



# Tre metoder til vurdering af nedsvivningskapacitet i moræneler

Når man dimensionerer et LAR-anlæg, har man brug for at kende jordens evne til at modtage vand. Den er sværest at vurdere på leret moræne, fordi jordbunden varierer inden for korte afstande og nedsvivningsevnen generelt er lav. Derfor er det ekstra vigtigt med korrekt måling af nedsvivningskapaciteten, der kan udføres med tre forskellige metoder.

Et LAR-anlæg til nedsvivning af afstrømmende regnvand kan f.eks. bestå af et regnbed, en nedsvivningsplæne eller en faskine. Ved dimensioneringen af anlægget har man brug for et mål for jordens hydrauliske ledningsevne, dvs. dens evne til at modtage og nedsive vandet, også kaldet gennemsvivlighed. Det er svært at vurdere gennemsvivligheden i jord, der ligger på moræneler, som dækker over 40 % af Danmark. Her er den hydrauliske ledningsevne generelt lav, men stedvis højere, da de geologiske forhold varierer meget inden for korte afstande. Korrekt måling er derfor mere kri-

tisk end på sandjord. Her gennemgås tre forskellige metoder til vurdering af jordens nedsvivningsevne.

## Umættet og mættet ledningsevne

Når vand siver ind i jord, er der i starten tale om *umættet* strømning. Vandet suges ind i jorden på grund af jordens kapillarkræfter: jorden virker som en svamp, fordi de fine porer i jorden har hårrørvirkning. Efterhånden som de små porer i jorden fyldes med vand, og kapillarkræfterne dermed udlignes, bliver strømningen *mættet*. Den drives alene af tyngdekraften, hvorefter det er jordens system af større porer, der bestemmer, hvor hurtigt nedsvivningen foregår. Så længe jorden er umættet, opsuges vandet hurtigere, end når der er tale om mættet strømning.

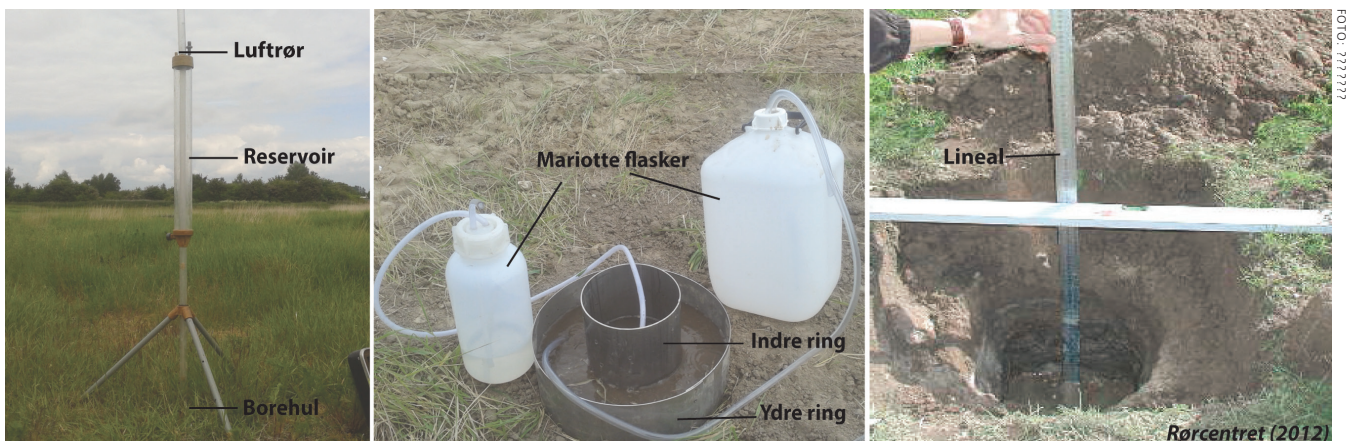
LAR-anlæg dimensioneres efter mættet hydraulisk ledningsevne. Det skyldes, at man ikke kan være sikker på, at kapillarkræfterne er aktive, når den dimensionsgivende

regn, f.eks. 5-årsregnen, kommer. I praksis betyder det, at man under vurderer jordens evne til at opsuge vandet. Det kan være en del af forklaringen på, at LAR-nedsvivningsanlæg ofte fremstår overdimensionerede. Hydraulisk ledningsevne betegnes  $K$  og  $K_{sat}$ , hvis der er tale om mættet hydraulisk ledningsevne (sat = saturated = mættet).

## Vandtryk over jorden

Vandtransport i mættet jord afhænger ikke kun af jordens porestruktur, men også af det eventuelle vandtryk over jorden, det såkaldte »head«. Jo større head, jo større er gradienten over jorden og desto hurtigere presses vandet gennem jorden. Sammenhængen fremgår af Darcys lov:  $q = i * K_{sat}$ . Den siger, at vandtransporten pr. tværsnitsareal pr. sekund  $q$  ( $m^3/m^2/s$ ) er ligefrem proportionalt med mættet hydraulisk ledningsevne  $K_{sat}$  (m/s) og gradienten  $i$  (m/m). Gradienten måles som højden af vandsøjlen (head) divideret med afstanden fra

Figur 1. Metoder til måling af mættet hydraulisk ledningsevne, som alle er velegnet til LAR. Fra venstre: Guelph-permeameter, dobbelt-ring-infiltrometer (constant head-metode) og nedsvivningshul. Målearealet, og dermed den geologiske uensartethed, som hver metode tager højde for, stiger fra venstre mod højre. Til gengæld går målingerne hurtigere og bruger mindre vand fra højre mod venstre.



infiltrationspunktet (jordoverfladen) til den drædybde, man ser på.

Hvis der ikke er frit vand på overfladen, er gradienten 1 og vandtransporten dermed lig den hydrauliske ledningsevne. Ved måling af mættet hydraulisk ledningsevne  $K_{sat}$  opbygges altid en vandsøjle over jorden (head), hvilket der skal korrigeres for i den efterfølgende beregning af  $K_{sat}$ .

Generelt er jordens hydrauliske ledningsevne størst ved jordoverfladen. Det skyldes dels en mere løs jordstruktur, dels større fordampning, som giver mere umættet strømning. LAR-anlæg bør derfor så vidt muligt placeres på jordoverfladen i form af et f.eks. et regnbed eller en nedsivningsplæne – eller overfladenært i form af en terrænfaskine eller en »pindsvinefaskine« (se Videnblad 04.03-10).

### #1: Guelph-permeameter

Et Guelph-permeameter består af en hul cylinder på ca. 5 cm i diameter. Den stikkes ned i den jorddybde (15-75 cm), målingen ønskes foretaget i og fyldes med vand. Der opretholdes et konstant vandspejl i cylinderen (constant head) ved brug af Mariotte-flaske. Vandet opsuges og spredes i første omgang ud i jorden omkring cylinder-mundingen. Efterhånden bliver jorden vandmættet, og strømmingen bliver primært rettet nedad. Når der er opnået stabile forhold, foretages målingen ved andet vandspejlsniveau (head). Da udsivningsarealet er lille, er det kun nødvendigt at bruge en lille vandmængde (ca. 2 l), og mættet strømning opnås hurtigt. I en uensartet jord er det til gengæld nødvendigt at foretage mange målinger, fordi hver enkelt måling kun dækker et lille areal, hvor makrostrukturer ikke fanges hver gang.

### #2: Dobbeltring-infiltrrometer

Dobbeltring-infiltrrometeret består af to metalringe, nemlig en lille in-

dre ring (f.eks. 15 cm i diameter og 20 cm høj) og en større ydre ring (f.eks. 40 cm i diameter og 20 cm høj). De trykkes begge ca. 5 cm ned i jorden. Bagefter fyldes ringene med vand til samme niveau. Formålet med den ydre ring er at etablere nedadrettet strømning fra den lille indre ring og dermed minimere den horisontale strømning og randeffekten, dvs. horisontal udstømning. Ved hjælp af Mariotte-flasker opretholdes et konstant vandspejl (constant head) i begge ringe. Vandstandsændringer i den Mariotte-flaske, der forsyner den indre ring, registreres over tid. Når der er stabile forhold, foretages målingen. Målingen gentages ved andet vandspejlsniveau (head).

Mættet hydraulisk ledningsevne kan også bestemmes med falling head-metoden, hvor vandstanden falder i begge ringe, og hvor faldet i den indre ring registreres og bruges til beregningen. Metoden har den fordel, at den både kan bruges i jorde med lav hydraulisk ledningsevne og i jorde med høj hydrauliske ledningsevne. Det skyldes, at vand hurtigere kan fyldes i manuelt end med Mariotte-flaskesystemet.

Dobbeltring-infiltrrometeret er en traditionel, veletableret metode til at bestemme mættet hydraulisk ledningsevne direkte på eller tæt ved jordoverfladen. Metoden dækker et større areal og indfanger bedre eventuelle makrostrukturer end Guelph-permeameteret. Til gengæld skal man bruge betydelige mængder vand, og det tager længere tid, før målingen er stabil. Det kan være nødvendigt at skrabe noget af jordoverfladen af, hvis LAR-anlægget skal placeres i en vis dybde. Det er vigtigt at undgå udtværing af lerpartikler (smearing) og dermed tilstopning af eventuelle makrostrukturer.

### #3: Nedsivningshul

I Danmark er nedsivningstest via et lille gravet hul i jordoverfladen en

almindelig brugt metode til at måle mættet hydraulisk ledningsevne. Man graver et hul på 25 x 25 cm med en dybde på 30-50 cm (eller den dybde, målingen ønskes foretaget i, dog mindst 20 cm). Hullet fyldes med vand og holdes fyldt den første halv time. Herefter måles, hvor meget vandet synker på 10 min., og der fyldes igen vand i op til jordoverfladen. Når synkehastigheden er ens ved to på hinanden følgende målinger, må man antage, at jorden er vandmættet. Derefter kan man foretage den endelige måling ved igen at registrere afstanden fra jordoverfladen til vandspejlet efter 10 min. Nedsivningshullet minder om dobbeltring-infiltrrometeret med hensyn til tid og vandforbrug. Fordelen er, at metoden ikke kræver special-udstyr. Randeffekten (horisontalt utilsigtet tab) vil være større, end hvis der benyttes en dobbeltring. Også her er det vigtigt at undgå udtværing af jordoverfladen.

### Valg af metode

LAR-nedsivningsanlæg bør placeres det sted på arealet, hvor den mættede hydrauliske ledningsevne er størst. For at indfange den hydrauliske variation, skal der foretages flere målinger, især hvis man bruger et Guelph-permeameter, der kun måler et lille areal. Man bør principielt måle mange gange forskellige steder på arealet, indtil gennemsnittet af målingerne ikke ændrer sig betydeligt. Jordens hydrauliske ledningsevne bør måles i den dybde, hvor udsivningen fra LAR-anlægget skal finde sted. Guelph-permeameteret kan let stikkes ned til den relevante dybde. De to andre metoder kræver, at jorden fjernes til større dybde, hvis man skal opnå et mere præcist mål for eksempelvis en faskines forventede kapacitet.

*Britta Bockhorn, GEO, bbo@geo.dk*

*Marina Bergen Jensen, IGN*

*Knud Erik Klint, GEUS, kesk@geus.dk*