

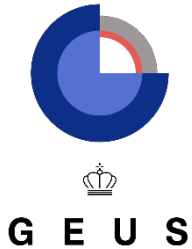
TEKNISK ANVISNING

Prøvetagning af grundvand

Version 2.2

April 2026



			
Titel: Prøvetagning af grundvand			
Dokumenttype: Teknisk anvisning ISBN: 978-87-7871-344-5	TA. nr.: G02	Version: 2.1	Oprettet: 10-10-2012
Forfattere: Lærke Thorling, GEUS	Gyldig fra 1. 1. 2012		
	Sider: 43		
	Sidst ændret: 13-4-2026		
TA henvisninger	G01, G03, dTA-grundvand		

Indhold

1 Indledning.....	2
2 Metode.....	2
2.1 Tid, sted og periode	3
2.2 Udstyr.....	3
2.3 Procedure	9
2.3.1: Tilsyn med boringer	9
2.3.2: Prøvetagning GRUMO	9
2.3.3: Prøvetagning LOOP	16
2.3.4 Filtrering.	17
2.3.5 Feltanalyser: pH, ledningsevne, ilt, temperatur og redoxpotentiale	23
2.3.6: Aflevering og opbevaring af prøver	27
2.3.7: Prøvetagning til datering.....	28
2.3.8: Kassation af prøver.....	28
2.4 Tjekliste	28
2.5 Vedligehold af instrumenter	29
2.6 Særlige forholdsregler - faldgruber	29
3 Databehandling.....	29
4 Kvalitetssikring	29
4.1 Kvalitetssikring af metode	30
4.2 Kvalitetssikring af data og dataaflevering	30
5 Referencer	32
6 Bilag	34
Bilag 6.1 Eksempel på pumpekema.....	34
Bilag 6.2 Udstyr til prøvetagningsbil.	37
Bilag 6.3. Oversigt over regler for prøvehåndtering mv. af hovedbestanddele og sporstoffer.	38

1 Indledning

Formål

Denne tekniske anvisning (TA) har til formål at angive entydige instrukser for prøvetagning og feltanalyser samt indlevering af prøver. Prøverne skal kunne danne grundlag for viden om grundvandets kemiske tilstand. Samtidig tjener anvisningen som dokumentation for de vilkår, hvorunder grundvandsovervågningen foregår.

EU-direktivet om analysekvalitet i forbindelse med overvågning, tilknyttet vandrammedirektivet mv. /EU, 2009/, stiller krav om, at feltanalyser skal udføres med en kendt kvalitet, og at der anvendes et kvalitetsstyringssystem svarende til retningslinjerne i ISO 17025. Retningslinjerne i denne TA skal sikre, at feltanalyserne tilfredsstillere direktivkravene.

Princip

Vandprøverne skal være repræsentative for de grundvandsførende lag, som boringen er filtersat i. Dette stiller krav til, at prøvetagningen følger god prøvetagningspraksis, og til boringernes tekniske udformning (se G01stationsnet). God prøvetagningspraksis skal dels baseres på denne TA, dels på den konkrete erfaring, som prøvetageren opbygger omkring forholdene i de enkelte overvågningsboringer. Optimering af prøvetagningsteknikken vil for det enkelte indtag afhænge af en kombination af tekniske valg og boringens tekniske indretning, herunder mængden af suspenderet stof og afsænkningen under pumpning.

2 Metode

Proceduren for prøvetagning omfatter fire trin:

- Planlægningen.
- Pakningen af feltbilen, med nødvendigt udstyr.
- Selve prøvetagningen.
- Aflevering af prøver.

Før boringen prøvetages første gang med de metoder, der er beskrevet i denne tekniske anvisninger, skal boringen have gennemgået en grundig og langvarig renpumpning (\neq forpumpning) som afslutning på selve boringsetableringen, se G01. Formålet med renpumpningen er at minimere forstyrrelsen af den geokemiske tilstand, som følge af boringsetableringen og at minimere mængden af suspenderet stof i prøverne. Ved etablering af hvert overvågningsindtag skal der indsamles en række oplysninger om indtagets tekniske forhold, der opbevares i Jupiter, og i SGAV' årlige oversigter over stationstilsyn, se G01. Disse oplysninger indgår som et praktisk styringsredskab ved tilrettelæggelse af prøvetagningen.

2.1 Tid, sted og periode

Prøvetagningen kan finde sted på alle tider af året. Der er dog i nogle indtag (ikke mindst terrænnære indtag) konstateret betydelige årstidsvariationer i vandkemien. Af hensyn til sammenligneligheden af resultaterne fra år til år skal årlige prøver som udgangspunkt udtages inden for samme kvartal for det enkelte indtag.

Prøver kan udtages under de fleste vejrforhold. I frostvejr skal man være opmærksom på, at vandet ikke fryser til is i pumper, slanger og målegris, samt at elektroder og andet elektronisk udstyr opbevares frostfrit, og kan kalibreres til at måle korrekt ved lave temperaturer.

Hvis terrænet er meget mudret og blødt fx efter længere tids regn, skal man være opmærksom på, at der ikke laves en stor erstatningsgivende markskade ved kørsel udenfor fast vej, samt risikoen for at køre fast og være afhængig af hjælp til at blive trukket fri. Det kan ofte være en fordel at udsætte prøvetagningen til en periode med længerevarende frost, eller tørvejr, hvilket forbedrer bæreevnen af jorden for tunge køretøjer.

Ved prøvetagning i stærk blæst med risiko for jordfygning skal håndtering af prøveflasker, filtre mv. foregå i læ, fx inde i feltbilen, for at undgå forurening af prøverne. På samme måde skal man i tilfælde af skybrud være opmærksom på ikke at få regnvand i prøverne.

2.2 Udstyr

Prøvetagning af grundvand er udstyrstungt, idet grundvandet kun kan prøvetages gennem etablering af borer, hvorfra vandet pumpes op med pumper, der anvender elektricitet eller et andet drivmiddel (fx luft) for at løfte vandet. Etablering af selve borerne er behandlet i TA: G01Stationsnet.

Prøvetagning af grundvand forudsætter anvendelse af forskellige typer af udstyr, som uddybet nedenfor:

- Feltkøretøj (værkstedsbil, se bilag 6.2)
- Strømforsyning, fra en batteriløsning eller generatorer
- Trykluftbeholdere eller mulighed for at producere ren trykluft
- Pumper
- Slanger og slangevogne
- Manuelle pejlere
- Feltanalyseudstyr
- Filtreringsudstyr
- Gummihandsker
- Propper
- Låse
- Fittings og koblinger
- Værktøjskasse med fittings mv. til boringsvedligehold

Alle disse typer af udstyr skal være klargjort til hver prøvetagning og skal vedligeholdes løbende. Udstyr, der anvendes til prøvetagning af rent grundvand, skal holdes adskilt fra udstyr, der anvendes til punktkildeundersøgelser.

Feltkøretøj (Værkstedsbiler)

Da grundvandsovervågningen er meget udstyrstung, er forudsætningen for en effektiv tilrettelæggelse af arbejdet, at der anvendes specialindrettede feltkøretøjer, til transport af drivmidler, slanger, filtreringsudstyr, kasser med gummihandsker, udstyr til feltanalyser. De indsamlede prøver skal opbevares koldt, og feltbilen skal rumme enten køleskab eller mulighed for sikker transport af kølekasser. Ved indretning af feltbilen skal det sikres, at risikoen for kontaminering af prøvetagningsudstyr og de indsamlede prøver minimeres. Således skal benzin til generatorer mv. holdes godt adskilt fra slanger og flasker. Der skal ligeledes være mulighed for en løbende renholdelse af slanger, filtreringsudstyr og måleudstyr.

Et let campingbord kan med fordel indgå i feltbilens udrustning, således at prøveflaskerne kan placeres på et bord under prøvetagningen, og ikke mudres til i dårligt føre, med risiko for forurening af prøven ved håndteringen i såvel felten som efterfølgende på laboratoriet. Dette er særligt relevant, hvis der skal udtages mange (>4) delprøver.

En buskrydder kan med fordel indgå i feltbilens udrustning, så arbejdsområdet omkring boringen kan friholdes for højt voksende beplantning og krat.

Indretningen af feltbiler ligger uden for denne tekniske anvisnings genstandsområde.

Strømforsyning, evt. med generatorer og drivmidler

Der kan anvendes såvel løsninger med batterier eller mobile generatorer, evt. indbygget i bilen. Valget af strømkilde afhænger af behovet for energi, idet store løftehøjder eller et behov for store ydelser stiller krav om stor energieffekt. Teknologier med batteri- og frekvensomformere er nu så udviklet, at de bør foretrækkes til de fleste opgaver.

Når en mobil generator er nødvendig, skal arbejdsmiljøet i felten indtænkes, idet der kan blive tale om mange tunge løft. Løft kan reduceres, ved enten at benytte en *lift*, når der er utilstrækkeligt med kraft fra batteri- en generator indbygget i prøvetagningsbilen.

Bil med tændt motor og generator anbringes, så vinden bærer væk fra boringen under prøvetagningen, da udstødningsgasser kan kontaminere prøverne bl.a. med organiske mikroforureninger.

Genopladelige batterier som energikilde anvendes bl.a. i peristaltiske pumper. Her skal man sikre sig, at såvel batterier som reservebatteri er fuldt opladet, før man tager i felten.

Behovet for drivmidler i form af trykluft fra en kompressor eller en trykflasker med kvælstof, er ligeledes knyttet til valget af pumper. Det er meget vigtigt at al drivgas, der kan komme i direkte kontakt med vandprøverne under prøvetagningen, har en høj grad af renhed, dvs. mindst er kvælstof 4.6. Dette indebærer, at der er højst 5 ppm ilt. Ringere kvaliteter af kvælstof indeholder ganske store mængder ilt, der kan ændre prøvens kemiske sammensætning under prøvetagningen. Derudover er der en risiko for klogning med udfældede jernoxider i prøvetagningskammeret mellem prøvetagningerne, hvis der står iltholdig luft sammen med reduceret vand.

Pumper

Pumpevalget er nærmere beskrevet i Teknisk anvisning for etablering af overvågningsstationer, G01.

Valget af pumpe sker som udgangspunkt i forbindelse med boringens etablering, men tekniske forhold og den teknologiske udvikling kan give anledning til, at der skal skiftes pumpe efter etableringen, hvis det i det konkrete indtag kan medføre en mere optimal prøvetagning. Der skal i forbindelse med skift af pumpe ske en afvejning af de økonomiske omkostninger ved at skifte pumpe, den sparede arbejdstid, og den forventede prøve kvalitet ved ændret pumpestrategi. Fx kan en pumpe med en mindre ydelse reducere indholdet af suspenderet stof og mindske en problematisk sænkning. Dette kan i meget urene boringer give en bedre prøve kvalitet samtidig med, at den øgede forpumpningstid i nogle tilfælde tjenes ind ved reducerede filtreringsomkostninger (tid og materialer).

Der skal som udgangspunkt være fast installerede pumper i alle indtag. Dette sikrer en effektiv prøvetagningsprocedure, og samtidig forhindres problemer med krydskontaminering af prøverne, idet forurenede vand ikke overføres fra en boring til en anden.

Ikke alle pumper er lige egnede til alle parametertyper. Således kan en sugpumpe anvendes til "ikke flygtige stoffer", mens den er uegnet til et stort antal parametre, idet prøvens indhold af opløste gasser ændres, hvilket ændrer fx pH og iltindhold. Derudover er der en risiko for tab af flygtige stoffer. Sugepumpen kan evt. anvendes til forpumpning, hvorefter selve prøven udtages med en anden pumpe.

Der skal som udgangspunkt anvendes en af flg. pumper til prøvetagning:

- Dykpumper, med centrifugalprincip og frekvensjustering
- Montejustpumper
- AP1-pumper ("blærepumpe")
- Whalepumper
- Peristaltiske pumper

Rengøring af pumpe

Hvis der undtagelsesvis anvendes en mobil Pumpe, skal denne rengøres omhyggeligt inden den flyttes til et andet indtag. Pumpen skal gennemskylles med grundvand, hvor der ikke er fundet indhold af organiske stoffer med koncentrationer over grænseværdien for drikkevand. I meget lavtydende borer (med ydelser under ca. 1 l/min) skal mobile pumper som udgangspunkt undgås. I forbindelse med undersøgelser, eller kortere varrende overvågningsforløb kan det dog være mest praktisk med mobile pumper.

En mobil Pumpe gennemskylles før prøvetagning på en af nedenstående måder. Valget af rengøringsmetode afhænger af pumpen og boringens ydelse.

Pumpen kører mindst ½ time, ydelse > 2 l/min,
Der pumpes mindst 100 l igennem slangerne,
I meget lavtydende borer (med ydelser under 2 l/min), gennemskylles slangerne med mindst 10 gange det samlede slangevolumen.

Eksempel på beregning af vandmængden i slanger:

L=50 m slange med d=4 cm indvendig diameter:

$$V = L * \pi (d/2)^2 \approx 63 \text{ liter.}$$

100 m slange med d=2 cm indvendig diameter

$$V = L * \pi (d/2)^2 \approx 31 \text{ liter.}$$

10 m slange indvendig diameter 1 cm

$$V = L * \pi (d/2)^2 \approx 0,7 \text{ liter.}$$

NB: Denne gennemskylning sikrer mod krydskontamineringer fra letopløselige stoffer i koncentrationer under drikkevandskriterierne, men beskytter ikke mod risiko for krydskontaminering, hvis pumpen og slangerne har været anvendt i en stærkt forurenede boring.

Slanger, der anvendes til prøvetagning må derfor ikke tidligere være anvendt til prøvetagning i forbindelse med punktkildeundersøgelser.

Slanger og slangevogne

Ved valget af slanger er det vigtigt at bruge materialer, der ikke smitter af på prøverne eller optager stof. Der er en omfattende erfaringsbaseret litteratur på området (Sørensen, 2009 og AVJ, 2003). Risikoen for afsmitning afhænger dels af materialevalg og dels af vandets flowhastighed gennem slangen. Ved lavtydende borer er der således behov for mere diffusions-tætte slanger for at undgå, at der optages ilt eller tabes CO₂ fra omgivelserne, hvorved prøvens kemiske sammensætning ændres før prøven udtages.

Der skal som udgangspunkt anvendes VA-godkendte pumpe-slanger af polyethylen, samt til selve prøveudtagningen korte slangestudse af ufarvet PEL, der sættes i forlængelse af afgangsslangen fra pumpen og har den direkte kontakt med flaskerne. Når der tages prøver til PFAS stofgruppen, må der ALDRIG anvendes slanger af teflon, da referencelaboratoriet fraråder dette, på grund af risikoen for kontamination (Metodedatablad, M068-2015). I stedet anbefales det at anvende rene, nye engangs PEL slangestykker typisk ø 10 mm til at stikke ned i flasken, jfr. laboratoriets anvisning.

Slangevogne anvendes i forbindelse med mobile pumper, og anvendes for at undgå, at slangerne berører jorden under prøvetagningen, samt at sikre en praktisk og effektiv gennemførelse af arbejdet.

Generelt skal slangerne holdes rene, og enhver form for krydskontaminering mellem borerne skal undgås, ved at udvise omhu og renlighed i forbindelse med prøvetagningen. Hvis der alligevel kommer jord udvendigt på slangerne, skal de skylles i vand af drikkevandskvalitet.

Slanger, filterholdere og andet materiel, der kommer i direkte kontakt med prøverne vaskes i demineraliseret vand og syreskylles mellem hver prøvetagning. Ved syreskylling anvendes en ca. 1M HCl, jf. dansk Standard 2214. Syren skal være af laboratorie-grade renhed.

Slangerne må ikke opbevares sammen med flygtige stoffer som benzin mv., da det er erfaret, at slangerne kan optage benzindampe mv., og senere afgive disse til vandprøverne. Dette gælder fx når en benzindunk opbevares sammen med slanger i en feltbil.

Manuelle pejlere

Der anvendes manuelle pejler til enkeltpejlingerne. Pejlingen skal kunne registreres med lys eller lyd. Der måles med en præcision på 1 cm, se i øvrigt G03. Pejlet og pejlebånd skal holdes rent for at undgå krydskontaminering, ved brug i forskellige borer. Jord og almindeligt snavs fjernes med skylning i vand med drikkevandskvalitet. Pejlebånd, der tidligere er anvendt i stærkt forurenede borer, må ikke anvendes til grundvandsovervågning, se G03.

Filtreringsudstyr.

Som hovedregel sker filtreringen online, hvor pumpetrykket sørger for at overvinde modstanden over filteret. Hertil anvendes en engangsfiltre eller en særlig filterholder, der kan sluttes direkte på afgangsslangen fra pumpen, evt. via en overgang.

Der kan være indtag, hvor der fx p.gr. lav ydelse eller lavt pumpetryk er behov for, at filtreringen sker på en delprøve, der underkastes trykfiltrering. Dette kræver brug af drivgas (N₂ kvalitet 4.6 eller renere).

Endelig kan håndbetjente sprøjter med specialdesignede engangsfiltre også anvendes, se figur 4.

Filtreringsproceduren er nærmere diskuteret i afsnit 2.3.4.

Feltanalyseudstyr

Feltanalyserne gennemføres i gennemstrømningsbeholdere, der samles i en praktisk håndterbar såkaldt "Gris". Analyserne udføres med elektroder, og der indsamles data for pH, ledningsevne, ilt, temperatur og redoxpotentiale. En række potentiometre anvendes til at måle de relevante parametre. Elektroderne er som oftest frostfølsomme, og særlig opmærksomhed kræves ved arbejde i meget koldt vejr.

Feltanalyserne er diskuteret i afsnit 2.3.5.

Sikkerhed

Feltarbejdet finder sted under anvendelse af tungt grej (> 20 - 30 kg), elektricitet i et fugtigt miljø, trykflasker, pumpe-systemer, der påføres høje tryk, mv. Nogle borer er placeret i brønde, som prøvetageren vil være nødt til at kravle ned i. Det er derfor nødvendigt at forholde sig til sikkerheden i arbejdet for at undgå ulykker, se anvisninger fra Arbejdstilsynet og arbejdsstedets sikkerhedsregler. En sikker indretning af arbejdspladsen skal gå hånd i hånd med en effektiv arbejdstilrettelæggelse, og skal indtænkes i den samlede planlægning og tilrettelæggelse af feltarbejdet. En gennemgang af sikkerhedsregler mv. ligger uden for denne tekniske anvisningsgenstandsområde, se fx AVJ, 2003.

2.3 Procedure

2.3.1: Tilsyn med boringer

Ved ankomst til alle boringer gennemføres et tilsyn. Resultaternes noteres på pumpekemaet.

Ved tilsyn med en boring, der ikke prøvetages, anvendes et almindeligt pumpekema eller et særligt tilsynsskema.

- Der slås græs og fjernes krat omkring boringen, i det omfang det er nødvendigt for fremtidig prøvetagning. Omfang af planterydningssarbejdet noteres på pumpekemaet. Brug evt. en buskrydder.
- Det noteres, hvis der er tegn på, at der er sprøjtet umiddelbart nær/på boringen.
- Dernæst undersøges det, om boringen ser ud til at stå uforstyrret og ikke er beskadiget ved påkørsel eller på anden måde er ødelagt. Iagttagelserne noteres på pumpekemaet. (Påkørsel, fjernelse af plantevækst, låg/prop på alle rør, rustne skruer etc.)
- Boringen låses op, og det kontrolleres om hængelåsen trænger til at smørres eller skal udskiftes. Brug systemnøgler, så alle installationer kan åbnes med samme nøgle.
- Boringens og indtagens ID kontrolleres på skiltene. Skilte, der mangler eller er itu, skiftes. Skabelon til boringsskilte findes på GEUS Borearkivs hjemmeside.
- Boringen pejles og pejlingen noteres i pumpekemaet
- Der føres tilsyn med det indvendige i boringsafslutningen, herunder om forerøret er beskadiget, om der kan høres susen i forerøret fra utætheder, og om der er skadedyr i boringsafslutningen (mus, snegle mv.). Tegn på stående vand og opstuvning af vand omkring forerøret noteres.
- Hvis der er fundet behov for reparationer der ikke kan udføres straks (fx rustne skruer), noteres dette i pumpekemaet. Oplysningerne overføres til relevante databaser efter hjemkomst med henblik på udbedring.

2.3.2: Prøvetagning GRUMO

Grundvandsprøver udtages i boringer, hvor grundvandet strømmer ind i forerøret fra et filter, eller sjældnere et åbentstående hul i fast kalk eller klippe. I alle tilfælde er udfordringen at få en prøve, der har en kemisk sammensætning, der er repræsentativ for grundvandet i lagene umiddelbart uden for det filtersatte interval. Prøven må ikke være påvirket af selve prøvetagningen eller indeholde vand, der har stået gennem længere tid i forerøret (annulusvand).

Prøvetagningen forberedes hjemmefra, med flaskebestilling og afleveringsaftaler med laboratoriet samt klargøring af grej. Klargøring af feltmåleudstyr (kalibrering mv.) er beskrevet i afsnit 2.3.5.

Under hele prøvetagningen anvendes et pumpeskema, hvor alle relevante iagttagelser og data noteres, se bilag 6.1. Nogle indtag kan dog være indrettet så de teknisk set ikke muliggør pejling af vandspejl. Dette gælder især i LOOP områderne.

Efter ankomst til boringen og boringstilsyn (2.3.1) forløber prøvetagningen, med afsæt i tilgængelig viden om boringen, over en række faste trin:

- Alle indtag i boringen pejles før pumpen startes, og disse ropejlinger noteres i pumpeskemaet.
Hvis flere indtag skal prøvetages, startes med det øverste indtag.
- Den pumpen i det relevante indtag startes efter den fastlagte procedure og planlagte ydelse. Tidspunkt, ydelse og pumpetype noteres på pumpeskemaet.
- Under forpumpningen vil ydelsen falde i takt med at grundvandsspejlet falder i boringen, og løftehøjden stiger. Effekten vil variere meget fra indtag til indtag. Mål derfor ydelsen igen når sænkningen har stabiliseret sig, for at vurdere om der gennemføres en tilstrækkelig forpumpning. I en kendt boring vil betydningen af dette kunne indarbejdes i den faste prøvetagningsprocedure for det enkelte indtag.
- Da ydelsen kan påvirkes af om målegrisen med elektroder til feltmålinger er tilsluttet, skal ydelsen måles, for det flow der er karakteristisk for forpumpningen, for at kunne beregne det korrekte fjernede vandvolumen ved forpumpning.
- Boringen forpumpes imens feltmålinger, sænkning og ydelse noteres løbende på pumpeskemaet (se nedenfor)
- Pumpen nedrosles, hvis det er muligt, og det nye vandspejl og ydelse noteres.
- Feltanalyserne udføres og noteres på pumpeskemaet (se nedenfor).
- De planlagte prøver udtages. På pumpeskemaet noteres hvilke delprøver, der er udtaget (se procedure nedenfor).
- Kontroller, at pumpeskemaet er korrekt udfyldt, og at alle relevante oplysninger til laboratoriet er noteret, og udfyld derefter rekvisitionen til laboratoriet, se 2.3.6.
- Pumpen standses, sæt propper på alle rør og aflås boringen.

Enkeltpejlinger

Metoden til at pejle grundvandsspejlet og de efterfølgende beregninger er detaljeret behandlet i G03: Pejlinger.

Ved enkeltpejlinger i forbindelse med prøvetagning til GRUMO og LOOP skal man være opmærksom på at pejle alle indtag i den besøgte boring, -hvor det er teknisk muligt- **før** pumpen startes. Det er disse såkaldte ropejlinger, der efterfølgende skal lægges i Jupiter. Ikke driftspejlinger hvor der er igangværende oppumpning fra nogen indtag i boringen, idet sænkningen kan forplantes til andre indtag.

Forpumpning

Formålet med forpumpningen er at sikre, at stillestående vand i forerøret (annulusvand) ikke indgår i den indsamlede prøve, således at der udtages prøver, der er repræsentative for grundvandet i magasinet.

Samme procedure skal følges hver gang, og der skal derfor udarbejdes en beskrivelse for hvert indtag af den valgte faste procedure, herunder hvor stort et vandvolumen, der skal fjernes før prøvetagning. Beskrivelsen medbringes i felten og kan fremgå af tidligere feltskemaer (evt. elektronisk), så man kan finde oplysningerne fra tidligere prøvetagninger.

Alle relevante data fra forpumpningen noteres i pumpekemaet: pumpe-type, ydelse, sænkning, udseende af det oppumpede vand og evt. feltanalyser. Ændringer i disse data i forhold til tidligere besøg ved boringen kan være en indikation på, at boringen er blevet utæt eller, at andre fysiske forhold har ændret sig. I sådanne tilfælde skal årsagen til ændringen klarlægges inden fornyet prøvetagning. Forholdet anføres på bemærkningsfeltet og overføres af laboratoriet til databasen.

Under forpumpningen skal ydelsen måles, så den oppumpede mængde vand kan beregnes. Dette gøres fx ved at fylde en 10 l spand og med et ur måle antal sekunder. Der er ikke behov for bedre nøjagtighed. I lavtydende borer måles ydelsen i et 1 liter målebæger.

Forpumpning skal ske med en større ydelse end under prøvetagningen, idet ydelsen nedsættes lige før prøverne udtages, med mindre det ikke er teknisk muligt (som ved montejustpumper). Forskellen på ydelserne vil afhænge af sænkningen i boringen. Ved at sænke ydelsen opnår man, at vandspejlet stiger i forerøret og dermed evt. resterende annulusvand stiger op over pumpens indtag.

Under forpumpningen følges afsænkningen løbende med pejlinger, og det sikres, at vandspejlet i boringen ikke kommer under top af filter. Hvis dette er uundgåeligt, skal der laves et notat på pumpekemaet herom, der skal overføres til bemærkningsfeltet for prøven og overføres som bemærkningen til databasen. De løbende pejlinger noteres i feltskemaet.

Hvis temperaturen stiger meget, kan det være tegn på, at pumpen er ved at køre tør (for stor sænkning), eller har en teknisk defekt. I så fald skal prøvetageren mindske ydelsen (så vandspejlet i boringen atter stiger). Det kan være nødvendigt at skifte til en anden pumpetype eller trække pumpen op, og vurdere om der er behov for vedligehold.

Forpumpningsproceduren vil uundgåeligt variere fra boring til boring, idet der er stor forskel på mængden og arten af suspenderet stof, ydelse og sænkning. Specielt skal man være særlig opmærksom på risikoen for tab af

opløste gasser og flygtige komponenter og risikoen for iltning af vandprøver fra magasiner med reducerende forhold.

Bemærk, at for nogle meget lavtydende indtag kan der være behov for en forpumpning over flere timer. Et mere højtydende indtag kan evt. prøvetages imens. Der må ikke være tæt hydraulisk kontakt mellem to indtag, der bepumpes samtidig.

Feltanalyser under forpumpning

Under forpumpningen laves, i det omfang det er teknisk muligt, løbende feltanalyser for pH, ilt, ledningsevne, temperatur og redoxpotentiale. Alle data noteres i pumpeskemaet, og sammenlignes med tidligere prøvetagninger. Prøven må normalt ikke udtages, før der er opnået stabile værdier for pH, ilt og ledningsevne, se tabel 1. Bemærk, at tidsrummet mellem aflæsningerne skal stå i forhold til den mængde vand, der er pumpet op. Som udgangspunkt skal der ikke noteres hyppigere, end at mindst ½ borevolumen er fjernet mellem aflæsningerne. Af praktiske grunde kan målingerne starte når hovedparten af den beregnede volumen til forpumpning er fjernet. Se Teknisk anvisning for stationsnet, GO1.

Der er enkelte boringer, fx i LOOP, hvor det ikke er muligt at lave feltmålinger online, hvilket skal fremgå af beskrivelsen af standardproceduren for prøvetagning. Målingerne foretages i så fald ved at lede vandet til en beholder, hvor parametrene efterfølgende kan måles enkeltvis med elektroderne. Det noteres på pumpeskemaet, hvis målingerne ikke er udført online.

Et mål på stabiliteten fremgår af tabel 1. For nogle meget lavtydende boringer skal der gå en halv time eller mere mellem aflæsning af feltmålinger, idet annullusvandet kun fjernes meget langsomt, hvorfor den kemiske sammensætning ligeledes kun ændres meget langsomt, set i forhold til kravene i tabel 1. Dette kan specielt være et problem, hvis en lavtydende boring tillige har en stor diameter eller et stort volumen af annullusvand.

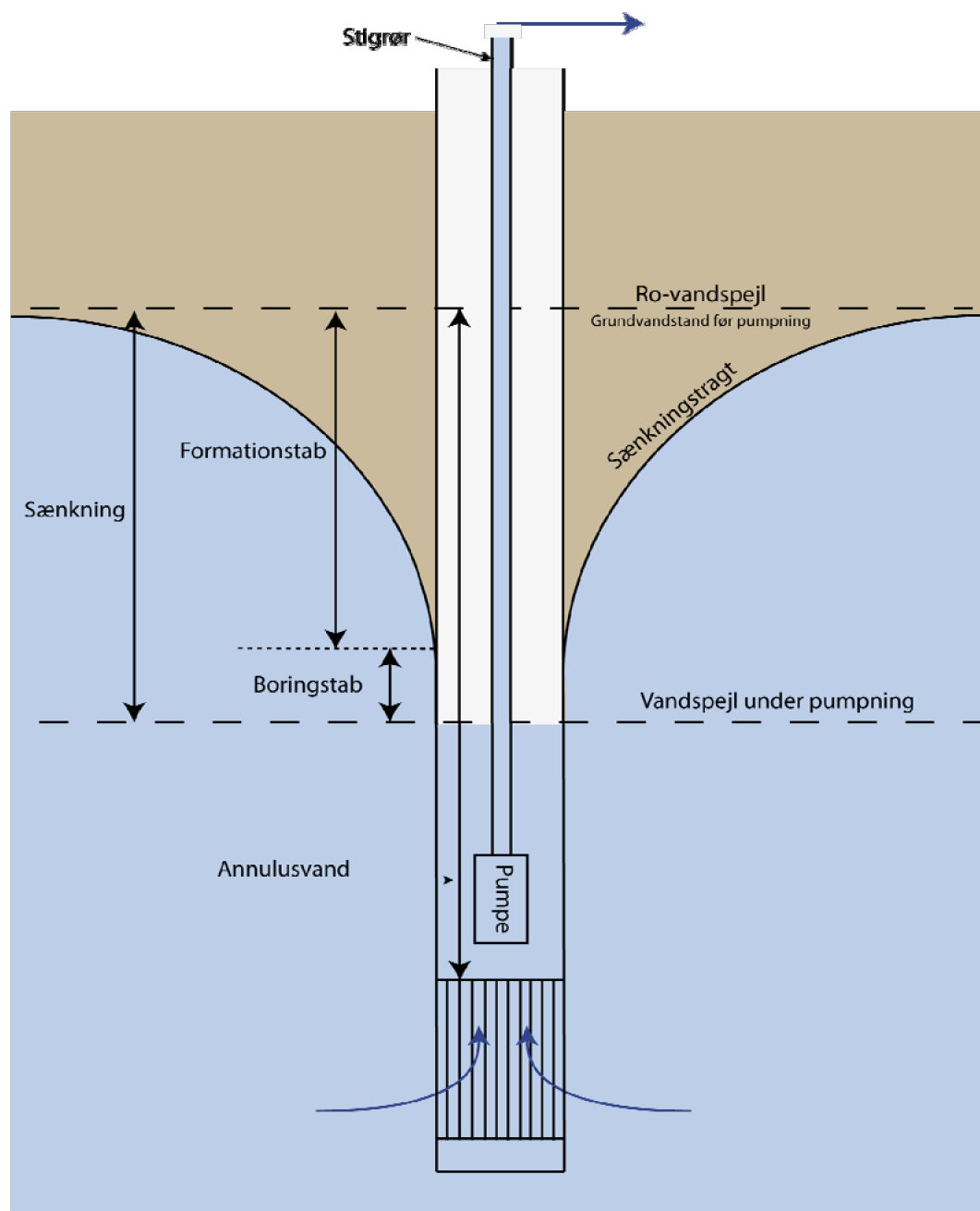
Parameter	Kriterium for stabil vandkvalitet
pH	± 0,1
Ledningsevne	± 3 %
Opløst O ₂	± 0,3 mg/l
Redoxpotentiale	± 10 mV

Tabel 1. Kriterier for stabil vandkvalitet, for almindeligt benyttede kvalitetsparametre /US-EPA, 2002/

Hvis målingerne ikke bliver stabile, efter den beregnede forpumpningstid, forlænges forpumpningstiden med op til 50 %. Hvis ikke boringen bliver stabil, gøres der et notat om dette på pumpeskemaet. Bemærkningen overføres til Jupiter på samme måde som de øvrige prøvedata. Bemærkningen overføres også til SGAV's oversigt over boringstilsyn.

Forpumpningsteknik

Formålet med forpumpningen er at sikre en prøve, der er repræsentativ for grundvandet i formationen **uden** for boringen.



Figur 1. Principskitse af boringshydrologien, vandspejl, annulusvand mv. i en overvågningsboring. (BFN, GEUS)

Forpumpningen skal blandt andet tage højde for at fjerne evt. suspenderet stof i boringen, herunder jernudfældninger. Hvis vandet er meget uklart, skal forpumpningen ske på en sådan måde, at uklarhederne fra det stående vand i boringen fjernes, og samtidigt så forsigtigt at tilførsel af nyt suspenderet stof fra formationen minimeres. Den fjernede vandmængde skal være tilstrækkelig stor til, at der ikke er annullusvand i prøven. Hvis det er muligt at hæve vandspejlet efter forpumpning inden prøven udtages kan der fjernes mindre vand, end hvis der er konstant ydelse under hele prøvetagningen. Se figur 1 for boringshydrologi.

Hvis der er en slamboks under filteret, skal man være opmærksom på, om der hvirvles stof op fra denne under prøvetagningen. Dette vil forlænge behovet for forpumpning. Slamboksen skal fra tid til anden renses for udfældede stoffer og sedimentgennemfald. Hyppigheden varierer betydeligt, og hvis en boring kræver hyppig oprensning (årligt) skal det anføres i standardproceduren. Efter oprensning af slamboksen, skal der gøres et notat herom på pumpekemaet, med oplysninger om oprensningsproceduren.

Det kan være vanskeligt at angive helt præcise retningslinjer for hvad der er tilstrækkelig forpumpning, idet boringens tekniske indregning vil spille en rolle herfor. Nedenstående er derfor vejledende volumener, der i nogle boringer med meget suspenderet stof, eller hvor der er nedsat et tyndt rør i et meget stort borehul vil være utilstrækkeligt.

I overvågningsboringer med korte indtag, der giver klart vand, er det tilstrækkeligt med en forpumpning på 5-10 gange et volumen: $V \leq 10 * (\text{forerørets indre tværsnitsareal} \times \text{filterlængden} + \text{den afsænkede vandmængde})$.

Lange filtre kan nødvendiggøre længere forpumpning. Pumpeindtagets placering og pumpearrangementet har ligeledes indflydelse på forpumpningens omfang.

Det er ikke altid muligt at gennemføre en korrekt forpumpning hvis boringen er meget lavtydende. I disse tilfælde tømmes boringen 1 - 2 gange, og vandprøven udtages, når der igen er tilstrækkeligt vand, dette angives i bemærkningsfeltet på rekvisitionen.

Under forpumpningen skal man undgå trykchok, hvor hurtige trykændringer medfører, at ler og silt rives løs fra de omgivende sedimenter og følger med grundvandsstrømmen ind i boringen. Ved at anvende dykpumper med frekvensregulering (fx MP-1 pumper), kan man reducere denne effekt, idet man langsomt kan øge ydelsen til det ønskede niveau.

Når der anvendes Montejuspumper, kan der ved pludselig trykaflastning mellem pumpeslagene løsrives formationsmateriale eller belægninger af fx

okker eller organisk materiale. Dette skal afhjælpes, ved at lade trykaflastningen ske langsomt gennem en drøvleventil.

Med hensyn til forpumpningen i øvrigt henvises til litteraturlisten.

De særlige problemer, der knytter sig til lavtydende indtag, er desuden beskrevet i "Århus Amt, 1991: Grundvandsboringer".

Fyldning af flasker

Laboratoriets fyldningsvejledning skal følges. Det er vigtigt at være opmærksom på, hvor meget flaskerne skal fyldes, og hvilke minimumsvolumener, der skal indsamles før analysen kan udføres med tilstrækkelig sikkerhed. Det er ligegyldigt, i hvilken rækkefølge flaskerne fyldes, det skal tilrette lægges, så det er mest praktisk for prøvetageren, hvilket ofte kan være at udtage den del af prøven, der skal filtreres til sidst.

Ufiltrerede prøver:

Prøvebeholderen skal som udgangspunkt fyldes fra bunden. En helt ren (se afsnit om slanger) PEL slange sættes på afgangsslangen fra pumpen og føres ned i bunden af flasken. Når flasken lukkes skal den være fyldt med overløb helt eller til halsen, jf. laboratoriets anvisninger. Nogle flasker må ikke fyldes fra bunden eller have overløb, idet de indeholder syre eller andre stoffer.

BEMÆRK: hvis der skal prøvetages til PFAS, må der ikke indgå teflon-materiale, gode alternativer fås fx i ufarvet PEL (Metodedatablad M068).

Filtrerede delprøver:

Prøverne filtreres jf. procedure 3, se nedenfor. Nogle filtrede prøver fyldes i flasker, hvor der i forvejen er syre eller andre stoffer. Her må der ikke være overløb, jf. anvisningerne fra laboratoriet.

Følg i øvrigt DS/EN ISO 5667-3, samt metodedatablade fra Referencelaboratoriet.

Prøven stilles koldt og mørkt i køletaske eller køleskab straks efter prøvetagningen, indtil prøven kan afleveres til laboratoriet. Der skal være speciel opmærksomhed på at delprøver i små flasker, eller delprøver fra lavtydende boringer ikke henstår i solen, før de flyttes til køl.

Mærkning af grundvandsprøver

Alle prøvebeholdere mærkes efter aftale med laboratoriet, med en entydig identitet, der fx kan være en stregkode. Mærkningen skal kunne genfindes på såvel pumpekema som rekvisitionen til laboratoriet.

Alle prøvebeholdere med delprøver fra samme prøvetagning skal referere til samme prøve-ID, og derudover skal det tydeligt markeres, hvilke delprøver,

der er filtrerede. Det sikres at alle prøverelaterede oplysninger samles i Jupiter med prøvernes entydige ID med dato, klokkeslæt, boringens DGU nr. og indtagningsnummer. I øvrigt henvises til Datateknisk anvisning for grundvandsdata (DG-01-2).

2.3.3: Prøvetagning LOOP

I LOOP gennemføres prøvetagningen som for GRUMO. Der skal dog tages højde for at grundvandstilstrømningen til indtagene kan være endog meget langsom, især i leroplandene. Derfor er der ikke mulighed for at lave en optimal forpumpning i alle indtag.

Ofte er almindelig forpumpning ikke mulig, og i stedet udføres en fortømning af det enkelte Montejus-filter baseret på erfaringen varierede fra 3 gange umiddelbart før prøvetagningen til 1 gang et par dage før selve prøvetagningen. Erfaringsmæssigt kan det være nødvendigt med ekstra forpumpning/fortømning, hvis det er længe siden ($\frac{1}{2}$ -1 år eller mere) indtaget har været prøvetaget. Dette er især tilfældet, hvis der er problemer med suspenderet stof.

Som for GRUMO skal der for hvert indtag være en beskrivelse af prøvetagningsforholdene og de erfaringsmæssigt optimale procedurer, der medbringes i felten hver gang.

Såfremt der ikke kan anvendes online feltanalyser (gris) eller online filtrering, foretages feltanalyserne i et bægerglas, der forsigtigt fuldes op nedefra. Bægerglasset kan være fyldt med kvælstofgas forinden for at undgå kontaminering med luftens ilt. Feltanalyserne prioriteres således: Den vigtigste parameter er ilt, dernæst pH, redoxpotentiale og ledningsevne. Da flere af elektroderne måler temperaturen, opnås der i praksis altid en måling heraf.

Det er muligt at anvende en vandprøve, hvor der er feltanalyser som ovenfor beskrevet for ilt og ledningsevne og pH til efterfølgende analyse for den ufiltrerede delprøve til hovedbestanddele. På den måde fås mest mulig information om vandets kemiske bestanddele.

Bemærk: De særlige boringskonstruktioner for LOOP medfører, at iltanalyser i mange indtag med fordel kan udtages med en peristaltisk pumpe frem for med den indbyggede montejustpumpe. Den peristaltiske pumpe sikrer en jævn vandstrøm forbi elektroden. Hvis montejustpumpen anvendes, skal man undgå blowout af drivgas gennem målegrisen, da elektroderne kan beskadiges herved, og det kan påvirke ilt og pH.

Filtrering skal ske med trykfiltrering, se figur 3, eller med en håndsprøjte, se figur 4. Følg i øvrigt retningslinjerne fra afsnit 2.3.4: filtrering.

2.3.4 Filtrering.

Det fremgår af bilag 6.3, hvilke parametre, der kræver filtrering før analyse. Almindeligvis filtreres prøven ikke til analyse for organiske forurenings-komponenter som pesticider, klorerede aliphater mm.

Filtrering sker som udgangspunkt som en online filtrering, hvor pumpen skaber det nødvendige tryk, for at vandet kan passere igennem et filter monteret direkte på afgangsslangen. Hvis dette ikke er teknisk muligt, skal filtrering finde sted umiddelbart efter prøvetagningen, hvilket dog øger risikoen for kontaminering med ilt/afgasning af CO₂. Her skal anvendes trykfiltrering med N₂ (kvalitetsklasse mindst 4.6), eller håndsprøjte.

Efter filtrering skal det kontrolleres, at filteret er intakt.

Onlinefiltreringen i LOOP skal gennemføres med den største forsigtighed, da de indbyggede pumper (Montejus) ikke kan holde til høje tryk. Dette er også et arbejdsmiljømæssigt hensyn, idet høje tryk på nogle montejustumper giver risiko for ulykker.

Udstyr

Ved online filtrering anvendes et engangsfiltre eller en filterholder, der skal fastgøres til afgangsslangen fra pumpen. For at sikre konstant flow må der ofte anvendes et T-stykke, som deler vandstrømmen fra pumpen, ventiler på T-stykket kan indstilles og sikre det nødvendige tryk til filtreringen.

Hvis der anvendes et filter af den type (såkaldte sprøjtefiltre), der er vist på figur 2 og 4, er det ikke nødvendigt med handsker, da der ingen risiko er for at selve filteret berøres med fingrene eller på anden vis forurenes.

Hvis der anvendes løse filtre i en filterholder, skal der anvendes plasthandsker, som kasseres efter hver prøvetagning. Hvis delprøven skal anvendes til sporstoffer, skal filteret placeres i filterholderen med en rengjort plastpin-cet og må ikke berøres med fingrene. Filterholderen skal være indrettet således, at filteret ikke ødelægges af trykket fra pumpen. Dette kan fx være ved en udluftningsmekanisme, så luft over filteret kan lukkes ud og trykket over filteret langsomt øges. Efter prøvetagning kontrolleres det, om filteret er intakt. Hvis der er tegn på at filteret er beskadiget eller forskubbet, tages delprøven om.

Filtertype

Det er vigtigt, at filteret ikke på nogen måde påvirker prøvens kemiske sammensætning m.h.t. de stoffer, der skal analyseres for i delprøven. Det skal ved indkøb af filtre sikres, at der ikke kan ske en kontaminering. Hvis laboratoriet leverer filtrene til prøvetagning, skal laboratoriet dokumentere,

at filtrene ikke ændrer prøvernes sammensætning for de relevante analyseparametre. Alle filtre skal have en porevidde på 0,40 - 0,45 μm . Hvis prøven indeholder meget suspenderet stof, anvendes tillige et forfilter med større porevidde. Forfilteret skal også være af en kvalitet, der ikke påvirker delprøvens indhold af relevante stoffer.

Valg af filter type og materiale skal ske efter konkret vurdering og test, idet der kan ikke gives generelle anvisninger, da ikke alle typer af filtre i specifikke materialer vil være egnede.

Online filtrering.

Ved online filter kan selve filteret kan være filtre indstøbt i plastik, løse engangsfiltre, eller alternativt filtre anbragt i filterholdere udleveret af analyselaboratoriet.

Figur 2 viser et eksempel på online filtrering over et indstøbt engangsfiltre med brug af pumpetryk.



Figur 2. Online filtrering gennem engangsfiltre ved hjælp af pumpetryk.

Er vandet meget urent kan der anvendes et forfilter der lægges over filteret i en filterholder for at mindske filterforbruget. Dette er kun muligt når der anvendes en filterholder, der sættes på afgangsslangen fra pumpen, evt. på

en delstrøm. Hvis det er teknisk muligt, udluftes filteret, så der ikke står luft over filteret. Herved øges holdbarheden af filteret, og hele filterfladen bliver tilgængelig for vandet.

Pumpeydelsen skal så vidt muligt være den samme, under filtreringen af en delprøve som under udtagning af øvrige delprøver. Da der må ikke være for stort tryk på den delstrøm, der ledes igennem filterholderen, kan man fx regulere flowet over filteret ved brug af en trevejshane (T-stykke) på hovedstrømmen, hvilket også muliggør en langsom øgning af trykket over filteret.

Lad en smule vand løbe gennem filteret før prøven udtages, mindst 25-50 ml. Herefter kan prøven udtages.

Skift filter, når det klogger til, og gentag skylning af filter før prøvetagningen fortsættes. Hvis vandet er meget urent, kan dette være umuligt. Dette noteres på pumpekemaet. Bemærkningen overføres til rekviritionen og skal fremgå af analysens bemærkningsfelt.

Når der anvendes en filterholder, skal den straks efter prøven er udtages skylles i demineraliseret vand for at fjerne suspenderet stof. Filterholderen rengøres med destilleret/demineraliseret vand og syreskylles mindst en gang om ugen, og efter brug, hvis den lægges til side i længere tid. Syreskylningen udføres ved at lade emnerne ligge 2 dage (fx weekenden over) i ca. 1 M saltsyre (DS 2214). Efter syreskylningen skylles grundigt med vand af drikkevandskvalitet og afslutningsvis med demineraliseret vand. Efter vask opbevares de i rene plastposer. Denne rengøring kan evt. overlades til laboratoriet.

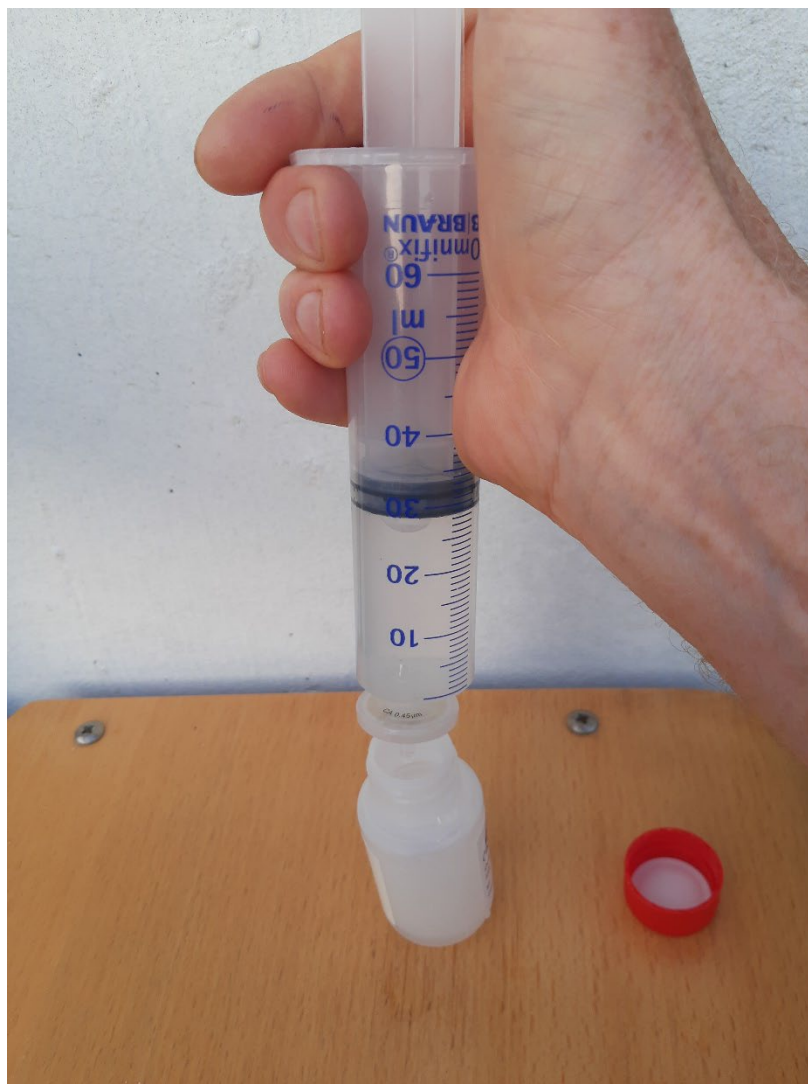
Trykfiltrering og filtrering med håndsprøjte.

Hvis der filtreres med håndsprøjter eller ved trykfiltrering, se figur 3 og 4, er der en forøget risiko for, at der sker en iltning af prøven inden filtrering, og at der tabes udfældet stof på filteret. Der skal derfor iagttages den allerstørste forsigtighed, hvis denne metode benyttes, og den må alene anvendes, når det ikke er muligt med online filtrering.



Figur 3. Trykfiltreringsudstyr fra LOOP og borerer med utilstrækkeligt pumpetryk, her filterhus og filterholder, samt opstilling i feltbilen, med gas til trykfiltrering monteret.

Ved filtrering med håndsprøjte skal en delmængde af prøven overføres til håndsprøjten, hvorefter de færdige filtre ("sprøjtefiltre") sættes på spidsen, og prøven trykkes gennem filteret med håndkraft.



Figur 4. Filtrering med håndsprøjte og et lille engangsfilter.

Ved trykfiltrering overføres en delmængde af prøven til trykkammeret, hvorefter prøven presses igennem med kvælstof (af mindst kvalitet 4.6).

Ikke-online filtreringsproceduren er flg.:

- Filterhus og filterholder rengøres med hhv. almindeligt og demineraliseret vand før brug, se figur 3 til venstre.
- Filterhus skylles med lidt af prøven. Skyllevandet kasseres
- En passende mængde prøve hældes i filterhuset, der skrues fast på filtreringsapparatet ved hjælp af ring med gevind (figur 3 til højre).
- Evt. anvendes forfilter, hvis prøven er meget slammet.
- Forfilter og et 0,45 µm filter anbringes centralt i filterholderens nederste del, O-ring sættes på plads
- Filterholderens nederste og øverste del skrues forsigtigt sammen.
- Sørg for at filtrene bliver liggende centralt i holderen.
- Hanen til udluftning for oven til højre på filtreringsapparatet lukkes.

- Hanen til gastryk for oven til venstre på filtreringsapparatet åbnes .
- Gastrykket indstilles til ca. 3 bar.
- Hane for neden ved filterholder til gennemløb af prøve åbnes.
- Prøven filtreres roligt. Sørg for at undgå bobler .
- Når filtreringen er afsluttet lukkes hanen til gas, hanen til udluftning åbnes og trykket i systemet tages af.

Særlige forhold ved filtrering

Grundvandsprøver vil ved udtagningen indeholde suspenderet stof, som består af formationsmateriale (fx ler, silt, jern- og aluminiumhydroxider eller kalk) og udfældninger, der er dannet i annullusvandet (typisk jern og manganoxider). Mængden af suspenderet stof er ofte særlig højt i grundvandsprøver fra lavtydende boringer, der alene anvendes til overvågningsformål.

I grundvandsovervågningen er det alene interessant at vide, hvor meget opløst stof, der findes i grundvandet. Dette skyldes, at mængden af suspenderet stof i vid udstrækning afhænger af prøvetagningsproceduren. Derfor udgør suspenderet stof en fejlkilde, hvis det indgår i analyseresultatet. I forbindelse med analyseproceduren kan en del af det suspenderede stof opløses i fx syre og give fejlagtige analyseresultater, specielt ved bestemmelse af metaller.

Det er ikke muligt med fuldstændig sikkerhed at bedømme visuelt, om en grundvandsprøve er helt fri for suspenderet stof. Selv ganske små mængder suspenderet stof kan i visse tilfælde medføre meget store fejl på metalanalyser. Dette gælder fx for aluminium, som normalt kun forekommer opløst i meget lave koncentrationer, men som kan findes i betydelige mængder i det suspenderede stof (typisk 1000 gange højere), hvilket har stor betydning ved moderne analyser som ICP-MS, hvor bidraget fra partiklerne vil indgå i analyseresultatet.

I grundvandsprøver er der også en risiko for, at nogle opløste stoffer udfældes ved henstand, idet grundvandsprøver generelt er i uligevægt med atmosfæren, hvilket kan medføre tab af CO₂ og kontaminering med O₂. Når prøven taber CO₂ stiger pH, hvorved prøven kan blive kalkfældende, således at Ca, Mg og HCO₃ indholdet mindskes. Undersøgelser viser, at pH kan ændres så meget som fra 6 til 8 i løbet af ca. 4 timer i en prøve, der henstår under omrøring. /Elberling mfl., 1997/

Hvis prøven kontamineres med ilt vil opløst Fe(II) og Mn(II) oxideres og udfælde. I denne proces kan andre sporstoffer rives med ud af opløsningen, dette gælder fx arsen. Iltningen af Fe(II) kan ske inden for minutter, når pH er over ca. 7.

Hvis der efter feltfiltreringen (under transport til laboratoriet) sker udfældning/flokkulering i grundvandsprøven, således at den igen bliver uklar, skal der ikke filtreres igen på laboratoriet. I stedet skal der på laboratoriet ske

en genopløsning af bundfaldet, hvis der skal analyseres for metaller, arsen, fosfat eller andre stoffer, der kan udfældes. Ved analyse for stoffer, der ikke udfældes, fx nitrit, klorid, pesticider mv. kan prøven dekanteres eller centrifugeres.

Selvom filtrering af prøver til bestemmelse af visse stoffer ikke er strengt nødvendigt, kan det af praktiske grunde være hensigtsmæssigt at analysere på en filtreret delprøve. Stoffer der må, men ikke skal filtreres, fremgår af bilag 6.3.

For nogle parametre må vandprøverne ikke filtreres før analyse, se bilag 6.3. Til denne gruppe hører stoffer, hvor filtreringen vil medføre fejl på analyseresultatet, enten fordi en del af stoffet kan tabes ved filtreringsprocessen, eller der er risiko for kontaminering. Dette gælder nitrit, opløste gasser og alle organiske mikroforureninger, herunder pesticider.

Hvis vandprøven efter prøvetagning indeholder meget suspenderet stof, skal prøven dekanteres på laboratoriet før analyse. Dette skal noteres på såvel pumpeskema som på rekvisitionen, således at bemærkningen kan overføres til JUPITER sammen med analyseresultatet. Bemærk: En række stoffer er ikke relevante at analysere i dekanterede prøver, da de kræver filtrering, og må derfor udgå, se bilag 6.3.

2.3.5 Feltanalyser: pH, ledningsevne, ilt, temperatur og redoxpotentiale

Der skal udføres online feltmålinger af pH, ledningsevne, iltindhold, temperatur og redoxpotentiale ved alle prøvetagninger, hvor det er teknisk muligt, se 2.3.3 for LOOP borer. Formålet er at sikre retvisende analyser af pH og ilt, og at kontrollere at forpumpningen er tilfredsstillende, dvs. at det oppumpede vand har en stabil sammensætning, som man kan forvente svarer til forholdene i magasinet.

Feltmålingerne udføres typisk samlet, i et antal serieforbundne flow-celler, hver med sin elektrode. En delstrøm af det oppumpede vand ledes igennem flowcellerne, se figur 5. Flowet skal være tilstrækkeligt stort til, at der hele tiden er frisk vand ved elektroden. Flowcellerne skal være tilstrækkelige små, således at det er muligt at udføre feltanalyser, fx når der kun er tale om vandmængder på 500 ml fra et pumpeslag fra en montejustpumpe, eller ved tømning af kammeret i en LOOP-boring med en peristaltisk pumpe.



Figur 5. Eksempel på opstilling af udstyr til feltmålinger ved en montejust-pumpe. Bemærk automatikboksen på jorden til at styre prøvetagningen.

Rækkefølgen af elektroder i flowcellerne, vil i et helt tæt system være ligegyldig. For en sikkerhedsskyld kan man vælge at lave pH og iltmålingerne ske først, da de er påvirkelige af udveksling af gas med atmosfæren. (Grundvandet kan forurennes med ilt fra atmosfæren, og give forhøjede værdier, og der kan tabes CO₂ til atmosfæren, hvorved pH værdierne bliver for høje). Selv om der teoretisk set kan afgives stoffer fra elektroderne i flowcellerne, vurderes dette ikke at have et omfang, der vil påvirke måleresultaterne.

Når vandet har passeret flow-cellerne, kasseres det, undtagen hvis der er meget små vandmængder til rådighed, som det ofte er tilfældet i LOOP. Hvis der skal analyseres på vand, der har passeret flowcellerne, skal det noteres i såvel pumpeskema som på rekvisitionen, så bemærkningsfeltet på analysen er udfyldt med en dækkende beskrivelse.

Vedligehold og dokumentation

Alt udstyr til feltanalyserne skal løbende vedligeholdes og kalibreres. For at opfylde den krævede gode laboratoriepraksis jf. ISO 17025, skal der føres en logbog, hvor alle resultaterne fra alle kalibreringer af de enkelte elektroder løbende noteres. Når det bemærkes, at kalibreringerne ikke længere lever op til de krævede normer (Typisk skrider hældningen for kalibreringen eller nulpunktet), der fremgår af de enkelte elektroders specifikationer og

bemærkningerne nedenfor, vil der være behov for en grundigere vedligeholdelse eller udskiftning af dele.

Bemærk, at kalibreringsstandarder til feltanalyseinstrumenter har en begrænset holdbarhed. Standarderne må ikke anvendes efter udløbsdatoen.

Alt udstyr skal være mærket med identifikation. Detaljerne heri fremgår af SGAV's kvalitetsstyringssystem. Dette gælder for de enkelte elektroder og pH-metre. Det skal fremgå af logbogen hvilket udstyr, der er benyttet på de enkelte prøvetagningsdage.

Endelig skal måleusikkerheden være kendt. Denne fastlægges i forbindelse med interkalibreringer af feltarbejdet.

Nøjagtighed og præcision

Nøjagtigheden af analyserne optimeres gennem kalibrering af instrumenterne over for kendte standarder.

I det daglige skal måleusikkerheden, dvs. præcisionen holde sig inden for værdierne i tabel 2. Bemærk: Måleusikkerheden er alene den usikkerhed, der knytter sig til selve analysen, og indeholder ikke den variation, der stammer fra grundvandets naturlige variationer, fx i løbet af en prøvetagning. Bemærk. Disse usikkerheder knytter sig for ilt og ledningsevne til målinger tæt ved detektionsgrænsen.

Parameter	Måleusikkerhed S_{Tmax}	Usikkerhed U_{abs}^*
pH	0,05	0,2
Temperatur	3 %	15 %
Ledningsevne	1,5 mS/m	5 mS/m
Ilt	0,03 mg/l	0,3
redox	Ingen krav	Ingen krav

Tabel 2. Kvalitetskrav til feltanalyser, jf. MiM, 2023, hvor definitionen og beregningsrutiner for S_{Tmax} og U_{abs} kan findes.

Ilt

Online iltmålinger er langt mere pålidelige og reproducerbare end laboratorieanalyser. Analysen er almindeligvis nem at udføre men der kræves dog en betydelig omhu ved lavtydende montejustumper. Der anvendes elektroder med en detektionsgrænse på $\leq 0,1$ mg/l.

Ilt rapporteres med to betydende decimaler i enheden mg/l.

Iltmålingerne fungerer under selve forpumpning som en kvalitetskontrol af, at der ikke slipper luft ind, idet der sammenlignes med tidligere målte iltindhold.

Traditionelle, elektrokemiske iltelektroder

Det er vigtigt, at der etableres omrøring/bevægelse af vandet under målingen, da elektroden er iltforbrugende. Elektroden skal kalibreres mindst en gang daglig mod vandmættet atmosfærisk luft (100 % iltmættede forhold). Hvis der anvendes elektroder med en detektionsgrænse på 0,01 mg/l, skal der tages hensyn til, at metoden er meget følsom over for svovlbrinte, der via en nulstrømsfejl kan give fiktive iltindhold på op til 0,5 mg/l.

Optisk iltmåler

En optisk iltelektrode er ikke iltforbrugende og kan derfor måle ilt, også når der ikke er omrøring/bevægelse af vandet omkring elektroden.

Elektroden er kalibreret på fabrikken, og kræver ikke daglig kalibrering. Elektroden kontrolleres en gang om ugen over for mættet ilt og en iltfri kvælstofatmosfære således som beskrevet i brugsanvisningen. Resultatet for 100 % og 0 % ilt noteres i logbogen. Hvis resultaterne viser afvigelser eller er ustabile, skal elektroden kalibreres over for mættet ilt.

pH

Online pH målinger i felten giver et langt mere retvisende billede af forholdene i grundvandet end laboriemålinger, da man i høj grad undgår de uheldige effekter, der opstår ved afgangning af kuldioxid fra prøven ved måling i laboratoriet. Dette er et uundgåeligt problem, idet grundvandet har et CO₂ indhold, der svarer til et partialtryk, der er ca. 10 gange større end atmosfærens.

pH aflæses med to betydende decimaler.

pH-elektroden skal kalibreres mindst én gang om ugen. Elektroden kalibreres over for to standarder med pH værdier, der ligger tæt på den forventede pH i prøven, brug almindeligvis pH 4 og 7 buffere. Vær opmærksom på, at elektrodens indsvingningstid ved kalibreringen kan være et par minutter. Hvis indsvingningstiden øges trænger elektroden formentlig til at blive skiftet. Kalibreringskurvens konstanter noteres i logbogen. Det noteres ligeledes, hvis indsvingningstiden virker for lang.

Det er vigtigt at skifte elektroden, når den ikke overholder de specifikationer, som leverandøren angiver, den skal overholde for at opnå et tilstrækkeligt sikkert resultat. pH-elektroden skal være tryk-robust pga. trykket i flow-cellen. (Hansen m.fl. 2008)

Ledningsevne

Ledningsevnen måles i mS/m og angives med én decimal. De fleste ledningsevнемålere på markedet kan ikke kalibreres. Derimod kan de indstilles til at normere resultatet til en given temperatur. I grundvand anvendes konventionen "ledningsevne ved 25 °C". Hvis ledningsevнемåleren er indstillet forkert, typisk til en referencetemperatur på 20 °C vil resultatet blive forkert. Dertil kommer, at resultatet i displayet ofte angives som $\mu\text{S}/\text{cm}$, hvilket skal regnes om før aflæsningen noteres i pumpekemaet ($1 \text{ mS}/\text{m} = 10 \mu\text{S}/\text{cm}$).

Redoxpotentiale

Redoxpotentialet måles især for at kvalitetssikre iltmålingerne og prøvetagningen. Som en konvention for grundvandsovervågningen angives resultatet IKKE som et eH over for brintelektroden, men med den aflæsning som elektroden viser. Der skal derfor altid anvendes platinelektroder med en indbygget referenceelektrolyt af KCl. Det er vigtigt, at holde platinelektroden pudset, gerne med en grov papirserviet, så overfladen kan reagere med redoxfølsomme parametre i prøven. Indsvingningstiden for platinelektroden kan være overordentlig lang, flere timer, men da elektroden ofte ret hurtigt finder det korrekte niveau ift. den nøjagtighed, der ønskes, vil målinger over kortere tid kunne opfylde deres formål.

Redoxpotentiale angives med fortegn og i enheden mV.

Strengt krav til nøjagtigheden for redoxpotentialet (dvs. afvigelse fra sand værdi) er meningsløse, idet de fleste grundvandsprøver internt er i kemisk uligevægt mht. redoxpotentiale. Dette gælder fx mellem redoxparene N_2/NH_4 , NO_3/NO_2 , NO_3/NH_4 , $\text{Fe(II)}/\text{Fe(III)}$, $\text{SO}_4/\text{H}_2\text{S}$.

Temperatur

Temperaturen i det oppumpede vand vil være påvirket af den opvarmning, som forårsages af pumpen sammen med den vekselvirkning med lufttemperaturen, som foregår omkring slangerne, der i koldt vejr kan give risiko for tilfrysning, og i varmt vejr vandtemperaturer på op til 20° C. Der kalibreres ikke for temperaturmåling. Resultatet angives med en decimal i enheden °C. Temperaturen måles hovedsageligt for at kontrollere pumpens tekniske tilstand.

Den korrekte grundvandstemperatur kan kun fås ved at måle direkte i boringen, se G3-pejledata.

2.3.6: Aflevering og opbevaring af prøver

Alle prøver skal straks efter udtagning opbevares mørkt og koldt. Dette kan ske i køletasker med frosne køleelementer udleveret af laboratoriet sammen med prøveflaskerne eller i et køleskab i feltbilen.

Afleveringsfristerne for de forskellige prøvetyper fremgår af metodedatabladene fra referencelaboratoriet /Referencelaboratoriets metodedatablade/. Der er ikke pt. nogen laboratorieanalyser for grundvand, der har en holdbarhed på mindre end 24 timer, hvis der i øvrigt gennemføres korrekt prøvetagning, opbevaring og konservering, som foreskrevet af laboratorierne. Det er derfor muligt at udtage prøver og aflevere disse sidst på arbejdsdagen, hvorefter prøverne kan bringes i analyse den følgende dag.

Alle prøver leveres til laboratoriet sammen med en rekvisition, med det fastlagte analyseprogram/pakker og prøvens entydige ID og det sikres at alle prøverelaterede oplysninger samles under dette ID i Jupiter (mindst DGU nr., filter nr., dato og klokkeslæt, prøvetager ID), samt resultaterne af feltanalyser, således at disse kan tilknyttes analyseresultaterne. Se den datatekniske vejledning for grundvandsdata. HUSK at udfylde bemærkningsfeltet, hvis der er noget hertil.

2.3.7: Prøvetagning til datering

Prøver til datering udtages af specialuddannet personale. Proceduren afhænger af hvilken dateringsmetode, der anvendes, og en redegørelse herfor ligger uden for rammen af denne tekniske anvisning. Prøverne til datering af grundvandet skal så vidt muligt udtages i forbindelse med prøvetagning til grundvandets hovedbestanddele. Der skal foretages en omhyggelig og tilstrækkelig forpumpning, inden der udtages prøver til datering /Hinsby mfl. 1997/.

2.3.8: Kassation af prøver

Hvis prøverne på grund af et stort indhold af suspenderet stof ikke kan filtreres, kan der kun afleveres delprøver til analyse for de parametre, der ikke skal filtreres.

2.4 Tjekliste

Før feltarbejdet udføres skal prøvetagningsudstyr mv. være klargjort.

- Flasker skal bestilles med en aftale om afleveringssted og tidspunkt.
- Alt udstyr rengøres hjemmefra, fx slangevogne og filtreringsudstyr.
- Alle feltinstrumenter skal være fuldt opladet med strøm.
- Kalibreringsvæsker skal medbringes, og kontrolleres for udløbsdato.
- Kontroller at trykbeholdere indeholder tilstrækkeligt med gas, eller bestil nye forsyninger.
- Husk alle relevante oplysninger om tidligere prøvetagninger og beskrivelsen af standardproceduren, på papir eller elektronisk.

2.5 Vedligehold af instrumenter

En forudsætning for at have en effektiv dag i felten er, at alle instrumenter og alt udstyr er vedligeholdt.

Batterier, generatorer og andet elektrisk udstyr kræver opladning, løbende vedligeholdelse, og mindst én gang årligt skal alt feltudstyr gennemgås. En del vedligeholdelsesarbejder kan udføres, mens forpumpning af boringerne finder sted. Andet vedligeholdelsesarbejde kræver værkstedskapacitet og evt. specielle kompetencer fx arbejde med stærkstrøm el.lign.

Ikke alle pumper er lige holdbare, og pumperne kan have brug for udskiftning og vedligehold, hvis der fx er for stort sandgennemfald, idet suspenderet sand slider på pumpernes bevægelige dele. Tekniske forhold omkring vedligehold af pumper håndteres i samarbejde med leverandørernes anvisninger.

2.6 Særlige forholdsregler - faldgruber

Prøvetagning af grundvand forener mindst to typer faglighed. For det første den tekniske faglighed i at kunne anvende og vedligeholde det omfattende udstyr, der er nødvendigt, herunder kunne foretage en optimering af arbejdsprocessen ved at vælge de bedste pumpestrategier mv. For det andet kræves der et vist kendskab til grundvandets kemi, og her i særdeleshed det faktum, at grundvand generelt ikke er i kemisk ligevægt med atmosfærisk luft. Indholdet af CO₂ er omkring en faktor 10 højere i grundvand end i atmosfæren, og indholdet af ilt er meget ofte betydeligt lavere end i atmosfæren. Hvis grundvandet derfor påvirkes med luft vil det ændre såvel pH som redoxforholdene.

Ved prøvetagning på tidspunkter, hvor der sprøjtes, køres gylle eller hvor luftbåren forurening fra udsugning eller udstødning medfører risiko for at prøven forurenes med organiske mikroforureninger, vurderes det, om prøvetagningen bør fortsætte. Fortsættes den skal der skrives en bemærkning på rekvisitionen så den kan overføres til Jupiter sammen med prøveresultatet. Bemærkningen medtages ligeledes oversigten over stationstilsyn.

3 Databehandling

Der henvises til den datatekniske anvisning for grundvandsdata. Feltmålingsresultater omregnes til korrekt enhed jf. bilag 6.2.

4 Kvalitetssikring

4.1 Kvalitetssikring af metode

Kvalitetssikring af feltarbejdet tager sit udgangspunkt i omhyggelig brug af pumpekemaer, brug af logbøger til feltanalyserne og anvisningerne i denne tekniske anvisning, idet kvalitetssystemet skal leve op til ISO 17025.

Alle relevante iagttagelser noteres som oven for beskrevet i pumpekemaerne og logbøger herunder iagttagelser, der kræver opfølgning i form af vedligeholdelsesopgaver eller bemærkninger til analyseblanketten.

Logbogen tilknyttet feltmålingerne kan vise, hvornår elektroderne ikke fungerer optimalt og giver mulighed for løbende at se, om det er muligt at udføre analyserne med den krævede kvalitet.

Specielt skal feltanalyserne for eH anvendes til at kvalitetssikre iltmålingerne, idet et højt eH følger høje iltindhold, og negative eH normalt kun optræder i iltfrie miljøer. Hvis der under prøvetagningen optræder en modstrid mellem det målte eH og iltmålingen, er det et tegn til prøvetageren om at gennemgå sine kalibreringer og pumper/slanger igen, for at finde fejl eller utætheder i systemet.

Da den løbende vedligeholdelse af drivmidler og pumper har stor betydning for kvaliteten af prøvetagningen, skal der føres logbøger over det tekniske udstyr (gerne elektronisk). Dette er især relevant, hvis der er flere brugere af det samme udstyr.

Logbøger, der ikke foreligger elektronisk, opbevares i mindst 5 år, efter de er anvendt sidst.

4.2 Kvalitetssikring af data og dataaflevering

Der henvises til den datatekniske vejledning for grundvandsdata.

Man skal være opmærksom på, at alle kemiske data fra prøvetagningen overføres via laboratoriet, mens alle pejledata, eller iagttagelser om ændrede boringstekniske forhold skal tages direkte ind i JUPITER eller indberettes til borearkivet efter prøvetagningen.

Det er det overordnede princip at der altid udtages en prøve for hovedbestanddele når der analyseres for sporstoffer eller andre specialparametre, for at sikre at prøvens kemiske sammensætning ikke afviger fra tidligere målinger, fx i et meget tørt eller vådt år, eller der har været en (ikke registreret) udfordring ved prøvetagningen.

Typiske fejltyper.

Karbonatsystemet, Ca, Mg og HCO_3 : Hvis der under prøvetagningen og opbevaring på laboratoriet tabes CO_2 til luften, stiger pH, dermed vil der

kunne udfældes kalk. Dette kan ske i alle trin, fra prøvetagning til analysen er færdigudført. Store afvigelser fra prøvetagning til prøvetagning eller problemer med ionlignevægt kan ofte forklares ved problemer med Karbonatsystemet.

Forkerte enheder på feltmålingsresultater, især ledningsevne. Kontroller, at der er aflæst korrekt skala, en del måleinstrumenter anvender $\mu\text{S}/\text{cm}$ i stedet for mS/m .

Forkert angivelse af enhed for ilt. Skal angives som mg/l ikke som % iltmætning, som nogle apparater kan risikere at vise.

Forkert angivelse af indtag eller feltmålinger på rekvisitionen. Vær omhyggelig med at kontrollere, at det er de korrekte værdier, der overføres til laboratoriet.

5 Referencer

Lovgivning og anvisninger

Miljø- og Ligestillingsministeriet 2025: Bekendtgørelse om kvalitetskrav til miljømålinger udført af akkrediterede laboratorier, certificerede personer m.v. pt.
BEK nr. 1275 af 31/10/2025. Analyse kvalitetsbekendtgørelsen.

Dansk Standard DS/EN ISO 5667-3, Vandundersøgelse Prøvetagning Del 3: Retningslinjer for konservering og transport af prøver.

Dansk Standard DS 2214, Vandundersøgelse Prøvetagning af vand til analyse for spormetaller.

Europæisk standard EN ISO/IEC-17025 om generelle krav til prøvnings- og kalibreringslaboratoriets kompetence rummer egnede internationale standarder for validering af de benyttede analysemetoder

EU, 2009: Analyse kvalitetsdirektivet, 2009/90/EF af 31. juli 2009 om tekniske specifikationer for kemisk analyse og kontrol af vandets tilstand som omhandlet i Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2000/60/EF.

Lossepladsprojektet (1989): Grundvandsprøvetagning og feltmåling. Lossepladsprojektet. Udredningsrapport U3. April 1989.

Inga Sørensen ed., 2009, Environmental Samling- Groundwater. Leonardo da Vinci. EU rapport. Udgivet af VIA University College, Horsens.

U.S. Environmental Protection Agency, 2002: Ground-water Sampling Guidelines for Superfund and PCRA Project Managers

Referencelaboratoriets metodedatablade, se nedenfor under links.

Faglig litteratur

Århus Amt, Miljøkontoret, oktober 1991: Grundvandsboringer, Teknisk rapport.

GEUS, 2002: Grundvandsboringers egnethed til analyse. Arbejdsrapport under grundvandsovervågningsprogrammet.

Bo Elberling, Lærke Thorling og Per Misser. 1997: Det kan være surt at måle pH. Vand og jord, vol 4, nr. 4, aug. 1997, pp150-152.

Hinsby, K, Laier, T & Dahlgaard, J. 1997: Datering af grundvand – ved hjælp af CFC. Geologisk Nyt nr. 2, 1997. Erhvervsgruppen på Geologisk Institut, Århus Universitet.

Birgitte Hansen og Lærke Thorling, 2008: Interkalibrering af grundvandsprøvetagningen 2007, NOVANA. GEUS rapport. [link til interkalibreringsrapport](#)

Relevante links

Generelt om overvågning af natur og miljø findes på dette link på SGAV's hjemmeside: <https://sgav.dk/novana>

Metodedatablade fra referencelaboratoriet findes på dette link: [link til Metodedatablade](#)

JUPITER og borearkivets hjemmeside findes på dette link [link til borearkiv og JUPITER](#)

<http://www.grundvandsovervaagning.dk>

<http://www.jordforurening.info/>

GEUS, 2017: Datateknisk anvisning for grundvandsdata (DG-01-2). Kan også findes på SGAV's hjemmeside)

Liste over tilknyttede Tekniske anvisninger:

G1- Stationsnet, Teknisk anvisning for stationsnet Grundvand G3- Pejledata, Teknisk anvisning for det nationale pejlenet og pejlinger dG1- Datateknisk anvisning grundvand.

Alle tekniske anvisninger kan findes via GEUS hjemmeside, i takt med at de færdiggøres

6 Bilag

Bilag 6.1 Pumpeskema til hhv. eldrevne pumper og montejustumper.

Pdf af disse pumpeskemaer kan downloades separat fra GEUS Hjemmeside, hvor de ligger sammen med denne Tekniske Anvisning.

Der er først et pumpeskema til en elektrisk pumpe og dernæst et pumpeskema til en montejustumpe.

Bilag 6.2 Udstyr til prøvetagningsbil.

I en prøvetagningsbil skal flg. Værktøj og udstyr være tilgængeligt:

- Håndværktøj: Skruetrækkere, fastnøgler bidetang mv.
- Fitting og overgange til forskellige afgangshaner på vandværker
- Filteringsudstyr
- Køleenhed til prøver
- Slanger til såvel pumper, afgangsslanger overgange mv
- Slangevogn
- Servietter
- Demineraliseret vand
- Gummihandsker forskellige størrelser
- Manuelle pejlere
- Ekstra batterier til udstyr
- Strømforsyning og styreboks til pumper
- Trykflasker med nitrogen til prøvetagning af montejustpumper
- Evt. trykluftskompressor med luftfiltre

Ønskeligt udstyr:

- Letvægts campingbord
- Buskrydder (elektrisk)

Bilag 6.3. Oversigt over regler for prøvehåndtering mv. af hovedbestanddele og sporstoffer.

Analysemetoder, prøvetagning osv., skal følge referencelaboratoriets metodedatablade. Valg af analysemetode og prøveflasker samt konserveringsteknik og prøveopbevaring er laboratoriets ansvar, hvor laboratoriet skal tage udgangspunkt i anvisningerne i referencelaboratoriets metodedatablade.

Ingen organiske stoffer filtreres. Kun PFOS indgår i denne tabel.

Tabellen i dette bilag angiver derfor alene forhold, der er relevant for prøvetagning og kvalitetssikring af data.

Hovedbestanddele.

Stof	Specielle problemer vedr. pumpetype og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad, Forbehandling, konservering	Resultat angives som
Aggressiv kuldioxid	Sugepumper må ikke anvendes	Nej	Se metodedatablad, M031. Calciumcarbonat er tilsat prøveflasken på laboratoriet før feltarbejdet.	mg/l (agg.) CO ₂
Ammonium	Sugepumper og pumper, der medfører en iltning af vandet, må ikke anvendes	Ja	Se metodedatablad.	mg/l NH ₄ ⁺
Hydrogenkarbonat		Ja		mg/l HCO ₃ ⁻
Calcium		Ja		mg/l Ca ⁺
Klorid		Kan filtreres		mg/l Cl ⁻
Fluorid		Kan filtreres		mg/l F ⁻
Ilt	Pumper, der anvender sugepumpetype må ikke anvendes	Nej	Se metodedatablad. Skal udføres som Feltanalyse	mg/l O ₂
Inddampningsrest		Ja		mg/l
Jern, total, opløst	Pumper, der medfører en iltning af det oppumpede	JA.	Laboratoriet tilsætter evt. syre til prøveflasken før prøvetagning.	mg/l Fe

Stof	Specielle problemer vedr. pumpe type og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad, Forbehandling, konservering	Resultat angives som
	vand må ikke anvendes			
Kalium		Kan filtreres		mg/l K ⁺
Konduktivitet Ledningsevne		Nej	Skal udføres som feltanalyse	milliS/m
Magnesium		Ja		mg/l Mg ⁺⁺
Mangan	Pumper, der medfører en iltning af det oppumpede vand må ikke anvendes	Ja.	Laboratoriet tilsætter evt. syre til prøveflasken før prøvetagning.	mg/l Mn ⁺⁺
Metan	Pumper, der anvender sugepincip må ikke anvendes	Nej		mg/l CH ₄
Natrium		Kan filtreres		mg/l Na ⁺
Nitrat		Ja	Se metodedatablad.	mg/l NO ₃ ⁻
Nitrit		Nej	Se metodedatablad.	mg/l NO ₂ ⁻
NVOC Ikke flygtigt organisk kulstof	Oliesmurte pumper må ikke anvendes	Kan filtreres	Laboratoriet tilsætter evt. syre til prøveflasken før prøvetagning.	mg/l C
Ortho-fosfat, opløst		Ja	Se metodedatablad.	mg/l PO ₄ -P
pH	Pumper, der anvender sugepincip må ikke anvendes	Nej	Se metodedatablad, M050. Feltanalyse	pH enheder
Total fosfor, opløst		Ja	Se metodedatablad. Laboratoriet tilsætter evt. syre til prøveflasken før prøvetagning.	mg/l P
Siliciumdioxid.		Ja	Se metodedatablad. Laboratoriet tilsætter evt. syre til prøveflasken før	mg/l SiO ₂

Stof	Specielle problemer vedr. pumpetype og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad, Forbehandling, konservering	Resultat angives som
			prøvetagning.	
Sulfat		Kan filtreres		mg/l SO ₄ ²⁻
Svovlbrinte	Pumper, der anvender sugepprincip må ikke anvendes	Nej	Kan udføres som feltanalyse eller Laboratorieanalyser	mg/l H ₂ S

Organiske mikroforureninger. Alle stoffer angives med enheden µg/l.

Stof	Specielle problemer vedr. pumpetype og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad, Forbehandling, konservering	Resultat angives som
PFAS, Perfluorerede alkylsyrerforbindelser	Teflon må IKKE anvendes ved prøvetagning	Nej	Se metodedatablad, M068.	Specifikke stof Enhed µg/l
Alle øvrige stoffer		Nej		Enhed µg/l

Uorganiske sporstoffer. Alle angives med enheden µg/l.

Stof	Specielle problemer vedr. pumpetype og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad Forbehandling og konservering
Aluminium	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.

Stof	Specielle problemer vedr. pumpe- type og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad Forbehandling og konservering
Antimon		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Arsen	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Barium	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Beryllium			Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Bly	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Bor	Udstyr af plast skal anvendes	Kan filtreres.	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Bromid		Kan filtreres	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Cadmium	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Krom, total	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Kobolt	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Cyanid (total)		Nej	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Iod (total)		Ja	Se metodedatablad, M050. Ingen konservering.
Iodid		Nej	Ingen konservering.

Stof	Specielle problemer vedr. pumpe- petype og prøvetagningsudstyr	Filtrering	Metodedatablad Forbehandling og konservering
Kobber	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Kviksølv		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Litium		Kan filtreres	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Molybdæn	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Nikkel	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Selen		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Strontium	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Sølv		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Tallium		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Tin		Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Vanadium	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.
Zink	Pumper som medfører iltning af det oppumpede vand, må ikke benyttes	Ja	Laboratoriet kan tilsætte syre til prøveflasken før prøvetagning.

www.geus.dk

<https://www.geus.dk/vandressourcer/overvaagningsprogrammer/grundvandsovervaagning/>



GEUS