ca. 1320 driftstimer, hvilket resulterer i en indvinding og fjernelse på mellem 150.000 - 200.000 m³ sand og grus.

Baseret på samtale med Morten Sørensen er der lavet et estimat på gravefrontens udformning i starten af oktober 2023, som fremgår af Figur 4. Figuren viser også gravefrontens beliggenhed i foråret 2016, 2018, 2020, 2022 og 2023. Gravefronten er optegnet ud fra orthofoto 2016 til 2022. Orthofoto optages årligt før løvspring i perioden 1. marts – 1. maj. Gravefrontens beliggenhed i foråret 2023 er estimeret ud fra beliggenhed året før.



Figur 4 Estimeret gravefront i Asklev Sand og Grus indvindingsområde, digitaliseret ud fra historiske orthofoto.

En oversigt over pejleboringer og driftdata for området fremgår af tabellen nedenfor.

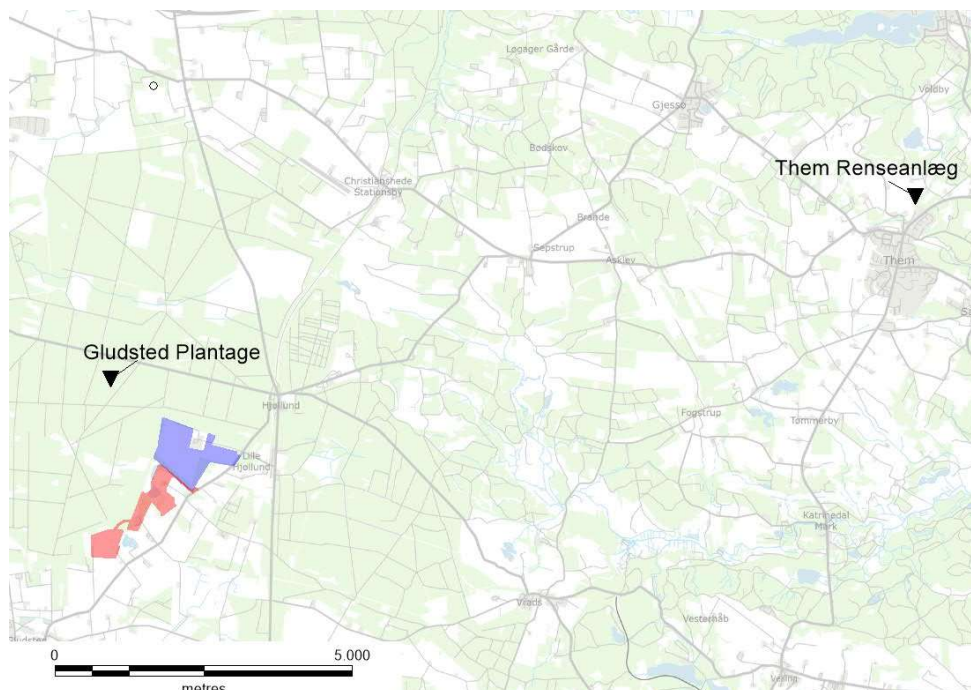
DGU nr.	Dybde (m.u.t)	Data periode	Data interval
96. 2417	18	2015 – 2023	Dagligt
96. 2418	12	2015 – 2023	Dagligt
96. 2419	12	2015 – 2023	Dagligt
96. 2420	12	2015 – 2023	Dagligt
96. 2421	14	2015 – 2023	Dagligt
96. 2439	12	2015 – 2023	Dagligt
96. 2440	13	2015 – 2023	Dagligt
96. 2428	10	2015 – 2023	Dagligt
96. 3211	?	2021 feb. – 2023	Dagligt
96. 3212	?	2021 feb. – 2023	Dagligt
96. 3213	?	2021 feb. – 2023	Dagligt
96. 3256	?	2022 dec. – 2023	Dagligt

96. 3257	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3258	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3259	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3260	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3261	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3262	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3263	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3264	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3257	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
96. 3257	?	2022 dec. – 2023	Dagligt
Driftdata ny	-	2022 okt. – 2023	Dagligt
Driftdata gammel	-	2014 – 2020	Årligt

Tabel 2: Oversigt over datagrundlaget. Det antages at de nye pejleboringer er filtersat terrænnært, max 10 m under terræn.

2.1 Udvælgelse af nedbørsdata

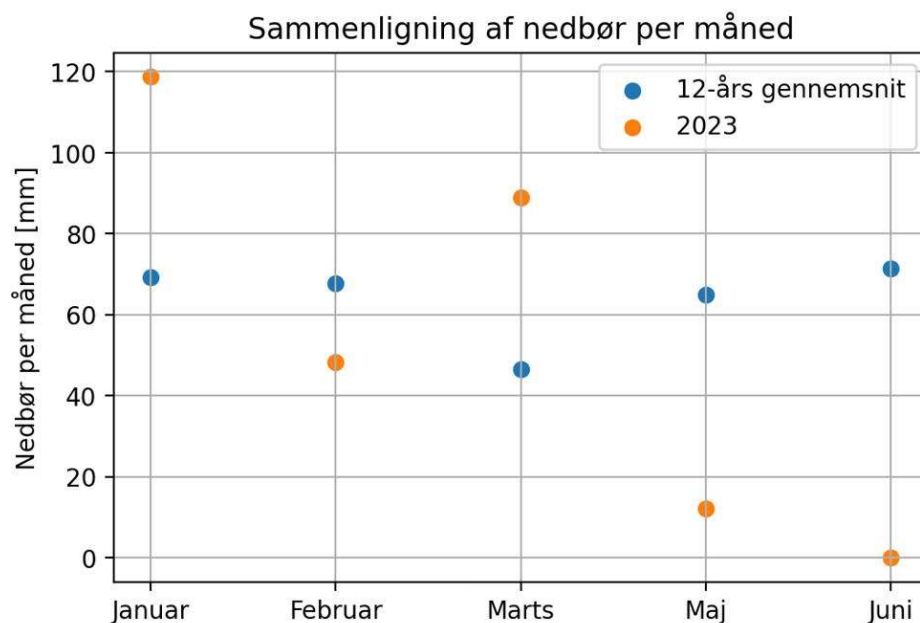
Til analyse af grundvandsspejlet er der ligeledes anvendt nedbørsdata. Her er anvendt SVK stationen 5195 Them Renseanlæg. Denne er valgt fremfor station 5200 Gludsted Plantage, selvom stationen i Them ligger i større afstand (13,5 km). Gludsted plantage er nedlagt og dækker ikke hele perioden. Placeringen af regnmålerne fremgår af Figur 5.



Figur 5 Placering af regnmålere i forhold til indvindingsområdet

2.1.1 Variationer i nedbør

I denne delrapport er der særligt fokus på de nye pejleboringer. Det skyldes, som nævnt, indvindingsretningen og afstanden til gravefronten som fremgår af Figur 4. De nye pejleboringer har data i perioden december 2022 til 14. juni 2023, hvilket er en periode med atypiske nedbørsmængder for flere måneder. Dette fremgår af Figur 6, hvor udvalgte måneder for 2023 sammenlignes med et 12 års gennemsnit fra samme regnserie.



Figur 6 Sammenligning af nedbør på månedsbasis for Them målestation

Det fremgår at særligt januar og marts har cirka 40 mm mere nedbør i 2023 sammenlignet med 12-års gennemsnittet, hvor i mod at maj og juni har markant lavere nedbør end 12-års gennemsnittet. For juni er der kun nedbørs data for de første 14 dage i 2023, hvorfor det gør illustrationen lidt misvisende.

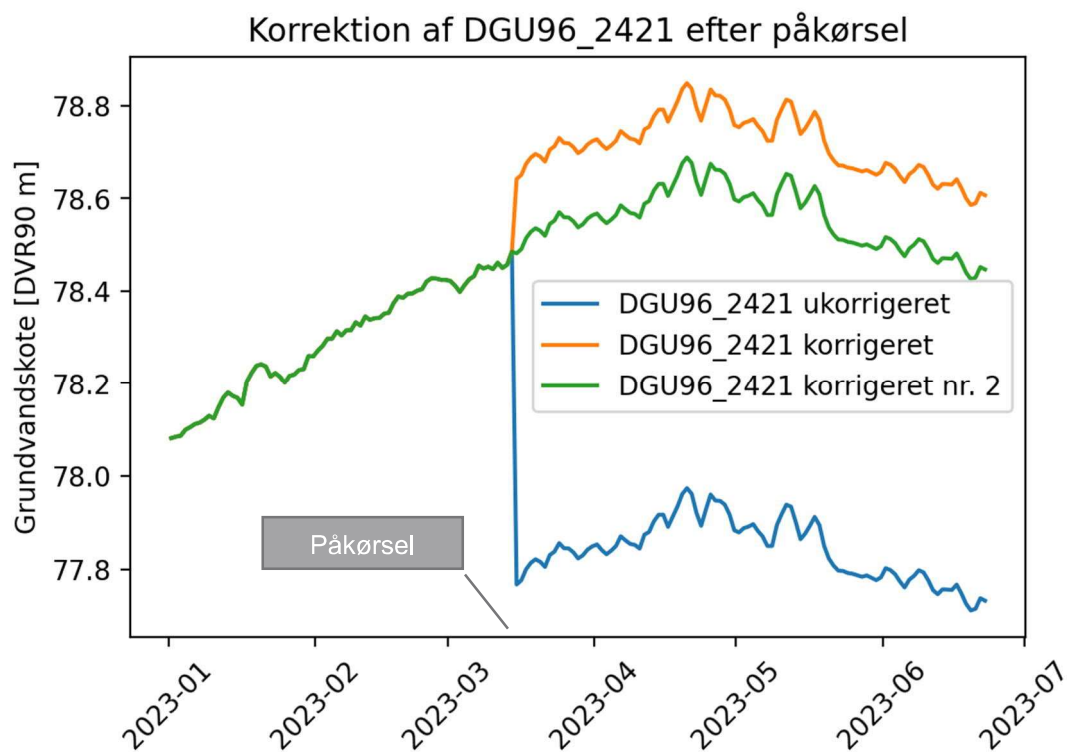
Januar 2023 havde i Silkeborg Kommune, som helhed, en månedsnedbør på 132,9 mm, hvor normalen er ca. 68,8 mm (referenceperiode 1981-2010)². Januar 2023 var den vådeste januar nogensinde målt, siden de landsdækkende målinger blev sat i gang i 1874. Januar 2023 svarer til en 150 års hændelse.

2.2 Korrektion af pejledata fra boring DGU nr. 96. 2421

Boringen DGU nr. 96. 2421 er i perioden blevet påkørt. Påkørslen har medført en fejl i kote. Den er efterfølgende blevet renoveret. Med udgangspunkt i oplysninger fra Region Midtjylland er vandspejlet forsøgt korrigeret. Korrektion er på +87,4cm, hvilket er forskellen i koten for målepunktet før og efter renovering af boringen. Grundvandskoten før og efter korrektion, samt endelig (korrigeret nr. 2) fremgår af Figur 7. Korrektion nr. 2 er den endelige korrektion

² DMI, klimaatlas og Klimaarkiv for Silkeborg Kommune, januar 2023.

for at sikre at dataserien er kontinuert og ikke har et pludseligt spring på påkørselsdagen. Den endelige korrektion er estimeret til +71,4 cm. Der foreligger stadig en lille usikkerhed da korrektionen er estimeret.

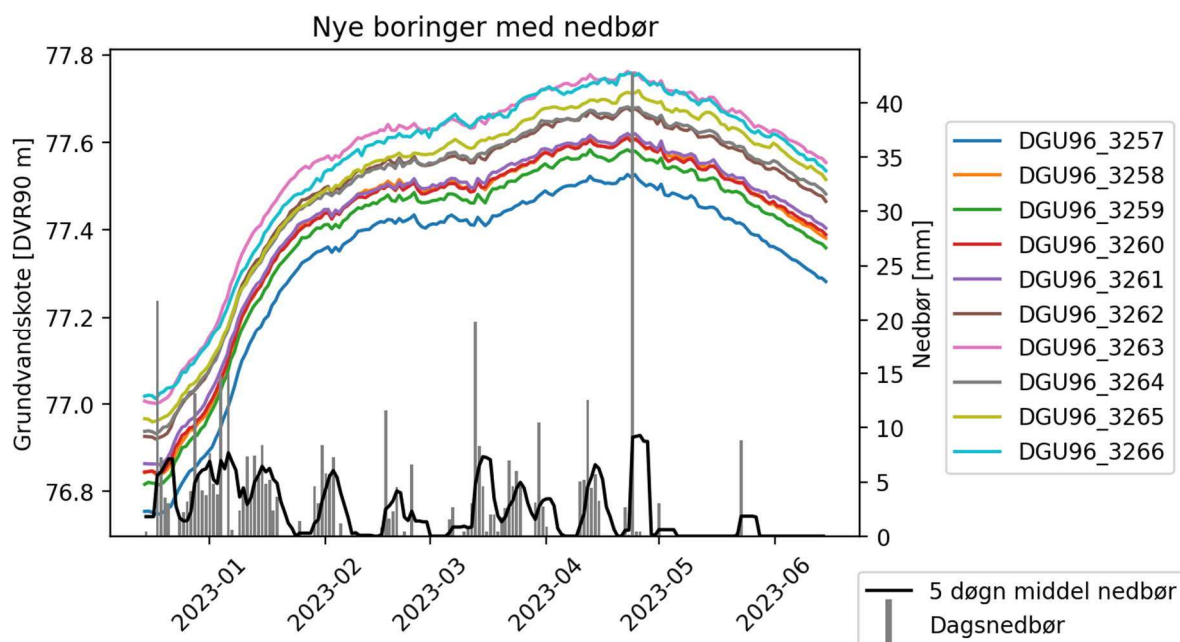


Figur 7 Grundvandskoten for boringen DGU nr. 96. 2421

3 Grundvandsstand og nedbør

Grundvandskoten plottes for hver pejleboring, sammen med dagsnedbøren og middelnedbør over fem døgn. Nedbøren fremgår da der indvindes og monitoreres i det frie grundvandsmagasin, hvor nedbør kan have betydelig indflydelse på grundvandsstanden. For at tage højde for forskellen i tidsserien og grundvandskoten samt for at begrænse mængden af information pr. figur, er nedbør og grundvandsspejl for henholdsvis de nye og oprindelige boringer vist på separate figurer. Figur 8 viser nedbør og grundvandsspejl for de nye boringer, mens Figur 9 viser tilsvarende data for de oprindelige boringer.

3.1 Nye boringer



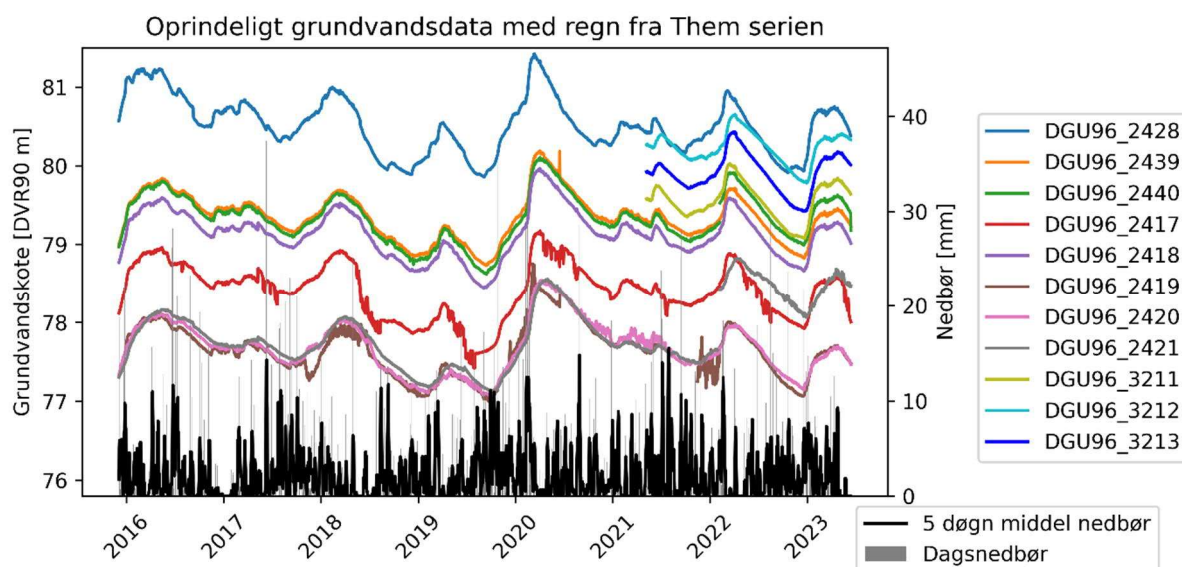
Figur 8 Grundvandskoten for de nye pejleboringer, med dags og 5 døgns middelnedbør. DGU nr. 96. 3257 har størst afstand til råstofgrav. DGU nr. 96. 3266 havde mindst afstand til råstofgrav ved årsskiftet 2022/2023.

Af Figur 8 fremgår det, at grundvandsstanden stiger kraftigt i starten af 2023, hvor der har været kontinuerligt høj 5-døgns middel nedbør. Grundvandsstigningen aftager herefter fra midten af februar og frem mod maj måned. Grundvandsstanden falder fra maj måned og frem, hvor der i perioden kun har været en enkelt regnhændelse.

Generelt er stigningen sammenfaldende med nedbørsmængden. Stigningen i grundvandsspejlet i det tidlige forår og faldende hen over sommeren svarer til den normale forventede sæson variation i et terrænnært frit grundvandsspejl. Den observerede periode har dog været ekstrem, idet januar var meget våd og maj/juni meget tørre. Variationen i grundvandsspejlet den observerede periode er ca. 0,7m for den enkelte pejleboring.

Af figuren fremgår det også, at pejleboringen DGU nr. 96. 3263 har den højeste grundvandskote i størstedelen af perioden, på trods af den generelle tendens til, at grundvandsspejlet har en faldende gradient mod syd. DGU nr. 96. 3266 er placeret tættest på grusgraven og dermed nordligst, og DGU nr. 96. 3256 er placeret længst fra og dermed sydligst. En mulig årsag kan være lokale geologiske forhold ved DGU nr. 96. 3263, der påvirker grundvandsspejlet. Alternativt kan der være en mindre fejl i opsætningen af den automatiske vandstandslogger (diver), f.eks. hvis der er anvendt en forkert kote til målepunkt.

3.2 Oprindelige boringer



Figur 9 Grundvandskoten for de oprindelige pejleboringer, med dags og 5 døgnns middelnedbør

For de oprindelige pejleboringer fremgår en tilsvarende variation med stigende grundvandsspejl i vintermånederne, hvilket særligt er tilfældet i 2020, 2022 og 2023. Der er større variation mellem de oprindelige boringer sammenlignet med de nye boringer, hvilket formentlig skyldes, at de oprindelige boringer er fordelt over et større område. Generelt er der dog rigtig god overensstemmelse, vandspejlet er relativt synkront mellem de enkelte pejleboringer. Variationen over det enkelte år er i størrelsesordenen 0,5 til 1,5 m for den enkelte pejleboring, og hvis hele den observerede årrække betragtes, er forskellen på min og maks i størrelsesordenen 1,25 til 1,75 m pr. boring.

Den normale sæsonvariation for grundvandsspejlet genfindes også for pejleboringerne vist på Figur 9. Generelt ses de højeste vandspejl i vinterperioden og det tidlige forår, og de laveste i sensommeren. Variationen skyldes øget evapotranspiration i sommerperioden; fordampning fra frie vandoverflader (evaporation), og fordampning fra planter (transpiration).

Pejleboringen DGU nr. 96. 2417 viser større udsving på dagsbasis end de øvrige boringer. En årsag til dette kan være markvanding, da udsvingene optræder i sommermånederne og i maj. Udsvingene aftager efter perioder med regn, hvilket yderligere taler for at markvanding er årsagen. Der findes flere aktive indvindingsboringer til markvanding i området, eks. DGU nr. 96. 1845 og DGU nr. 96. 1363.

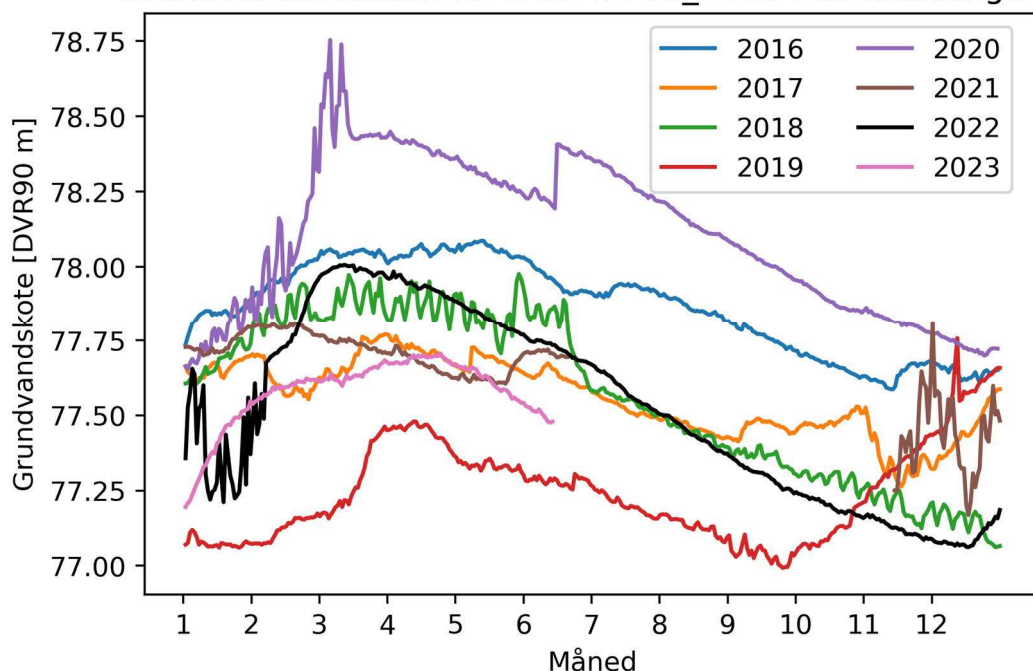
4 Årsvariation i grundvandsstand

For at bedre kunne illustrere variationen i grundvandsspejlet er grundvandsstanden sammenlignet på årsbasis for én boring. Dette er gjort for pejleboringen DGU nr. 96. 2419. Boringen er placeret i Asklevs indvindingsområde og har været aktiv siden 2015, fra før indvinding i Kroghs og Asklevs nærliggende råstofgrave. Afstanden mellem gravesøen og pejleboringen har varieret, men har været relativt konstant siden 2020, se Figur 4.

År	Ca. afstand mellem DGU nr. 96. 2419 og gravesø i Asklevs indvindingsområde
Forår 2016	155 m
Forår 2018	260 m
Forår 2020	70 m
Forår 2022	70 m

Variationen i grundvandsspejl fremgår af Figur 10.

Grundvandsstanden for DGU nr. 96_2419 ved forskellige år



Figur 10 Variation i det terrænnære grundvandsspejl for DGU nr. 96. 2419 i forskellige år

Det fremgår af figuren at der forekommer variation årene imellem, hvor år 2020 og 2019 afviger mest fra de resterende år.

Asklev Sten og Grus stoppede indvinding af råstof den 27. juli 2020¹. Indvinding blev først genstartet i ca. september 2022³.

Efteråret 2021 og foråret 2022 har generelt et meget uroligt forløb, med mange mindre og større udsving over kort tid. Perioden umiddelbart før har der været udfald på den automatiske logger. Det vides ikke, hvorfor pejleserien er påvirket i perioden. Det er sammenfaldende med en periode, hvor der ikke blev indvundet råstoffer i Asklev råstofgrav.

År 2019 har generelt de laveste niveauer, men grundvandsspejlet stiger kraftigt i slutningen af året, hvilket kan forklares med en ualmindelig våd efterårsperiode og vinter 2019/2020. Deraf følger, at de første tre måneder i 2020 opnår høje grundvandsspejl.

Ud fra Figur 10 er det tydeligt, at sæsonvariationen over året og især variationen imellem de enkelte år overstiger påvirkninger fra råstofgravning. Minimum for de enkelte år er mellem kote 77,0 og 77,65 og falder sidst på efteråret eller i vintermånederne. Maksimum for de enkelte år er mellem 77,75 og 78,75 og falder i månederne mart og april, hvor 2019 og 2021 har maksimum i december.

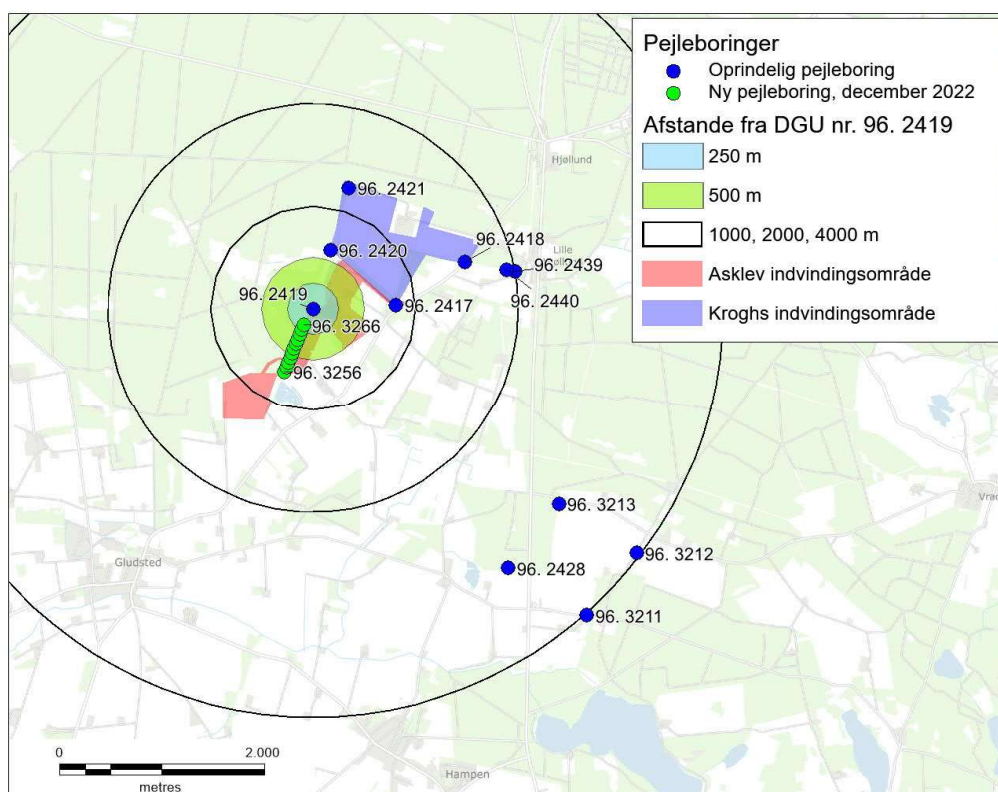
De største udsving over kort tid er i størrelsesordenen 10-35 cm, hvor der er en overvægt af de mindre variationer.

³ Info fra Morten Sørensen, Asklev Sten og Grus Aps

5 Sammenhæng mellem grundvandsspejl og råstofindvinding

For at fastslå om råstofindvindingen har en indflydelse på det omkringliggende grundvandsspejl undersøges korrelationen og standardafvigelsen mellem DGU nr. 96. 2419 og de resterende pejleboringer. Her er der en formodning om, at korrelationen falder i takt med afstanden til råstofindvindingen øges. Pejleboringen er udvalgt på baggrund af, at den er placeret i indvindingsområdet og monitoring er sket i lang årrække.

En oversigt over afstanden fra boringerne DGU nr. 96. 2419 til de øvrige boringer fremgår af Figur 11.



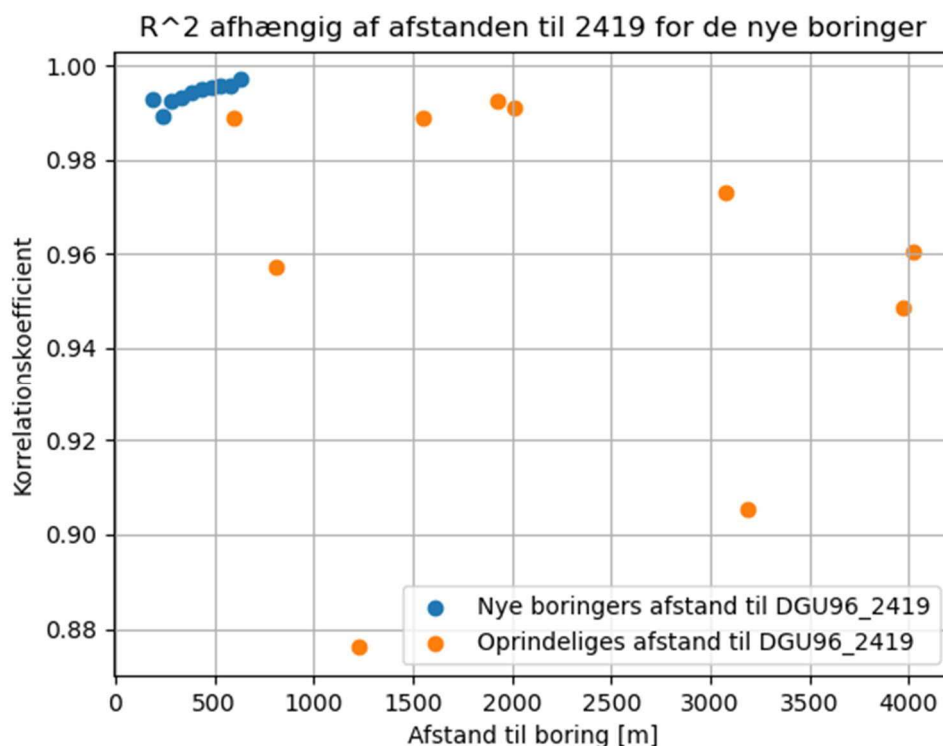
Figur 11 Afstandsoversigt fra DGU nr. 96. 2419 til de øvrige boringer

På baggrund af dette undersøges sammenhængen mellem afstanden og grundvandsstanden ved råstofindvinding.

5.1 Korrelation i forhold til afstand

For at kunne undersøge sammenhængen mellem afstanden og grundvandsstanden ved råstofindvinding, beregnes korrelationskoefficienten, R^2 , som beskriver sammenhængsgraden mellem to tidsserier som viser udviklingen af grundvandsstanden i samme tidsperiode. Jo tættere korrelationskoefficienten er på 1, jo bedre sammenhæng. Analysen undersøger dermed, ved hvilken afstand til indvindingsområdet sammenhængen falder og eventuel påvirkning fra indvinding er aftaget.

Hver pejleboring sammenhængsgrad beregnes i forhold til boring DGU nr. 96. 2419, som er placeret indenfor indvindingsområdet. Dermed beregnes en værdi for hvor god sammenhængsgraden i forhold til afstanden til indvindingsområdet. Korrelationskoefficienten er beregnet for hver af pejleboringerne og fremgår af Figur 12, hvor de enkelte korrelationsplot for de nye borerer fremgår af bilag 1.



Figur 12 Korrelationskoefficienten for de forskellige borerer afhængig af afstanden til borererne DGU nr. 96. 2419. Korrelationen er høj, hvilket viser at grundvandsstanden generelt stiger og falder ens i borerer selv med stor afstand. Korrelationen er dog højest mellem de nye borerer og DGU nr. 96. 2419. De nye borerer ligger inden for 1000 m afstand.

Som det fremgår af Figur 12, er korrelationen generelt aftagende med afstanden til DGU nr. 96. 2419, for de oprindelige borerer. Det betyder, at pejleboringer i større afstand til DGU nr. 96. 2419 generelt varierer lidt anderledes (forskudt eller mindre/højere grundvandsstand) end pejleboringer tæt ved DGU nr. 96. 2419. Generelt er der god korrelation med pejleboringen

DGU nr. 96. 2419 og alle andre pejleboringer. Grundvandsmagasinet er hydraulisk sammenhængende og reagerer ens på klimapåvirkninger.

Rækken af nye boringer reagerer lidt anderledes end forventet, idet boringer med størst afstand til DGU nr. 96. 2419 har bedre korrelation end boringer med mindre afstand. Det er dog kun en yderst lille forskel i R^2 som adskiller boringerne. I bilag 1 er korrelationen vist pr. boring. De forskellige plots viser tydeligt at der er god sammenhæng mellem vandspejl i DGU nr. 96. 2419 og vandspejlet i de nye pejleboringer. De viser også tydeligt, at sammenhængen mindskes ved høje grundvandsspejl og med lille afstand mellem boringerne. De højeste grundvandsspejl observeres typisk i vinterperioden, men i 2023 observeres de højeste grundvandsspejl i marts/april.

Sweco vurderer at årsagen til at korrelationen er dårligst ved lille afstand mellem DGU nr. 96. 2419 og de tættest beliggende nye pejleboringer skyldes forskellig afstand til råstofsøen. DGU nr. 96. 2419 ligger ca. i afstanden 70 m fra råstofsøen i perioden december 2022 til juni 2023. DGU nr. 96. 3266 m.fl. ligger ikke mere end ca. 10-15 m fra gravesøen i samme periode. Råstofindvinding i råstofgraven påvirker grundvandsspejlet i boringerne, men mest og hurtigst de nærmest beliggende boringer til råstofsøen. Ved DGU nr. 96. 3261 – 96. 3256 er afstanden til gravesøen sammenlignelig eller større end afstanden mellem gravesø og DGU nr. 96.2419.

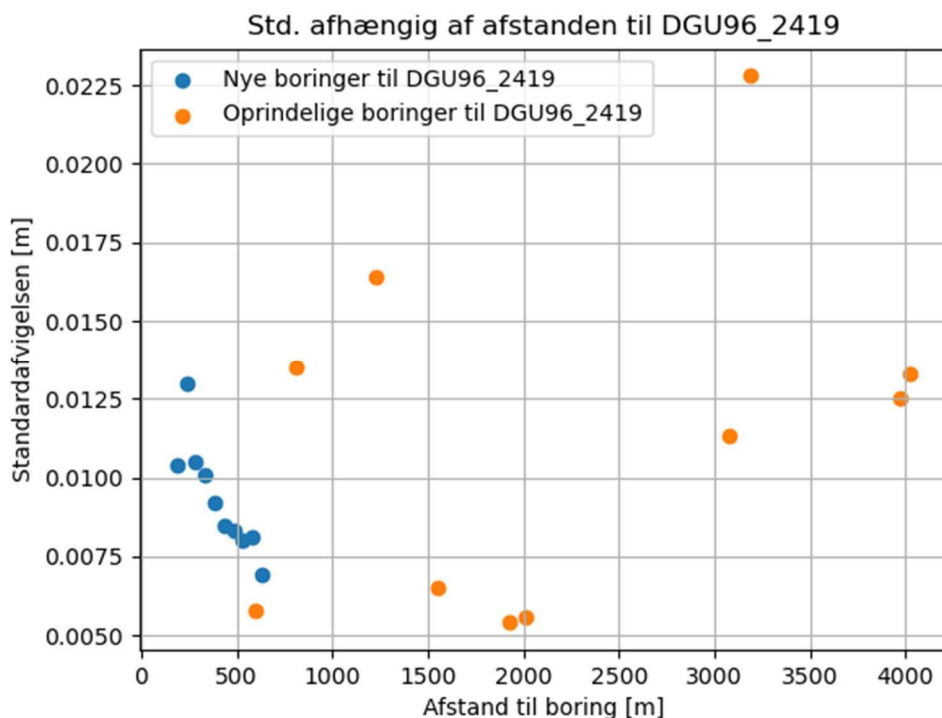
Årsagen til at korrelationen er dårligst ved høje grundvandsspejl kan muligvis skyldes at grundvandsspejlet er nemmere påvirkeligt på grund af større gradient på grundvandsspejlet mellem pejleboring og råstofsø. Ved større gradient på grundvandsspejlet, vil ændringer medføre hurtigere strømning og grundvandsspejlet vil derfor "skvulpe" når der fjernes materiale i råstofgraven og ved ophør/pauser.

Ud fra korrelationsanalysen på boringsniveau vurderes, at der ses en påvirkning i boringer i afstanden 10-50m i forbindelse med råstofgravning. Allerede i afstanden ca. 50-70m mellem pejleboring og råstofsø mindskes påvirkningen. Det ses af, at korrelationen mellem boringerne er tilnærmelsesvis ens når afstanden fra pejleboringerne til råstofsøen er større end 50-70m.

5.2 Standardafvigelse i forhold til afstand

Tilsvarende til korrelationskoefficienten beregnes standardafvigelsen for hver boring i forhold til boring DGU nr. 96. 2419. Standardafvigelsen angiver, hvor stor afvigelsen i gennemsnit er mellem to tidsserier per måling. Analysen undersøger dermed ved, hvilken afstand til gravesøen afvigelsen stiger og evt. påvirkning fra indvinding er aftaget.

Standardafvigelsen afhængighed af afstanden til pejleboring DGU nr. 96.2419 fremgår af Figur 13, for de nye og de oprindelige boringer.



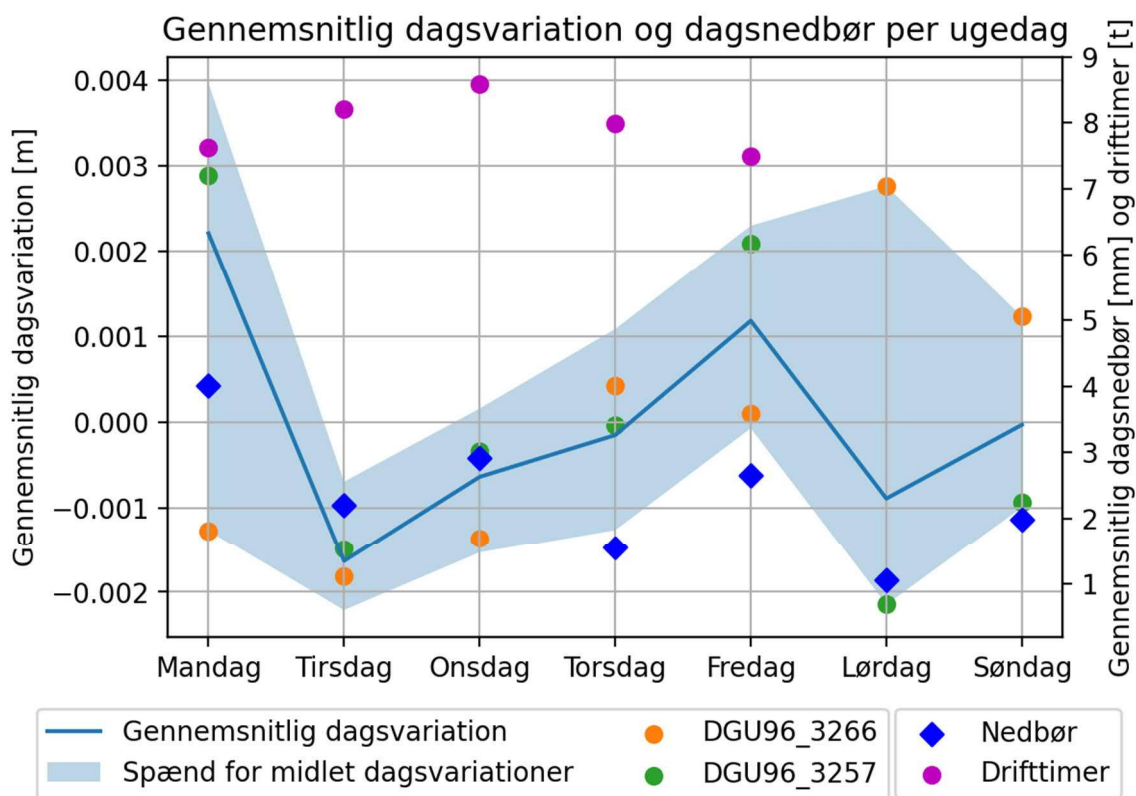
Figur 13 Standardafvigelsen for de forskellige boringer afhængig af afstanden til boring DGU nr. 96.2419

Generelt er standardafvigelsen meget lav. Hvilket viser at målingerne i tidsserierne har god sammenhæng og ikke afviger meget fra hinanden til trods for afstand imellem boringer og forskellig afstand til den aktive råstofsø.

For de oprindelige boringer er standardafvigelsen stigende med afstanden, med enkelte undtagelser. For de nye boringer fremgår det, at standardafvigelsen generelt falder med afstanden til boringen DGU nr. 96. 2419, hvilket er modsat den forventede tendens. En mulig forklaring kan være, at gravefronten ligger nærmere nogle af de nye pejleboringer end den gør til DGU nr. 96. 2419. De nye boringer, der er placeret længst væk fra DGU nr. 96. 2419, har en lignende afstand til gravefronten som DGU nr. 96. 2419. Se også afsnit 5.1.

5.3 Dagsvariationer

Driftstimerne viser ikke stor variation på tværs af uger eller i løbet af året, da driften primært strækker sig over 9,5 timer på alle arbejdsdage. Derfor er det valgt at undersøge dagsvariationer for de forskellige ugedage. Derudover vises den gennemsnitlige nedbør for hver af ugedagene, da det tidligere blev vist, at dette i nogen grad har indflydelse på grundvandsspejlet. Dette gøres ud fra hypotesen om, at grundvandsspejlet vil falde i hverdagene, hvor der foretages indvinding og stige i weekenden, hvor indvindingen ophører. Nedbøren fremgår ligeledes, da denne muligvis kan modvirke hypotesen. Dagsvariationerne i grundvandsspejl er beregnet ud fra et gennemsnit for hver ugedag minus den gennemsnitlige dagsvariation over hele perioden. Figur 14 nedenfor viser et spænd for midlede driftstimer for de nye boringer, samt den gennemsnitlige døgnavariation for alle de nye boringer. Derudover vises dagsvariationen for pejleboringen tættest og længst fra grusgraven samt den gennemsnitlige nedbør og driftstimer for hver ugedag.



Figur 14 Den gennemsnitlige dagsvariation i grundvandsspejl (nye pejleboringer) og dagsnedbør per ugedag. DGU nr. 96. 3266 ligger tættest på gravefront og DGU nr. 96. 3257 ligger fjernest.

Af Figur 14 fremgår det, at for DGU nr. 96. 3266 er dagsvariationen negativ (svarende til at grundvandsstanden er faldende) mandag, tirsdag og onsdag. Grundvandet stiger minimalt torsdag og fredag og mere lørdag og søndag. Det følger overordnet det forventede, idet grundvandsspejlet falder når der sker indvinding og reetableres i pauser/weekend.

Boringer med større afstand til grusgraven (DGU nr. 96. 3257) opfører sig modsat boringen tættest på grusgraven (DGU nr. 96. 3266) fra fredag til

mandag, hvor de er placeret i yderkanten af spændet disse dage. Årsagen til dette kan skyldes forskellen i reaktionstiden ved indvinding.

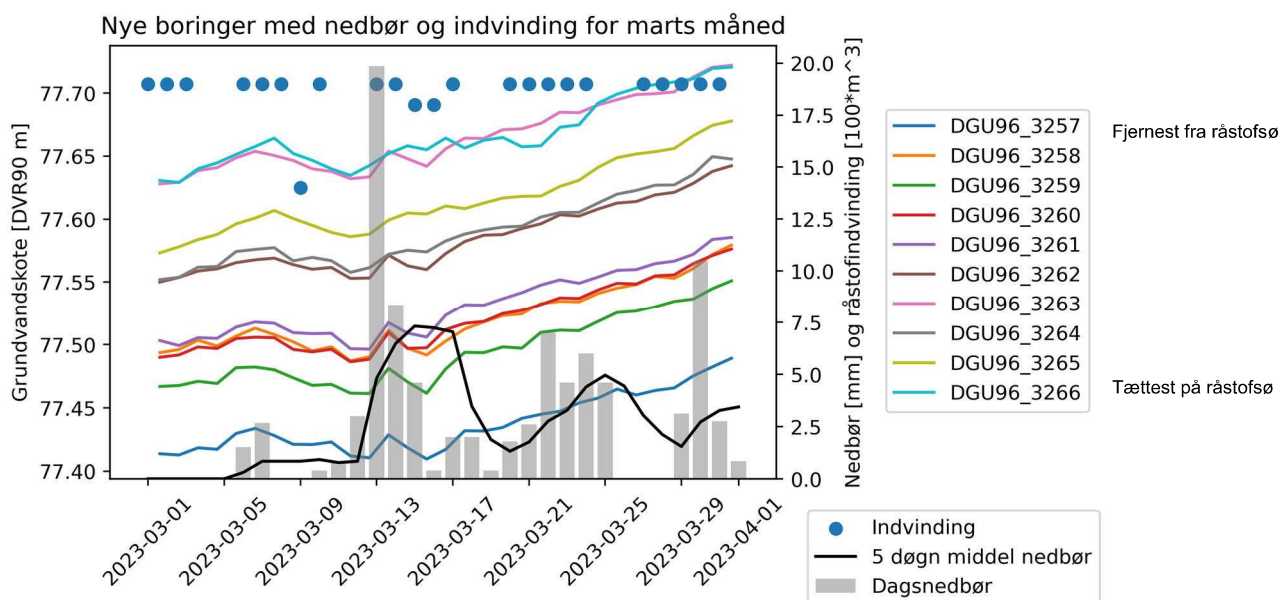
Alle boringerne har i gennemsnit et faldende vandspejl om tirsdagen og størstedelen også om onsdagen. Spændet er størst om mandagen og lørdagen, hvor pejleboringen DGU nr. 96. 3266 afviger fra den gennemsnitlige dagsvariation for de nye boringer. Dette skyldes, som nævnt, formentlig forskellen i reaktionstid, da reaktionen er mere eller mindre øjeblikkelig for DGU nr. 96. 3266, mens reaktionstiden stiger med afstanden til gravefronten.

Analysen bliver udfordret af usikkerheder, flere variable og at den gennemsnitlige dagsvariation er meget lille (dagsvariation i millimeter). Af variable som har betydning for ændringer i grundvandsspejl kan nævnes afstand til gravesø (gradient og forsinkelse/træghed i grundvandsmagasinet), nedbør og råstofindvinding.

5.4 Månedlig sammenligning

En supplerende undersøgelse er udført ved at sammenligne nedbør, grundvandsstand og råstofindvinding over en måned. Marts måned er udvalgt, da der var relativt meget nedbør, cirka 45 mm mere end 12-års gennemsnittet. Derudover er maj måned udvalgt, som har cirka 45 mm mindre nedbør end 12 års gennemsnittet. Maj måned er nærmest uden nedbørshændelser. Formålet er at undersøge om der er tendenser, som følge af indvindingen, i henholdsvis en våd og tør periode.

Marts måned, Figur 15, viser en generel stigning i grundvandsspejl i hele måneden, ca. 7-9 cm. Stigningen i grundvandsspejl skyldes nedbør.

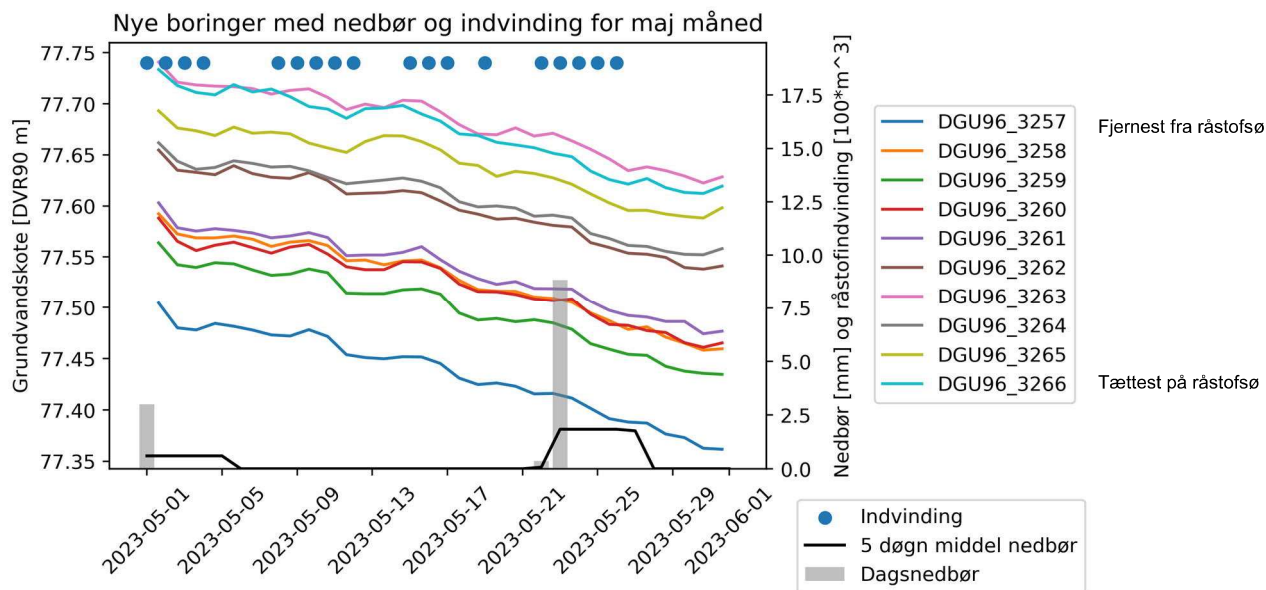


Figur 15: Grundvandsstand i de nye pejleboringer, med nedbør og indvinding for marts måned

Af Figur 15 fremgår det at nedbør har stor betydning for grundvandsspejlet i magasinet. Kraftige nedbørshændelser, såsom d. 13. marts (ca. 20 mm nedbør), ses på alle tidserier som en stigning. De tættest beliggende pejleboringer på råstofsø/råstofindvinding har dog en mindre markant stigning/top, men er mere udjævnet i deres forløb. Det skyldes enten

råstofsøens store volumen som virker dæmpende på udsving (bufferegenskaber) eller at selve råstofindvindingen påvirker ved at sænke grundvandsspejlet svagt ved boringer tæt på indvindingen af råstoffer.

Figur 16 viser maj måned og et fald i grundvandsspejl i hele måneden. Sænkningen kan følges for alle pejleboringer og er på ca. 10 cm. Der er ikke markant forskel på udviklingen af grundvandsspejlet i de enkelte pejleboringer tæt eller langt fra råstofsøen.



Figur 16 Grundvandsstand i de nye pejleboringer, med nedbør og indvinding for maj måned

Der er muligvis en svag tendens til grundvandsspejlet stagnerer eller stiger ved dage uden indvinding. Tendensen er mest fremtrædende ved pejleboringer tættest ved råstofsø/indvinding. Der er afvigelser i denne tendens.

Sænkningen i grundvandsspejl vurderes ikke at øges særligt i perioder med ingen nedbør vs. perioden omkring nedbørshændelsen d. 21. maj.

Den månedlige sammenligning viser at nedbøren påvirker grundvandsspejlet væsentligt mere end indvinding af råstoffer. Der er en tendens til at tidsserier fra pejleboringer tættest på råstofsøen påvirkes lidt anderledes end tidsserier fra pejleboringer i større afstand.

I ovenstående tidsserier for grundvandsspejlet vurderes det ikke muligt at se en væsentlig påvirkning af cm størrelse. Påvirkningen overskygges af naturlige variationer i grundvandsspejlet.

5.5 Mulig buffer volumen i gravesøen

Ved indvinding af råstoffer under grundvandsspejlet sker der en tilstrømning af samme volumen grundvand som det volumen råstof, der fjernes.

Tilstrømningen vil ske fra både råstofsø og fra grundvandsmagasinet. Vandet i råstofsøen er frit tilgængeligt, modsat vandet i grundvandsmagasinet, hvor grundvandet strømmer med modstand/forsinkelse i matrix (i hulrum mellem sand, grus og sten).

En gravesø giver derved en buffereffekt i forhold til påvirkninger af grundvandsspejlet i grundvandsmagasinet. Vandet i søen kan strømme uhindret og hurtigt og fordele sig i søen, så der opnås en "plan" vandoverflade i hele søens udbredelse. Det volumen råstof som fjernes, erstattes derfor hovedsageligt i første omgang af vand fra råstofsøen. Da sænkningen derved fordeles over hele søens areal, vil trykgradienten, som skaber strømning, mellem sø og grundvandsmagasin ikke øges markant.

En stor sø i forhold til indvindingsvolumen vil skabe små gradientforskelle. Når gradienten mellem sø og grundvandsmagasin er lille, vil strømmingen og påvirkningen også være lille. En lille sø i forhold til indvindingsvolumen vil skabe større gradientforskelle. Når gradienten mellem sø og grundvandsmagasin er stor, vil strømmingen og påvirkningen øges.

Når der ikke længere indvindes råstoffer, vil balancen mellem grundvandsmagasin og råstofsø genetableres; gradienten mindskes og strømning mellem magasin og sø ophører.

Asklev Sand og Grus gravesøs overflade areal er ud fra orthofoto, målt til mindst 70.000 m². Morten Sørensen, Asklev Sand og Grus estimerer den gennemsnitlige dybde til 3-4 meter. Med den tidligere beskrevne indvinding/fjernelse per time på 110 - 150 m³ råstof, indvindes der ved en 9 timers arbejdsdag 1000 – 1350 m³. Fordeles de 1000 – 1350 m³ over arealet af gravesøen resulterer dette i en sænkning på 14 – 19 mm.

Hvis gravesøens vandspejl momentant faldt med 20 mm vil det skabe en gradient og dermed strømning fra grundvandsmagasin mod gravesøen. Sænkningen i grundvandsmagasinet vil være størst ved overgang fra gravesø til magasin og vil mindskes med afstanden til gravesøen. Sænkningen i grundvandsmagasinet kan ved homogene og statiske forhold ikke blive større end 20mm. 20mm skaber kun en meget svag gradient i størrelsesordenen 2 promille over en afstand på 10m.

De 14-19 mm sænkning sker dog ikke momentant, idet råstof fjernes over en 9 timers arbejdsdag, hvor der løbende sker udveksling/strømning mellem grundvandsmagasin og råstofsø. Derudover vil der ske en restitution af vandspejlet i perioden, hvor der ikke sker indvinding. Det er både i den resterende del af dagen/natten, i weekend og i ferieperioder.

6 Konklusion

Baseret på analyserne foretaget i dette notat kan følgende sammenfatning laves:

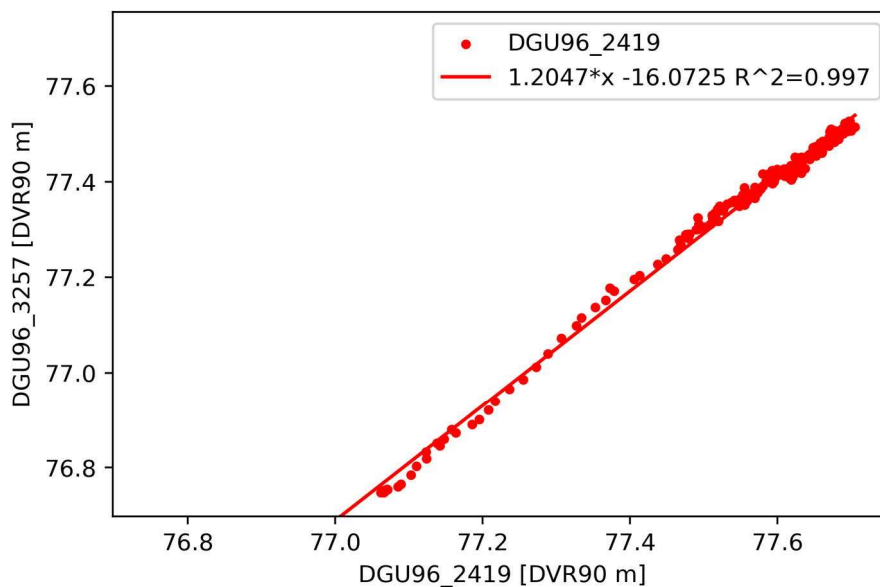
- Pejletidsserier for de nye og de oprindelige pejleboringer er relativt synkrone i deres udvikling. Det viser at grundvandsmagasinet er homogent og sammenhængende over store afstande. Grundvandsmagasinet har frie trykforhold ved de vurderede boringer med pejletidsserier.
- Analysen viser, at nedbør har indflydelse på grundvandsstanden, da der er sammenhæng mellem stigende grundvandsstand ved højere 5-døgns middelnedbør.
- Råstofindvindingen i Asklev Sand og Grus råstofgrav har vist en påvirkning på grundvandsspejlet nær gravefronten. Påvirkningen er aftagende med afstanden.
- Baseret på gennemsnitlige dagsvariationer for de nye pejleboringer kan drift/indvinding påvirke grundvandsstanden helt tæt på indvindingsområdet. Denne påvirkning varierer ugedagene imellem, hvilket i nogen grad er sammenfaldende med mulig forskel i reaktionstid, grundet forskellige afstande til råstofsøen.
- En korrelationsanalyse af tidsserier for DGU nr. 96. 2419 og de nye pejleboringer sandsynliggør at indvinding af råstoffer kan ses som en påvirkning af grundvandsspejlet i op til 50-70 m afstand til råstofsøen. I større afstand til de nye pejleboringer ændrer korrelationen mellem tidsserierne sig ikke væsentligt. Påvirkningen er størst ved høje grundvandsspejl, muligvis på grund af større gradienter mellem sø og grundvandsmagasin.
- Det er ud fra tidsserierne ikke muligt at afgøre en målbar (centimeter niveau) påvirkning som skyldes indvinding af råstoffer.
- De naturlige udsving i grundvandsspejl i grundvandsmagasinet over det enkelte år og forskellige år er betydeligt mere dominerende end variationen, som kan tilskrives råstofindvinding under grundvandsspejlet ved Asklev.
- Råstofindvindingen i Asklevs indvindingsområde vurderes ikke at have en væsentlig indflydelse på den overordnede vandbalance i området. Ud fra den indledende analyse på data for det første halve år vurderes påvirkningen i grundvandsmagasinet til at kunne ses i en afstand på op til 50-70 m fra råstofsøens udbredelse. Påvirkningen er lille, formentlig

under 20 mm, hvilket blandt andet skyldes råstofsøens størrelse og virkning som buffer.

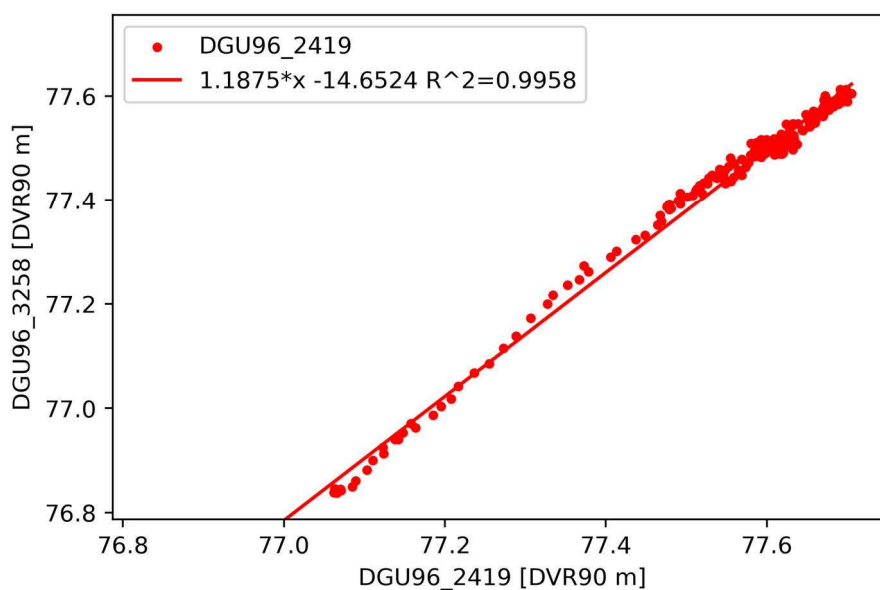
7 Anbefaling

Analysen har fokuseret på en række nye pejleboringer DGU nr. 96. 3256 til 96. 3266. Fra boringerne har der været data til rådighed for perioden december 2022 til medio juni 2023. Perioden har været præget af atypiske nedbørsforhold, som gør analysen af påvirkning i forhold til afstand mindre entydig. Det anbefales at gentage analysen når tidsserien har opnået en større varighed. Eksempelvis 12-18 måneder.

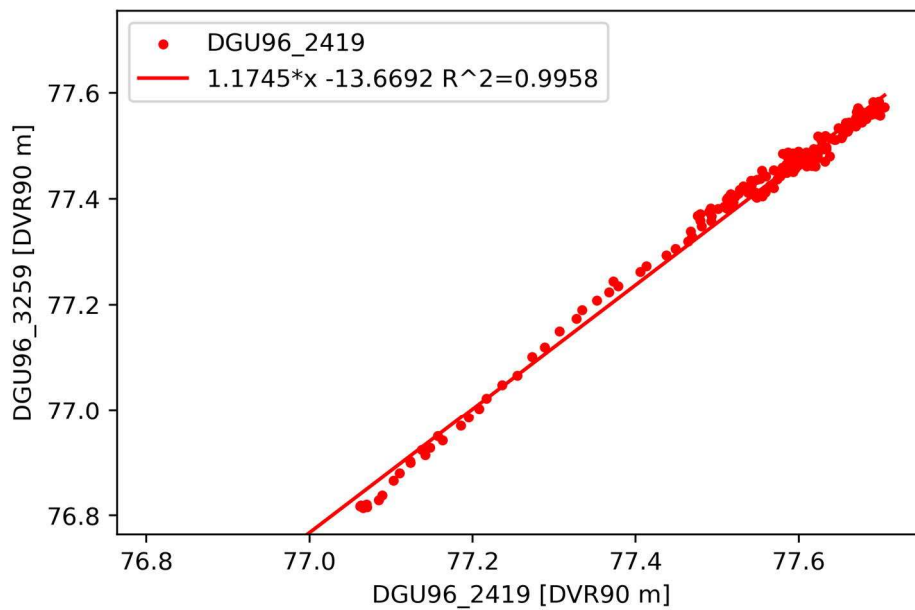
Bilag:1 Korrelationsplot for de nye pejleboringer



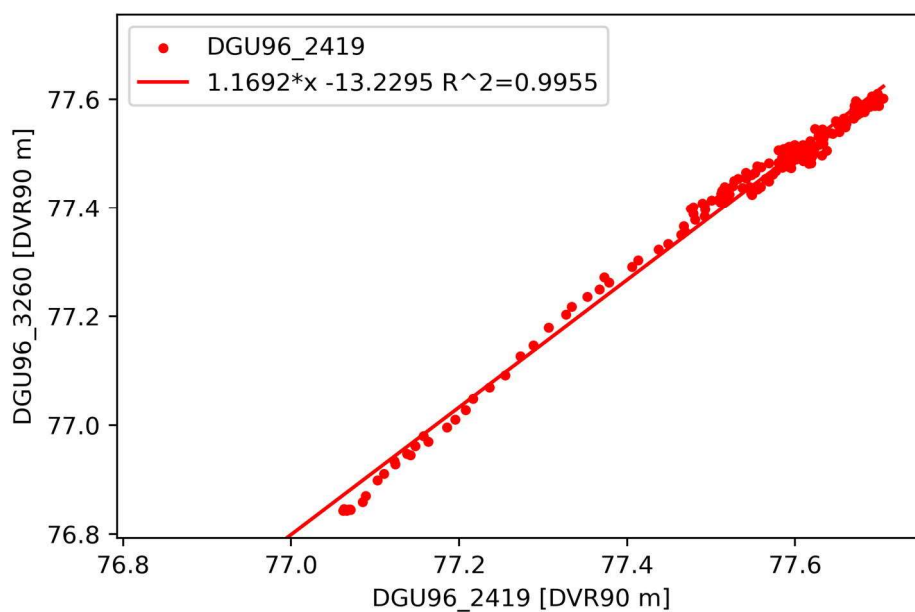
Afstand mellem
boringer 629 m



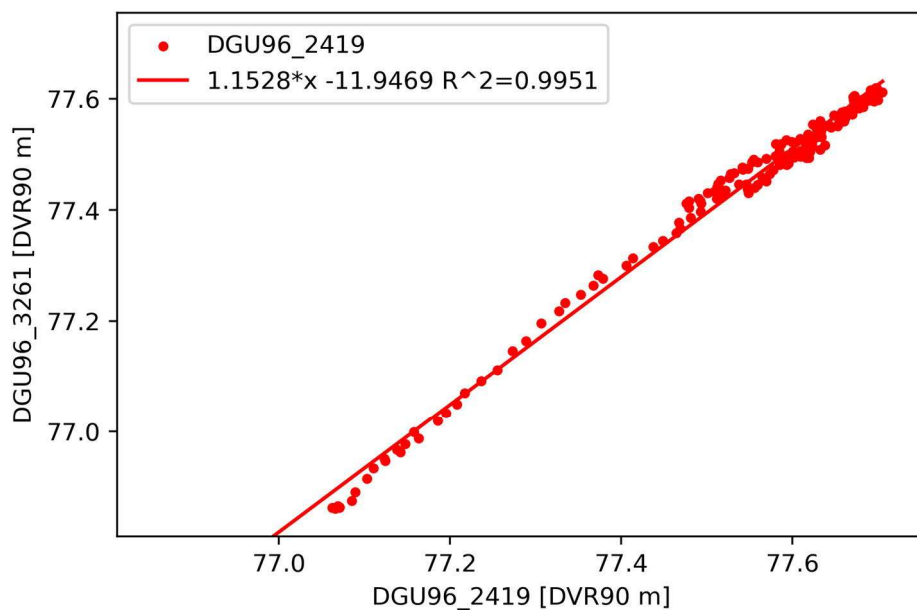
Afstand mellem
boringer 579 m



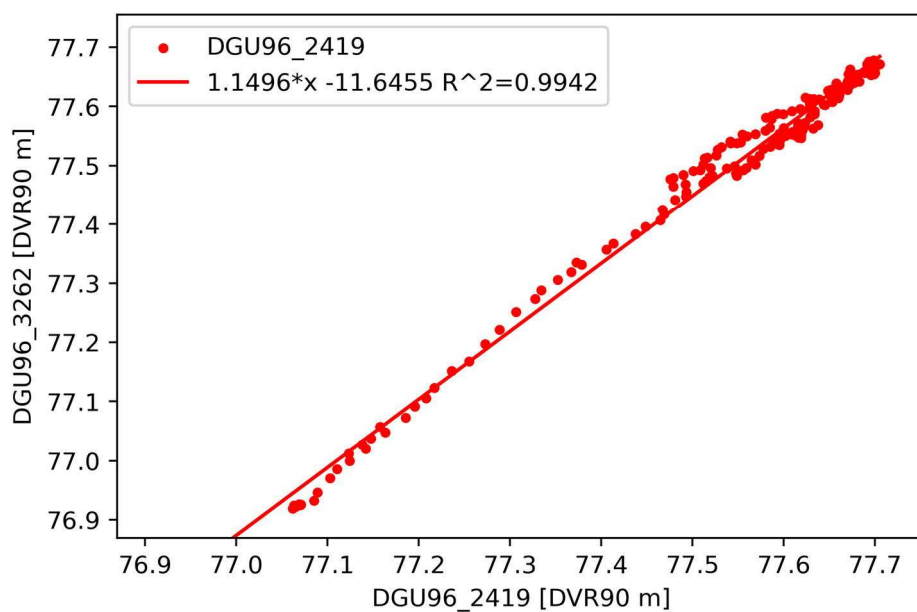
Afstand mellem
boringer 530 m



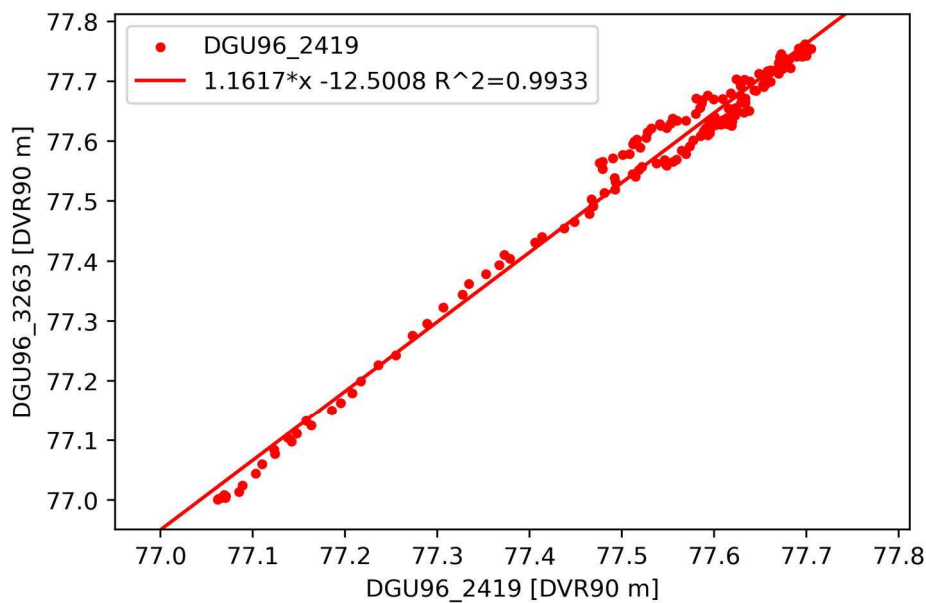
Afstand mellem
boringer 481 m



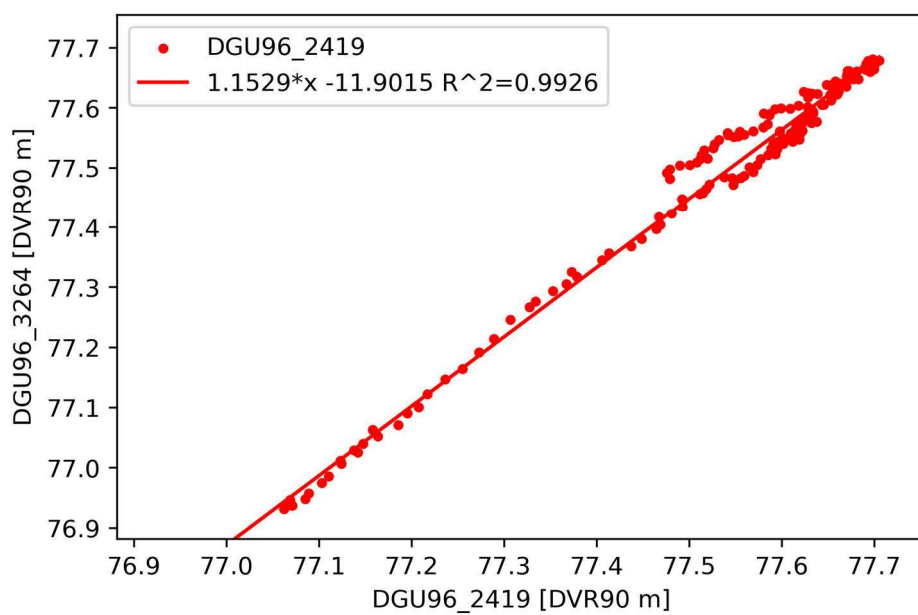
Afstand mellem
boringer 432 m



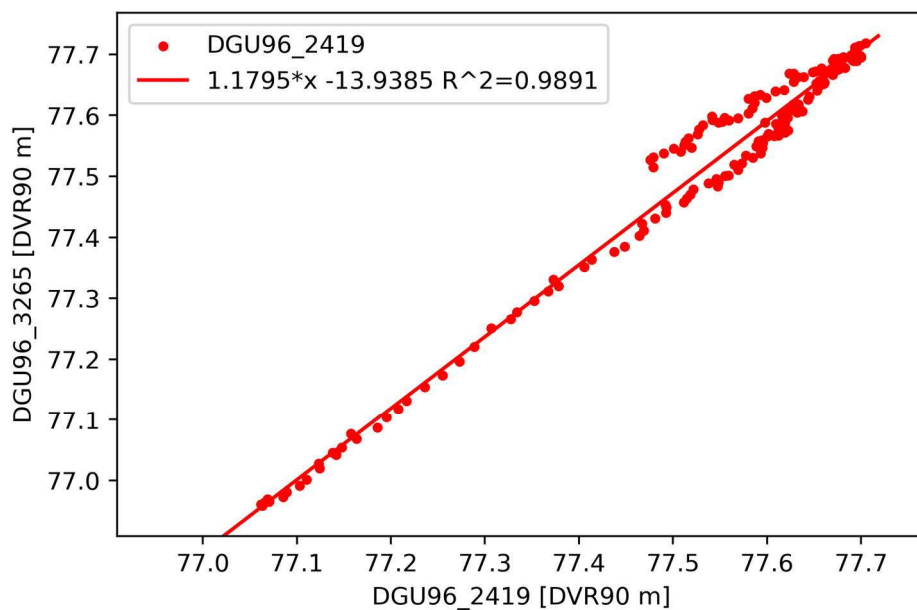
Afstand mellem
boringer 381 m



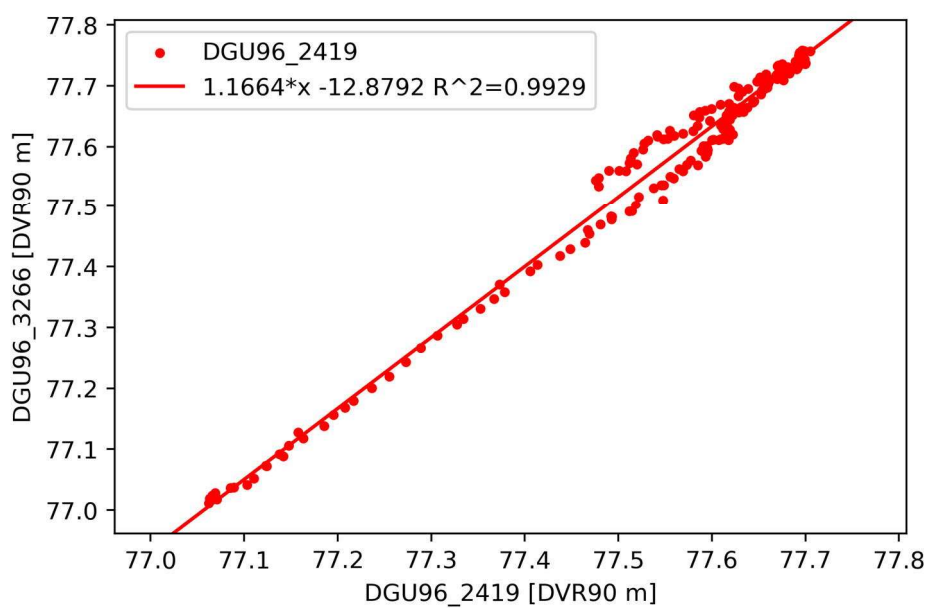
Afstand mellem
boringer 333 m



Afstand mellem
boringer 283 m
og lille afstand til
gravesø



Afstand mellem
boringer 233 m
og lille afstand til
gravesø



Afstand mellem
boringer 184 m
og lille afstand til
gravesø