

KRAVSPECIFIKATION

JORDBUNDSUNDERSØGELSER TIL ANLÆGSARBEJDE, KRAV TIL UDFØRELSE BILAG 2 BOREHULSLOGNING

Rev.	Revisionsdato	Emne (ændring)
0	20.10.2016	Første udgivelse
1	-	-
2	28.11.2017	-
3	26.08.2020	Generel opdatering af hele kravspecifikationen
4	12.12.2021	Kun opdatering af bilag 3
5	06.12.2023	Generel opdatering af hele kravspecifikationen

KRAVSPECIFIKATION

Nærværende bilag indeholder retningslinjer og krav til udførelse af borehulslogning, som skal læses som tillæg til HOFORs kravspecifikation for jordbundsundersøgelser til anlægsarbejde (JOR 101), der forudsættes bekendt. Der henvises især til følgende delafsnit og bilag:

Afsnit 2.1	Standard typer af boringer og undersøgelser Hertil Bilag 1 - Standard typer af boringer og undersøgelser (JOR 101 B1)
Afsnit 3.7	Filtersætning Hertil Bilag 3 – Filtersætning (JOR 101 B3)
Afsnit 3.9	Borehulslogning
Afsnit 4.5	Borehulslogning

Bilag 2 og tabel 1 beskriver de forskellige typer af sonder og deres anvendelighed samt retningslinjer i forhold til udførelse i filtersatte boringer og/eller åbne boringer og angiver således en samlet beskrivelse af mulige borehulslogningstyper.

Det aktuelle omfang af borehulslogning, som ønskes udført, vil fremgå af udbudsmaterialet eller specifikationen for undersøgelsen.

Tabel 1: De enkelte logtypers udførelse i relation til boringens udførelse/stade.

Borehulslogning type	DTH Åben boring i kalk	Kerneboring Inden upreaming	Kerneboring Efter upreaming	Filtersat boring
Naturlig gamma log	x	x	x	x
Caliper log	x	x	x	(x)*
Fokuseret resistivitet log	x	x		
Gamma-Gamma densitets log	x	x		
Neutron-Neutron porøsitet log	x	x		
Sonic log	x	x		
Akustisk televiwer*	x	x		
Optisk televiwer*	x	x		
Elektromagnetisk induktion (ledningsevne i formation)				x
Ledningsevne - og temperatur log (borehulsvæske)	x		x	x
Flow-log	x		x	x

Note: * Kan også anvendes i filtersatte boringer. I givet fald er det for at tjekke filtersætningen og ikke formationen.

KRAVSPECIFIKATION

1 Generelle krav

1.1 Brug af radioaktive kilder til logning

Ved brug af radioaktive kilder skal alle forskrifter for transport, anvendelse og opbevaring af radioaktive kilder fra Statens Institut for Strålehygiejne (SIS) overholdes. Forskrifter for afspærring af arbejdsområde og sikkerhedsafstande til offentligt tilgængelige områder skal overholdes.

I tilfælde af uheld, som involverer radioaktiv stråling, skal SIS altid kontaktes samt også HOFORs egen sikkerhedsansvarlige.

1.2 Kalibrering af udstyr

Kalibrering af sonder skal kunne dokumenteres forud for start af en borehulslogning kampagne. Seneste kalibrering må ikke være ældre end 3 måneder.

1.3 Referenceniveau

For at undgå manuelle fejl i forbindelse med optagelse og efterfølgende eventuelle dybdekorrektioner, skal alle logs måles i meter under terræn (m.u.t.). Hvis der er forhold, som giver anledning til forkerte dybdemålinger, skal der korrigeres herfor, og det skal anføres i feltskemaet, hvad det er, og hvordan der er korrigeret. Eksempelvis kan anvendelse af isolering på nederste del af loggingkablet (ved brug af resistivitetslog) betyde, at målehjulet på spillet ikke måler dybden korrekt, hvorfor det vil være nødvendigt at korrigere for dette. Hvis top af blindrør anvendes som reference for sonderne, skal der korrigeres, således at målingerne refererer til terræn. Afstanden mellem top af blindrør og terræn skal altid måles og noteres ned i felten. Position og terrænkote skal indmåles med GPS i forbindelse med borehulslogning. De udførte logs skal altid præsenteres i både m under terræn og koter i forbindelse med afrapportering. Usikkerheden på koten skal angives.

1.4 Sampleinterval

Alle logs med undtagelse af Sonic log skal optages med et sampleinterval på 1 cm. Der må ikke foretages filtrering af rådata inden lagring.

1.5 Logretning

Alle logs skal optages nedefra og op for at få den mest stabile kørsel i borehullet. Undtaget herfra er flowlog samt temperatur- og ledningsevnelogs, som normalt skal optages oppefra og ned.

KRAVSPECIFIKATION

1.6 Loghastighed

Generelt gælder, at sonderne skal køres med en konstant hastighed på maksimalt 6 m/min, for gamma sonden dog maksimalt 3 m/min.

1.7 Repeat-strækninger og krydstjek

For flowlog skal der optages minimum 2 ens (visuel inspektion i felten) logs over hele logstrækningen (ens logningretninger), for at en given log kan accepteres. Dette gælder også basisflow logning.

For alle øvrige logs (undtagen temperatur/ledningsevne) udføres en repeat-strækning på 20 m fra bunden af boringen og op. Med repeat-strækning menes der en strækning af boringen, hvori en given log køres igen for validering af resultaterne. Er logstrækningen mindre end 20 m, gentages loggen der, hvor det er muligt, dvs. over hele logstrækningen. Repeat-strækningen og den gældende log skal ved visuel inspektion være ens, for at en given log kan accepteres. Feltploet af gældende og repeat log vedlægges ved afrapportering af det udførte arbejde.

Krydstjek af logtyper: Som supplement til sammenligning af repeat-strækninger, skal der udføres krydstjek for kontrol af målingskonsistens mellem de enkelte logtyper. Derudover skal de forskellige logtyper sammenholdes med kaliperloggen for at tjekke, om eventuelle kaviteter kan have givet anledning til anormale værdier.

2 Specifikke krav

2.1 Fokuseret resistivitetslog

Tilstedeværelse af stålborerør i toppen af en boring vil påvirke de øverste meter af målingen i den åbne del af boringen op mod stålborerøret. Ikke brugbare data skal fjernes i forbindelse med afrapportering.

2.2 Elektromagnetisk induktionslog (Ledningsevne i formation)

Elektromagnetisk induktionslog kan anvendes i såvel åbne som forede/filtersatte sektioner, så længe filter eller forerør ikke består af elektrisk ledende materiale. Al tilstedeværelse af elektriske ledende materiale som stål-forerør eller filterstyr af metal vil påvirke målingerne i det pågældende interval. Ikke brugbare data skal fjernes i forbindelse med afrapportering, inklusive peaks relateret til filterstyr af metal.

Der skal anvendes ikke metalliske centraliseringsstyr til elektromagnetisk induktionssonde.

KRAVSPECIFIKATION

2.3 Neutron-Neutron porøsitet log

Sonder til porøsitetmålinger benytter en aktiv neutronkilde, som udsender kraftig radioaktiv stråling herunder neutroner.

Neutronerne "bremses op" af brintatomerne i formationens porevand, hvorved formationens porøsitet kan beregnes. Sonden giver derfor kun brugbare resultater, når porerummene er udfyldt med vand.

2.4 Gamma-Gamma densitets log

Sonder til densitetsmålinger benytter en aktiv gammakilde.

Der kan ikke udføres brugbare densitetsmålinger gennem blindrør eller filterrør af PVC/PE eller stål.

2.5 Ledningsevne- og temperaturlog

Sonden til ledningsevnen og temperatur skal altid køres som den første i et borehulslogging-program. For at måle på en uforstyrret væskesøjle skal den første nedadgående sondekørsel anvendes. Endvidere skal boringen have været i ro (dvs. uden pumpning eller borearbejde) i minimum 12 timer (f.eks. natten over).

Udføres der flowlog, bør der samtidig udføres en ledningsevne- og temperaturlog under pumpningen til at understøtte tolkningen af flowloggen.

2.6 Kaliperlog

Kaliperarmen (eller -armene hvis sonden har flere) skal have en minimum rækkevidde af 1,5 gang den teoretiske boringsdiameter (boreudstyrets udvendige diameter).

2.7 Flowlog

For at sikre at vandspejlet i boringen er i ro, før flowlog iværksættes, skal vandspejlet i boringen måles og være stabilt. Rovandspejlet skal noteres på feltjournalen.

Jf. afsnit 1.7 skal der for alle flowlogs optages minimum 2 ens logs over hele logstrækningen.

Flowlog-sonden skal kunne registrere flowhastigheder ned til 2 m/min. Sonden skal være forsynet med et centraliseringsudstyr.

Det skal sikres, at flowlog-sondens propel kan bevæge sig (rottere) uhindret. Sonden skal kalibreres for tilsyneladende flowhastighed betinget af sondens nedsænkningshastighed og

KRAVSPECIFIKATION

stempелеffekt. Der skal benyttes minimum en tre-punkts kalibrering (dvs. propelrotationen registreres ved 3 forskellige sondehastigheder, f.eks 3, 6 og 9 m/min) for hver enkelt boring.

Der skal udføres en basis flowlog uden pumpning med nedsænkningshastighed 6 m/min.

Efter optagelse af basis flowloggen påbegyndes en konstant oppumpning i boringen, med pumpen placeret over flowlog-sonden. Selve flowloggingen skal udføres ved konstant pumpeydelse og må først påbegyndes, når afsænkning af pumpevandspejlet i boringen er mindre end 1 cm/min. Efter flowlogging og inden pumpen stoppes, måles og noteres vandspejlet i boringen igen.

Pumpeydelsen skal måles kontinuerligt ved hjælp af magnetisk induktiv flowmåler eller kalibreret mekanisk flowmåler. Pumpeydelsen og forerørets diameter noteres i feltskemaet. Efter flowlogging og inden pumpen stoppes, måles og noteres vandspejlet i boringen igen.

Flowloggen skal udføres med nedsænkningshastighed 6 m/min og skal starte 3 til 4 m over filterstrækningens start (filtersatte boringer) eller 3 til 4 m over bunden af forerør (åbne boringer).

For at sikre en optimal registrering af selv mindre indstrømningshorizonte, bør flowhastighed (vandets vertikale strømningshastighed) være så høj som muligt, dvs. der skal anvendes så høj pumpeydelse som muligt. Den vertikale strømningshastighed skal være mindst 0,5 gange sondens egen hastighed. For en boringsdiameter/filterør med diameter 150 mm svarer det til en minimum pumpekapacitet på 3,2 m³/t. Det skal altid begrundes, hvis der er anvendt lavere pumpeydelse. Hvis denne mindste ydelse ikke er praktisk mulig som følge af for stor afsænkning, kan flowloggingshastighed nedsættes, dog ikke til under 3 m/min. Hvis der stadig ikke kan opnås tilstrækkelig flowhastighed, skal det overvejes om der i stedet for at pumpe fra boringen skal injieres vand i boringen og logges nedefra og op.

Injektion af vand kan ligeledes finde anvendelse, hvis flowloggens propel forstyrres af sediment i vandsøjlen.

Flowlog skal altid korrigeres for sondens egenhastighed og diametervariationer. For åbne boringer udføres diameter korrektion på basis af kaliperlog og den aktuelle pumpeydelse. For filtersatte boringer udføres diameter korrektion på basis af filterrørets indvendige diameter og den aktuelle pumpeydelse.

2.8 Sonic log

Sonic log skal kun udføres i åbne boringer. Sonic log sonden skal være forsynet med centraliseringsstyr.

Sonic log skal optages med en sampleafstand af 5 cm eller mindre og logningshastigheden tilpasses hertil. Logningshastighed må ikke overstige 6 m/min.

2.9 Optisk televiewer

Ved optagelse med optisk televiewer skal der benyttes centraliseringsstyr. Optisk televiewer skal udføres under forhold med så god sigt i boringen som muligt. Som minimum skal boringen stå i ro 12 timer (f.eks. natten over) forud for kørslen med sonden, alternativt kan der tilsættes

KRAVSPECIFIKATION

miljøgodkendte flokuleringsmidler til bundfældning af suspenderet stof i boringen. Optisk televiewer kan ikke udføres i boringer udført med bentonitbaseret boremudder, ligesom anvendelsen af polymer under kerneborearbejdet ikke let bundfældes.

Det er også muligt at udføre den optiske televiewer i forbindelse pumpning fra boringen for at fjerne suspenderet stof i boringen.

Logningshastighed skal tilpasses, så der opstår kvadratiske pixels og en opløsning på 1 x 1 mm eller bedre.

Data skal leveres som 360⁰ digitale billedfiler orienteret i forhold til magnetisk nord.

2.10 Akustisk televiewer

Ved optagelse med akustisk televiewer skal der benyttes centraliseringsstyr. Akustisk televiewer kan udføres i boringer udført med bentonitbaseret boremudder.

Logningshastighed skal tilpasses, så der opstår kvadratiske pixels og en opløsning på 2 x 2 mm eller bedre.

Data skal leveres som 360⁰ digitale billedfiler orienteret i forhold til magnetisk nord.