

Danmarks jordbund

– passer vi på den?

Et case-baseret undervisnings-
materiale om jordforurening

VIDENCENTER FOR JORDFORURENING OG GEOGRAFILÆRERFORENINGEN FOR GYMNASIET OG HF
BIRGIT SANDERMANN JUSTESEN · LARS KAALUND · KIT JESPERSEN

Til læreren

Dette hæfte indeholder et case-baseret undervisningsmateriale om jordforurening. Materialet ligger primært som en online version på EMU'en. I online-versionen er de mange links interaktive. God fornøjelse med materialet.

Danmarks jordbund – passer vi på den?

– et case-baseret undervisningsmateriale om jordforurening ved VIDENCENTER FOR JORDFORURENING og GEOGRAFILÆRERFORENINGEN FOR GYMNASIET OG HF

Forfattere

Lars Kaalund, Kit Jespersen, Birgit Sandermann Justesen
Tak til Peter Steffen Rank, Bent Valeur, Kim Pierri for projektdeltagelse
Tak til kollegerne Anders Grosen, og Christian Skipper fra Rosborg Gymnasium og HF samt Jens Korsbæk og Sommer Raunkjær fra Københavns VUC for inspiration og materiale.
Tak til Oliebranchens Fællesråd, Thomas Blume MærskOil, Faculty of Agricultural Sciences – Århus Universitet

Kilder

Elsebeth Sanden m.fl.: Alverdens Geografi, Geografforlaget 2004
Robyn Johnson, Gretchen Stahmer DeMoss, and Richard Sorensen: Earth Science with Vernier, ISBN: 978-1-929075-46-1
GO Naturgeografi – Jorden og mennesket
red. Anne-Lise Lykke-Andersen m.fl., Geografforlaget 2007

Links

<http://www.jordforurening.info/brancher.php>
– om jordforureninger og benzinstationer (side 10)

Layout & opsætning: Lisbet Lavaud

Tryk: Danske Regioner

Oplag: 1.000

Forsidefoto fra Hestehave ved Rønde – kalkholdig morænejord:

Per Nørnberg, Geologisk Institut Århus Universitet

ISBN trykt udgave: 978-87-7723-696-9 · netversion: 978-87-7723-697-6

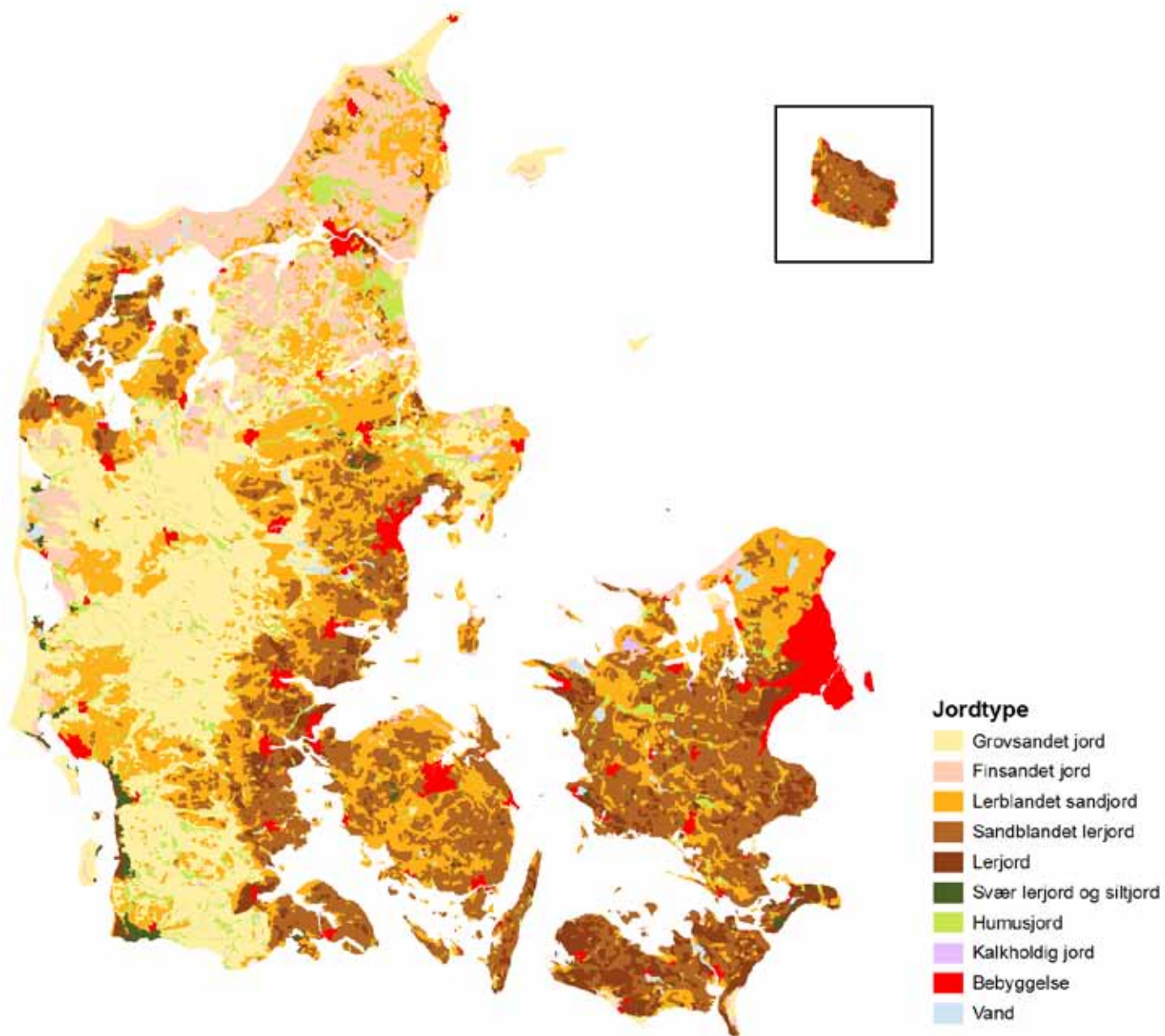


Indhold

Indledning	4	
Jordforurening – en opgave for regionerne	6	
Hvad går denne opgave ud på?	7	
Cases	8	
1. Overblik	8	
2. Historiske oplysninger og erfaringer	10	
3. Feltundersøgelse	11	
4. Laboratorieundersøgelse	11	
5. Vurdering af forureningsspredning	12	
Jordbundsprøver	15	
<i>Feltarbejde</i> Jordbundsprofilet	16	
<i>Laboratoriearbejde</i> Jordbundsanalyser – sigteanalyse	17	
	Olies migration i sand	19
	Vands bevægelse i jord	20
	Jordens kalkindhold og pH	22
	Jordens fugtbindende evne – markkapacitet	24
	Jordens fugtighed – med Vernier Soil Moisture Sensor	25
	Jordens pH	26
	Jordens indflydelse på sur nedbør	27
	Jordens indhold af organisk stof	28
	Jordens salinitet/ledningsevne	29
	Elektrisk modstand i jord – Wenner-metoden	30
	Jordens nitratindhold	33
	Jordens fosfatindhold	34
	Vands og jords kaliumindhold	35

Jordbund defineres som de øvre løse jordlag, der er påvirket af plantevækst og jordbundsdannelse. Under jordbunden findes den uomdannede mineraljord.

Kilde: DJFgeodata



Kort: Dept. of Agroecology and Environment, Aarhus Universitet
 Danmarks Jordbrugsforskning: djf@agrsci.dk



Fotos: Per Nørnberg
 og Videncenter for Jordforurening
 Tv: Jordprøver i forseglede,
 lufttætte poser
 Th: Udsnit af profil fra Hestehave
 ved Rønne, kalkholdig moræne

Indledning

Danmarks jordbund er resultatet af tidligere tiders geologiske og geomorfologiske processer samt årtusinders påvirkning af biologiske og geokemiske faktorer. Disse processer har skabt et varieret landskab med store regionale forskelle. Ikke mindst istidernes påvirkning har sat sig spor i landskabet.

I Vestjylland findes der store områder med sandede jorde, hvor landskabet under den sidste istid udgjordes af store smeltevandsletter foran det isdækkede østlige Jylland. Smeltevandet har efterladt velsorterede aflejringer. Mellem de sandede og grusede smeltevandsflader findes bakkeøerne, som er rester af morænelandskabet dannet under den forrige istid. Moræneaflejringer er usorterede blandinger af sten, grus, sand og ler.

I det østlige Danmark er det især moræneaflejringer fra den seneste istid, der dominerer, og her ser man, at moræneaflejringerne ofte indeholder kalk fra den danske undergrund.

Endelig findes der især i Nordjylland sandede eller lerede havbundsaflejringer, som har set dagens lys efter at landhævning har domineret siden stenalderen. Allerede i Fastlandstiden under Ældre stenalder blev dele af Yoldiahavets bund tørlagt.

De forskellige typer materialer udgør tilsammen mineraljorden. Mineraljorden udsættes hele tiden for forvitring under påvirkning af klimatiske faktorer, nedsivende vand, kemiske processer og i dag også menneskets påvirkning.

Efter at Danmark var blevet isfrit og temperaturen var blevet højere indvandrede der flere og flere planter og dyr. Med tiden er den øverste del af mineraljorden blevet omdannet og indeholder samtidig ikke helt nedbrudt dødt organisk materiale, humus. Den omdannede del af mineraljorden betegnes jordbund. Afhængig af mineraljordens sammensætning og de klimatiske forhold udvikles der efterhånden de forskellige jordbundstyper, som vi kender i dag.

Jordbunden består oftest af en række lag:

- Øverst de uomdannede planterester blandet med mineraljord
- Nedenunder findes et udvaskningslag
- Herunder et udfældningslag
- Under jordbunden findes den endnu uomdannede mineraljord

De to mest almindelige jordbundstyper i Danmark er muldjord og morbund. I muldjorden er der balance inden for humusfraktionen: Ved omdannelse af organisk materiale, som eksempelvis planterester, dannes lige så meget humus, som der forsvinder ved yderligere nedbrydning af humus. Muldjorden er udviklet, hvor der er moræneaflejringer iblandet kalk. I muldjorden trives regnorme og andre nedbrydere, og disse organismer er med til at omdanne planteresterne til humus. Jordbundstypen er luftig og med krummestruktur, hvilket betyder at den holder på vandet og dermed giver gode vækstbetingelser for planter. Morbunden findes typisk i egne, hvor der kun er lidt kalk i mineraljorden, hvilket betyder at jordbunden er mere sur. Det betyder igen, at der er færre planter, dyr og bakterier, der trives, hvilket igen betyder langsommere nedbrydning af planterester. Resultatet bliver et kompakt lag af unedbrudte planterester og at den nedsivende nedbør hurtigere vil trænge ned og under sin nedtrængning pga. den lave pH opløse nogle mineraler, som senere udfældes.

Samlet ses der således store regionale forskelle. Kig nærmere på jordbundskortet over Danmark **DJFgeodata** og søg mere viden om jordbunden og jordbundstyper i Danmark i lærebøger, leksika og på nettet.

Jordforurening – en opgave for regionerne

Danmarks 5 regioner har ansvaret for indsatsen over for jordforurening. Regionerne skal finde, undersøge og oprense de forurenede grunde. Formålet er at sikre rent drikkevand og menneskers sundhed.

Regionerne står bag dette projekt om jordforurening, og formålet er at vise, hvordan de geologiske, fysiske og kemiske fagområder indgår i det daglige arbejde med at fjerne forureningerne.

Regionerne kender på nuværende tidspunkt mere end 12.000 steder, hvor der er jordforurening, og de har kendskab til yderligere 12.000 steder, hvor der muligvis er forurenede. I langt de fleste tilfælde er der tale om små forureninger, som ikke er til fare for hverken grundvandet eller de mennesker, som bor og færdes på grundene. Men der er mere end 100 steder, hvor forureningen er så kraftig, at det vil koste over 10 mio. kr. hvert sted at fjerne risikoen.

Det er en vigtig samfundsopgave, regionerne løser, og i pjecen 'Jordforurening – en regional opgave' kan du læse mere om opgavens indhold, og hvordan regionerne arbejder. Se pjecen på:

jordforurening

I de følgende opgaver kan du selv prøve kræfter med jordforurening i dit lokalområde. Opgaverne bygger på faktiske oplysninger og problemstillinger, som regionernes medarbejdere håndterer til daglig kombineret med de faktiske jordbundsforhold omkring og under dit gymnasium.



Foto: Videncenter for Jordforurening

Hvad går disse cases ud på?

De følgende cases har til formål at vise, hvordan regionerne arbejder med jordforurening, fra det øjeblik, hvor de får kendskab til en mulig jordforurening, og til de har undersøgt forureningen første gang.

Det første, man skal gøre, er at danne sig et **overblik** over de geologiske, geografiske og fysiske forhold, både helt specifikt på lokaliteten, men også de regionale forhold.

Dernæst skal man indsamle de **historiske oplysninger** om lokaliteten, det vil sige, hvilke aktiviteter har der været på området. Det kan f.eks. være en gammel industrigrund eller en mindre igangværende virksomhed. Det gælder om at finde ud af, hvilke kemikalier der kan have været brugt på stedet, hvordan og hvor længe de har været brugt og ikke mindst, hvor der har været tanke, oplag og produktion med kemikalierne.

Planlægningen af **feltundersøgelsen** på lokaliteten er vigtig. På baggrund af de historiske oplysninger om kemikalier, produktionsforhold og forventningerne til geologi og grundvand i området planlægges en undersøgelse, der skal afdække, hvorvidt der er forurenede, med hvilke stoffer og i hvilken grad (koncentration).

Selve undersøgelsen udføres oftest ved, at der laves en række borer, hvorfra der indsamles jord- og vandprøver. Antallet, placeringen og dybden af borerne afhænger af geologien, og det kendskab man har til forureningen. Der sker altid en afvejning af de omkostninger, der er forbundet med at udføre undersøgelsen, og den risiko, man på forhånd forventer, at forureningen udgør. Er der f.eks. tale om et parcelhus, hvor der har været en tank med fyringsolie, vil man typisk lave en enkelt boring til 3-4 meters dybde, der hvor tanken var placeret. Man vil også udtage 2-3 jordprøver og en vandprøve til

laboratorieanalyse for indhold af olie. Omkostningerne vil typisk ligge omkring 15-20.000 kr. for en sådan undersøgelse. Omvendt vil en undersøgelse af et gammelt renseri, hvor man har brugt giftige rensesæsker^{*1}, typisk omfatte 5-10 borer, som føres ned til grundvandet, og en række kortere borer, der skal vise, om rensesæskerne damper op til overfladen. Udgifterne til den slags undersøgelser løber let op i over 100.000 kr. Konklusionen er, at borer og analyser er dyre, derfor er regionerne altid meget omhyggelige med de historiske undersøgelser og planlægningen af undersøgelsesprogrammet. Endelig spiller regionernes erfaring ind, både når det gælder den lokale geologi og undersøgelser af lignende forureninger.

Når den pågældende region derefter sammenstiller alle de historiske oplysninger og deres viden om geologi og grundvand i området med resultaterne af de analyser, der er udført på jord- og vandprøverne, laver de en risikoanalyse. Det er som sagt tidligere ikke alle forureninger, der udgør en risiko for grundvandet eller for de mennesker, der færdes på lokaliteten. Derfor laver man en risikoanalyse, som beskriver, om forureningen truer grundvandet og/eller er til direkte fare for de mennesker, som opholder sig på stedet. Udgør forureningen en risiko, arbejder regionerne videre med at oprense forureningen, er der ingen aktuel risiko fra forureningen, registrerer regionerne lokaliteten som forurenede, så man undgår, at jorden sidenhen graves op og flyttes til et sted, hvor den kan udgøre en risiko.

**1. Rensevæske: Tetrachlorethylen – kaldes også tetrachlorethen, perchlor eller blot PCE. Det er et opløsningsmiddel, der indeholder chlor. I Danmark bruges det som rensesæske i renserierne. Stoffet har siden 1976 været opført på Miljøstyrelsens liste over farlige stoffer, idet det anses for at være kræftfremkaldende.*

JORDFORURENING

I de følgende cases skal I arbejde med de forskellige trin, der indgår i regionernes arbejde med undersøgelser af forurenede grunde. I skal i undervisningsforløbet arbejde med de opgaver, der er beskrevet i de forskellige cases her i hæftet og efterfølgende binde jeres egne felt- og laboratorieøvelser sammen med regionernes forureningsundersøgelser.

Opgaverne tager udgangspunkt i forureninger med benzin og diesel.

Opgaverne omfatter følgende elementer:

1. Overblik
2. Historiske oplysninger og erfaringer
3. Feltundersøgelser
4. Laboratorieundersøgelser
5. Vurdering af forureningsspredning/risikoanalyse

CASE 1

OVERBLIK

I den første case skal I se på, hvor mange forurenede grunde der er i jeres lokalområde, hvilken geologi der kan forventes at være under gymnasiet, og hvilke grundvandsinteresser der er i området.

OPGAVE 1

- 1.1 Ligger gymnasiet i et område med områdeklassificering?
- 1.2 Hvor mange V1-kortlagte lokaliteter er der inden for en radius af 1 km fra gymnasiet?
- 1.3 Hvor mange V2-kortlagte lokaliteter er der inden for en radius af 1 km fra gymnasiet?
- 1.4 Er der grundvandsinteresser under gymnasiet?

VEJLEDNING

For at finde forurenede grunde i nærheden af jeres gymnasium skal I gå ind på hjemmesiden:

<http://kort.arealinfo.dk/>

Zoom herefter ind på jeres by/bydel og sæt et flueben i 'Jordforurening' i venstre frame. I kan nu se, at der findes 3 forskellige klasser af jordforurening - hhv. V1, V2 og områdeklassificering. Klik på teksten og læs forklaringen.

Prøv ved hjælp af zoomknappen at placere gymnasiet i centrum af kortet og indstil kortudsnittet til at vise et udsnit på ca. 2x2 km.

Sæt flueben i 'Grundvand'. Undersøg hvilke temaer der nu vises, brug 'I' (Infoknappen) til at læse, hvad de forskellige temaer viser.

TIP: Har man valgt for mange temaer, arbejder systemet langsomt, og man kan ikke overskue de mange farver, der er på skærmen - sluk derfor de temaer, I **ikke** skal bruge.



Foto: Videncenter for Jordforurening

Nu har I set på jordforureninger og grundvand i gymnasiets nærhed. Næste skridt er at finde ud af, hvilken geologi der kan forventes under gymnasiet og derefter finde ud af, om der sker indvinding af grundvand i nærheden.

OPGAVE 1 – fortsat

- 1.5 Hvilke jordlag vil I forvente at finde i de øverste 5 meter på det sted hvor gymnasiet ligger.
- 1.6 Hvor langt er der fra gymnasiet til den nærmeste vandindvindingsboring?
- 1.7 Hvilken dybde indvindes der vand fra, se efter filterplacering *2?
- 1.8 Gentag søgningen for de nærmeste 5 indvindingsboringer.
- 1.9 Der er meget store variationer i de oplysninger, der findes om hver enkelt boring, og I skal prøve nogle stykker (mindst 10) for at få et indtryk af variationerne, og samtidig skal I på et kort i passende målestok markere boringen og notere, hvilke jordlag der er fundet i boringen.

*2 For at kunne få vand op fra de vandførende jordlag sætter man et tæt stålrør fra overfladen og ned i det vandførende lag. I det nederste stykke af røret er der skåret en række tynde slidser, som tillader vand, men ikke sand og grus, at strømme ind i røret. I samme dybde som slidserne placeres en pumpe, som kan pumpe vandet op til overfladen. Det slidsede stykke stålrør kaldes et 'filter', og 'filterplaceringen' er den stækning, som er slidset, eksempelvis angivet ved 25-30 meter under terræn.

VEJLEDNING

Oplysninger om boringer findes i borearkivet fra De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) www.geus.dk. Gå ind under 'Selvbetjening'; under afsnittet 'Jupiter' vælges 'Find data via kort'.

Start med at zoome ind på 2x2 km omkring gymnasiet, inden I henter data. Sæt flueben i feltet 'Boringer' og tryk opdater. Tryk på 'Legende' nederst

i billedet, og I kan nu se de forskellige boringstyper. Tryk på 'I detaljer' og derefter på en boring, nu fremkommer en tekst af typen:

[Boring xx.yy: Formål: aabbcc.....]

Boringsnummeret xx.yy er et hyperlink til oplysninger om boringen. Klik på linket og se nu, hvor boringen er placeret, og hvilke jordlag der er gennem-boret.



CASE 2

HISTORISKE OPLYSNINGER OG ERFARINGER

Regionerne har samlet deres erfaringer med forskellige typer af forurening i en lang række rapporter og faktaark. I denne opgave skal I finde og læse et par eksempler om forurening fra tankstationer.

OPGAVE 2

- 2.1 Hvilke stoffer kan der være forurenede med?
- 2.2 Hvilke mulige kilder til forurening er der på en tankstation?
- 2.3 Bly og MTBE har samme funktion, de hæver oktantallet i benzin, men der er stor forskel på den måde de forurener på, hvis de slipper ud i miljøet, beskriv forskellen?

VEJLEDNING

I kan finde flere informationer om andre forureninger, herunder bl.a. en generel beskrivelse af tankstationer/benzinanlæg her:

Jordforurening



Fotos: Videncenter for Jordforurening

CASE 3

FELTUNDERSØGELSE

Når regionerne laver en forureningsundersøgelse, borer de en række huller ved hver af de kendte forureningskilder. Boringerne foretages ved hjælp af en borerig, som typisk er en lastbil, hvorpå der er monteret et boretårn. Et sneglebor køres ned i jorden, og når det efterfølgende trækkes op, sidder jordlagene uforstyrrede langs sneglen. Derefter udtages jordprøver, som fyldes i lufttætte poser og i små glas, der senere kan sendes til et laboratorium, som kan

bestemme det nøjagtige indhold af kemiske stoffer i jordprøven.

Den geologiske beskrivelse af jordlagene er vigtig for vurderingen af forureningens spredning/fordeling i jordlagene. I grovkornede jordlag, som grus og sand, vil forureningen hurtigt kunne strømme ned i jordlagene, i lerholdige jordlag vil forureningen i højere grad blive 'hængende' og spredes mere horisontalt. Se case 5.

OPGAVE 3

Feltforsøg som beskrevet i felt- og laboratoriedelene

3.1 Geologisk beskrivelse – jordbundsprofilet

3.2 Jordens fugtighed målt med Vernier Soil Moisture Sensor

Når I har afsluttet feltarbejdet og optegnet jordbundsprofilet, skal I:

3.3 Vurdere, om de jordlag, I fandt i prøvegravningen, svarer til dem, I læste om i opgave 1.5

CASE 4

LABORATORIEUNDERSØGELSE

En nærmere beskrivelse af jordbunden er nødvendig, og det gøres ved hjælp af laboratorieundersøgelser.

OPGAVE 4

Laboratoriarbejde som beskrevet i forsøgsdelen

4.1 Jordbundsanalyser – sigteanalyse

4.2 Oliens migration i sand

4.3 Jordens fugtbindende evne – markkapacitet

4.4 Jordens fugtighed – målt med Vernier Soil Moisture Sensor

4.5 Jordens indhold af organisk stof

CASE 5

VURDERING AF FORURENINGSSPREDNING

For at kunne vurdere om en forurening udgør en risiko for grundvandet, er det nødvendigt at kende nogle basale jordbundsegenskaber og karakteristiske træk ved den måde, forureninger spredes på.

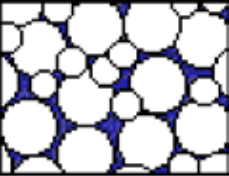
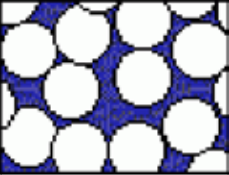
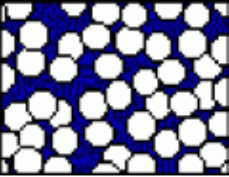
En feltbeskrivelse af jordlagene er vigtig, men der er behov for en nærmere beskrivelse, som den I har foretaget i laboratoriet. Derefter er det vigtigt at få beskrevet, hvordan forureningen kan spredes i jorden.

Jorden er et 3-komponent-system bestående af mineralkorn, luft og vand. Luft og vand findes i mellemrummene mellem mineralkornene. Når benzin eller diesel løber ud i jorden, vil væskestrømme væk i de luft- og vandfyldte hulrum. I de øverste jordlag, hvor vandindholdet er mindst (kaldes den umættede zone), fortrænges luften ret let, og benzinen/oilen strømmer forholdsvis uhindret vertikalt ned i jorden. Når forureningerne trænger længere ned i jorden, stiger vandindholdet, og vandet fortrænges ikke så let fra hulrummene som luften i de øvre jordlag. Nedsivningen af benzin/olie møder større modstand, og der bliver en større del, som strømmer horisontalt i jordlagene. Når benzinen/oilen møder grundvandspejlet (den mættede zone, der hvor 100 % af hulrummene er vandfyldte), vil det, som I også ser i forsøget med olies migration i sand, flyde ovenpå og primært spredes horisontalt. Læg mærke til, at forureningen på dette tidspunkt spredes som en koncentreret strøm af benzin/olie, som ikke blandes op i vand. Det skyldes, at olieprodukter er meget lidt opløselige i vand - det ved alle, som har prøvet at vaske kædeolie eller madolie af hænderne med vand uden brug af sæbe.

Porøsitet og permeabilitet

Størrelsen af hulrummene mellem sedimentets korn (porøsiteten) og strømningsmuligheden (permeabiliteten) for den væske, der findes i hulrummene, afhænger til en vis grad af kornstørrelserne. Porøsiteten er større jo bedre sedimentet er sorteret efter kornstørrelse, og porøsiteten kan være så høj som 35 % i almindeligt sand.

Permeabiliteten er, alt andet lige, også relativt stor i velsorterede sediment, men afhænger dog i langt højere grad af kornstørrelsen. Jo større kornene er i et velsorteret sediment, des højere permeabilitet, fordi strømmingen foregår lettere i store porer end i små. Permeabiliteten angiver, hvor let væske strømmer gennem lagene.

	Dårligt sorteret	
Høj porøsitet		Lav permeabilitet
	Velsorteret og grovkornet	
Lav porøsitet		Lav permeabilitet
	Velsorteret og finkornet	
Høj porøsitet		Høj permeabilitet

Figuren viser, hvordan en aflejnings porøsitet og permeabilitet afhænger af kornstørrelser og sortering af korn. /1/

Yderligere to forhold har stor betydning for den videre spredning af forureningen. For det første jordens retention (tilbageholdelse) af de forurenende stoffer, og for det andet stoffernes opløsning og transport med nedsivende regnvand.

Retention

Retention betyder tilbageholdelse. Jordens retention er et mål for, hvor mange kilo eller liter en bestemt type jord kan tilbageholde af et bestemt stof/væske. Mekanismen er den samme, som kendes fra en almindelig køkken-svamp. Hælder man langsomt vand på en tør svamp, vil den i begyndelsen tilbageholde vandet, men efterhånden fyldes svampen, og vandet begynder at løbe igennem. Svampen har en vis retention på vandet, men på et tidspunkt er svampen mættet, og vandet løber frit gennem svampen, og man siger, at der er 'fri fase strømning' af vand. Når man stopper vandtilførslen, vil svampen stadig indeholde en del vand, som ikke løber ud, da det er fanget

i svampens små porerum. Gentager man forsøget med en anden væske eller en anden svamp, vil man erfare, at den tilbageholdte mængde afhænger af svampens opbygning og af væskens viskositet og vægtfylde.

Eksempelvis er jordens evne til at tilbageholde benzin og diesel afhængig af produkttypen, jordtypen og vandmætningsgraden. Tabel 1 viser forskellige jordtypers evne til at holde hhv. benzin og diesel tilbage (retentionskapaciteten). Der er forudsat nedsivning i den umættede zone med naturligt vandindhold for de pågældende aflejringer (det naturlige vandindhold er det, I bestemmer i flere af felt- og laboratorieøvelserne).

Tabel 1. Typiske olie-retentionskapaciteter i umættet zone /2/

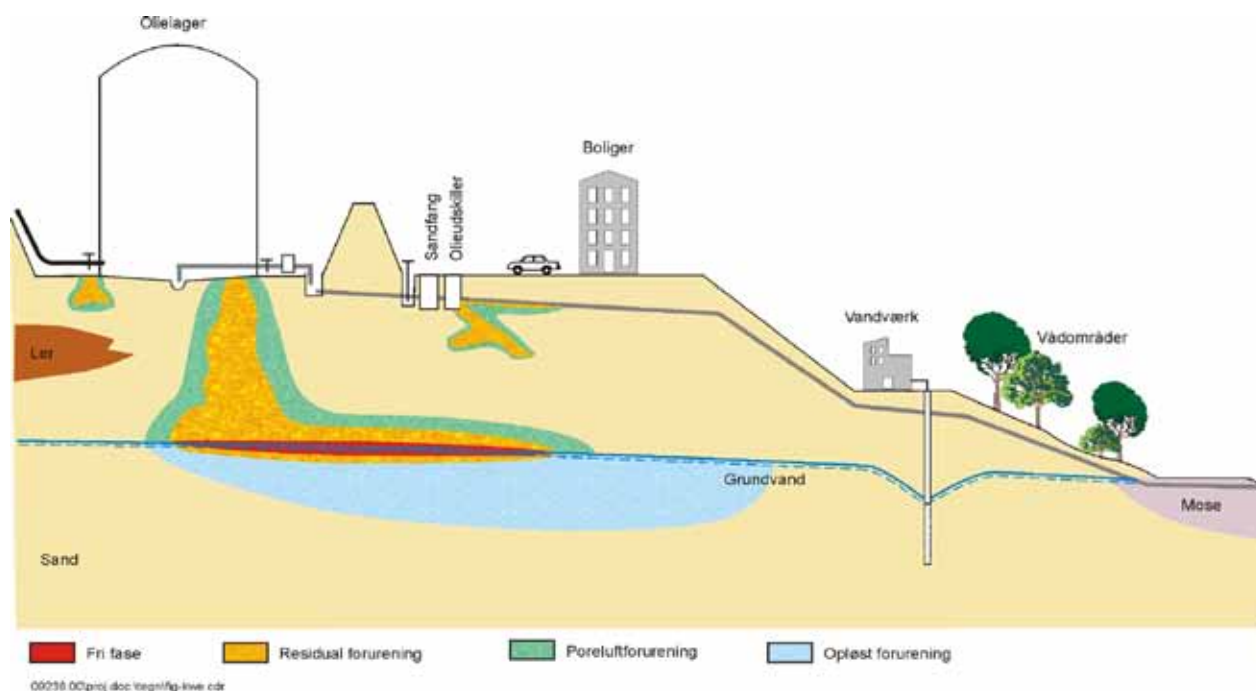
	Benzin	Diesel
	l/m ³	l/m ³
Sten - grus	2,5	10
Grus - grovkornet sand	4,0	16
Grov - mellemkornet sand	7,5	30
Mellem - finkornet sand	12,5	50
Finkornet sand, silt	20,0	80

Bemærk, at ler/moræneler ikke optræder i tabellen. Det skyldes, at ler i praksis er tæt over for både vand og olieprodukter, det giver derfor ikke mening at bruge begrebet retention i sammenhæng med ler. Vand og olieprodukter vil lægge sig oven på lerlaget. Ser man forurening, som er trængt ind i lerlag, skyldes det revner og/eller små sandlag i leret.

Tabellen giver et groft overslag over den forventede spredning af et spild. Spildes der f.eks. 1.000 l dieselolie i bunden af en tankgrav på 10 m², der er opbygget på mellem- og finkornet sand, vil dieselolien kunne sive ned til en gennemsnitsdybde på ca. 2 m, inden hele mængden er bundet i jorden. Hvis spildet er benzin, vil den gennemsnitlige nedsivnings-dybde være ca. 8 m, med mindre grundvandsspejlet nås forinden.

Nedsivningen, som vist i figur 2, vil sprede sig horisontalt, når det når ned til grundvandszonen. Hvis grundvandsspejlet varierer over tid, vil en - ofte væsentlig - del af den fri olie blive fanget i toppen af grundvandszonen - den såkaldte smearzone. For ældre oliespild er det ikke usædvanligt, at mere end halvdelen af det samlede oliespild er fanget i nedsivningsområdet og i smearzonen omkring grundvandsspejlet, jf. figur 2.

Figur 2. Princip for spredning og fasefordeling af en ældre olieforurening i jord og grundvand./2/



Selvom olieforureningen er fanget, vil den fortsat kunne spredes. I den umættede zone vil det ske ved afdampning af de flygtige komponenter, hvorved der dannes en poreluft-forurening, og i den vandholdige zone ved udvaskning med den infiltrerende nedbør, hvorved forureningen spredes til grundvandszonen og videre med grundvandsstrømmen.

Nedsivende olie kan medføre en omfattende grundvandsforurening, der, afhængig af afstand, permeabilitetsforhold (se figur 1) og grundvandsforhold, også kan udgøre en risiko for nærliggende grundvandsindvindingsboringer.

Opløsning

Når først benzinen eller dieselolien er fanget i jorden, ophører den frie strømning, og derfor ser man yderst sjældent fri benzin eller dieselolie i grundvandet. Men når det regner, og regnvandet trænger ned i jorden, opløses en del af benzinen og dieselolien i det nedsivende vand, og den transporteres på den måde ned til grundvandet.

Benzin og dieselolie er sammensatte produkter, der består af langt over 100 forskellige kemiske forbindelser, som har forskellige fysisk og kemiske egenskaber. I praksis regner man med, at den maksimale opløselighed af frisk benzin er 100 mg/L, og tilsvarende for dieselolie 6 mg/L.

Eksempel: I et tankområde på 10 m² er der forurenet med frisk benzin. Der er ikke asfalt eller anden belægning over området, og den årlige nettonedbør er målt til 500 mm. Det svarer til, at der årligt siver 10 m² X 0,5 m = 5 m³ (5.000 l) vand ned gennem tankområdet. Med en opløselighed på 100 mg/L vil der årligt opløses 5.000 X 100 = 500.000 mg = 0,5 kg benzin.

OPGAVE 5

Der er spildt 100 l benzin jævnt fordelt i et tankområde, nettonedbøren er 400 mm/år, de underliggende jordlag er mellem- og finkornet sand, grundvandsspejlet ligger 10 meter under terræn.

- 5.1 Hvor langt vil benzinen kunne trænge ned i jorden som "fri fase strømning"?
- 5.2 Hvor mange kg benzin kan der maksimalt udvaskes pr. år?
- 5.3 Hvor mange år vil det vare, inden al benzinen er udvasket (antag maksimal opløselighed i hele perioden (100 mg/L), og at benzins massefylde er 0,75 g/cm³)?
- 5.4 Hvorledes bestemmes vands bevægelse i jord?

I har nu prøvet at finde oplysninger om forurenede lokaliteter, geologi og grundvand. I har selv prøvet at grave et profil og bestemme jordlagenes karakteristisk. I har set, hvordan en forurening i teorien spredes i jordlagene og prøvet at beregne, hvor langt forureningen vil spredes, og hvordan den kan opløses og føres til grundvandet.

KILDEHENVISNINGER

/1/: www.geologi.dk/oliegas

/2/: *Baggrundsrapport om miljøkrav til store olielagre.*
Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 2/2008.

Jordbundsprøver

Geologisk beskrivelse

Inden jordbunden skal undersøges for en eventuel forurening, indholdet af næringsstoffer e.l., foretages der en generel beskrivelse og analyse af jordbunden og dens bestanddele.

I dette forsøg ses på et jordbundsprofil, på jordens struktur og tekstur.

Forsøget består dels af en feltdel, dels af en række forskellige laboratorieundersøgelser.

Feltdelen

- Profilgravning
- Beskrivelse af profilet
- Udtagning af jordbundsprøver til analyser i laboratoriet
- Bestemmelse af volumetrisk vandindhold (jordfugtighed) i jord ved hjælp af Vernier Soil Moisture Sensor

Laboratoriedelen

– til hvert af disse forsøg er der en separat vejledning

- Bestemmelse af vandindhold og kornstørrelsesfordeling (sigteanalyse)
- Undersøgelse af oliens migration i sand
- Undersøgelse af vands bevægelse i jord
- Analyse af jordens kalkindhold og pH
- Bestemmelse af jordens markkapacitet (vandbindingsevne)
- Bestemmelse af volumetrisk vandindhold (jordfugtighed) i jord ved hjælp af Vernier Soil Moisture Sensor
- Bestemmelse af indholdet af organisk stof
- Bestemmelse af ledningsevne/Wenner metoden
- Bestemmelse af nitratindhold
- Bestemmelse af fosfatindhold
- Bestemmelse af kaliumindhold



Foto: Videncenter for Jordforurening

Udstyr i jordbundskuffert

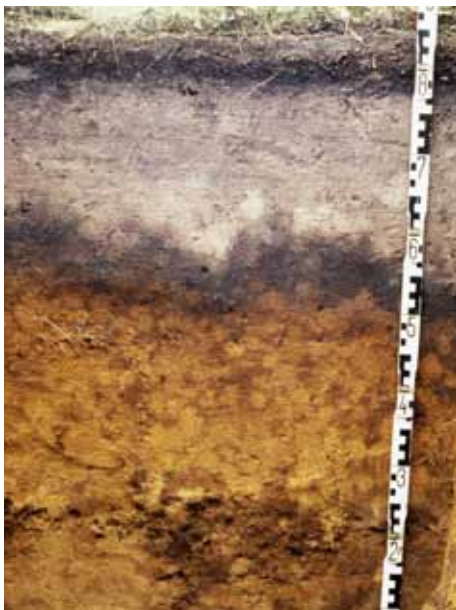
- 2 sigtesæt (1.335,- pr. sæt)
- 2 jordbor (90 cm og 130 cm) (440,- og 445,-)
- Jordfarvekort, Munsell's inddeling (750,-)
- 2 æsker pH-sticks (66,- pr. pakke)
- 2 plast- eller metalrør med en diameter på 7-10 cm og en længde på 15-20 cm (20,-)
- 2 Soil Moisture Sensor – Vernier (995,- pr. stk.)
- 2 ledningsevneprober (sensor) Conductivity probes, Vernier (1.019,- pr. stk.)
- 2 pH-sensorer – Vernier (866,- pr. stk.)
- 2 LabQuest datalogger med touch screen (2.995,- pr. stk.)
- Nitrat-test-kit – her **Visicolor® ECO** (285,-)
- Mappe med alle cases og vejledninger printet

2011-priser

FELTDELEN – Jordbundsprofilet



Muldjordsprofil, Hestehave ved Rønde
Podsol – morbundsprofil ved Karup Å



Fotos: Per Nørnberg

Materialer

- Jordbor
- Spade
- Murerske
- Tommestok
- Digitalkamera
- Ensfarvet plastunderlag
- Plastposer til jordprøver, inkl. lukkeklips
- Mærkater eller tush, der kan skrive under våde forhold
- Jordfarvekort (Munsell's)
- GPS (gerne en type, der kan kobles til dataopsamlingsudstyret fx til Vernier)
- Notesblok og skriveredskaber



Fremgangsmåde – feltdelen

1. Grav et profil – gerne mindst 1 meter dybt og så tilpas bredt, at de forskellige jordbundslag tydeligt kan ses
2. Beskriv profilet kvalitativt med hensyn til de enkelte lags tykkelse og farve, den umiddelbare opfattelse af kornstørrelse og tekstur, biokomponenter (skaller, andre fossiler, planterester) lugt, plantedække og fugtighedsgrad
3. Benyt plastunderlaget til at lægge prøver fra de enkelte lag på – derved kan de lettere studeres
4. Noter observationerne

Kvalitativ observation ved hvert profil:

5. Beskriv farven i hvert af de lag, I kan skelne i profilet vha. Munsell's jordfarvekort
6. Hvis der er en tydelig lagdeling, så mål lagenes tykkelse
7. Beskriv humusindholdet: Er der tydelige spor af organisk materiale?
8. Beskriv poreindholdet: Er det krumme- eller enkeltkornstruktur?
9. Beskriv tekturen. Er der overvejende ler eller sandindhold? Er der større eller mindre småsten?
10. Lav en tegning af profilet

Tag derefter en jordbundsprøve (ca. en håndfuld) fra hvert lag. Gem den enkelte prøve i en pose, der mærkes med lokalitet, dybden, prøven er taget, tidspunkt og GPS-koordinater. Prøveudtagningsstedet indtegnes på tegningen af profilet.

KORTMATERIALE

Kort over jordbund, forurening og mange andre relevante data findes på Danmarks Miljøportal www.miljoportal.dk → 'Arealinformation' → 'Søg efter data på kort'. **Bemærk:** Kortet er interaktivt og indeholder rigtig mange data. Det anbefales, at man kun tager data ned for et mindre område. Det kunne passende være lokalområdet, der er knyttet til/runder den case, der arbejdes med. Man kan også komme direkte til den store kortdatabase ved at benytte adressen: <http://kort.orealinfo.dk>

God fornøjelse!

LABORATORIEDELEN

Sigteanalyse - jordens kornstørrelsesfordeling

Teori

I mange sammenhænge er det vigtigt at vide noget om jordens kornstørrelsesfordeling. Det gælder bl.a., når der skal bygges huse eller veje, men også i landbrugsmæssig sammenhæng er det vigtigt at kende jordens kornstørrelsesfordeling.

Kornstørrelsesfordelingen fortæller dels noget om jordbundens dannelse, men også om jordens evne til eksempelvis at holde på vand og næringsstoffer.

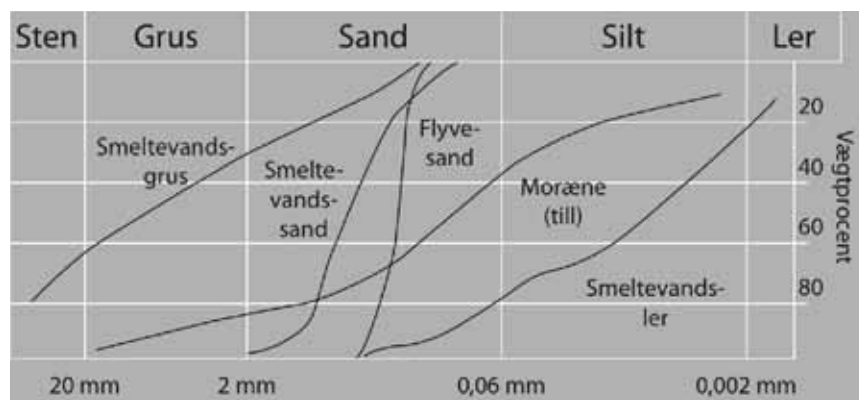
Materialer

- Jordprøve - undgå at få for mange rødder e.l. med
- Varmeskab 100-120 °C
- Bægerglas
- Vægt - målenøjagtighed 0,1 g
- Vejepapir
- Sigtesæt
- Pensel til rengøring af sigterne
- Skema til notering af resultaterne
- Enkeltlogaritmisk papir eller TI-Interactive e.l.

Fremgangsmåde

1. Vej jordprøven. Noter resultatet
2. Stil et bægerglas med jordprøven i varmeskabet ved 110-120 °C i ca. 1 døgn
3. Vej atter jordprøven - den betegnes nu som vandfri. Noter resultatet
4. Beregn fugtighedsprocenten: Divider vægttabet med prøvens oprindelige vægt, gang med 100, og du har fugtighedsprocenten
Eksempel: Udgangspunktet (den fugtige jord) vejer 100g. Vægttabet viser, at prøven indeholdt 10 g vand - dvs. et vandindhold på 10 %
5. Saml sigterne korrekt og hæld den vandfrie jordprøve i den øverste sigte
6. Ryst i 5-10 minutter - tjek undervejs om det er rystet godt nok
7. Vej hver sigtefraktion - noter resultaterne
8. Beregn vægtprocenten for hver fraktion
9. Beregn de kumulative vægtprocenter
10. Plot de kumulative vægtprocenter som funktion af kornstørrelsen - brug evt. Excel

Eksempler på strukturen af forskellige jordbunde



Blokke		> 200 mm
Sten		20-200 mm
Grus		2-20 mm
Sand	Groft sand 0,5-2 mm	0,06-2 mm
	Mellemfint sand 0,25-0,5 mm	
	Fint sand 0,06-0,25 mm	
Silt		2-60 µm
Ler		< 2 µm

Kornstørrelse	Wentworth skala
> 256 mm	Blokke
64-256 mm	Sten
32-64 mm	Grus
16-32 mm	
8-16 mm	
4-8 mm	
2-4 mm	
1-2 mm	
0,5-1 mm	Sand
0,25-0,5 mm	
125-250 µm	
62,5-125 µm	
3,9-62,5 µm	
< 3,9 µm	Ler
< 1 µm	Kolloider

VEJESKEMA

Lokalitetens navn		Grav nr.
Prøve	GPS-koordinater	Dybde
		cm
Før vaskning	> 2 mm	Efter vaskning
g	g	g
g	g	g
g	g(b)	g(c)
Dispergering	< 0,053	Efter håndsigtning
g	g(b)	g
g	g(c)	g
g(d)	g	g(e)
heraf %		
Til sigtning	(d) +	(e) =

Sigt diameter mm	glas g	glas + jord g	jord g	%	Kumulativ %
8,000					
4,000					
2,000					
1,410					
1,000					
0,707					
0,500					
0,354					
0,250					
0,177					
0,125					
0,088					
0,063					
0,053					
< 0,053					
I alt					
Fejl	%				

Olies migration i sand

Formål

At opnå viden om olies migration i jord (her sand)

Materialer

- Sand
- Bægerglas eller glas
- Vand
- Madolie

Fremgangsmåde

1. Hæld 1-2 "cm" olie i et glas
2. Hæld dernæst sand oveni, så olien bliver dækket og der er et "rent" sandlag
3. Afslutningsvist hældes forsigtigt 2-3 cm vand i glasset
4. Lad olien stå 20-30 minutter og observer imens. Lad evt. prøven stå natten over og se, om der er migreret mere olie



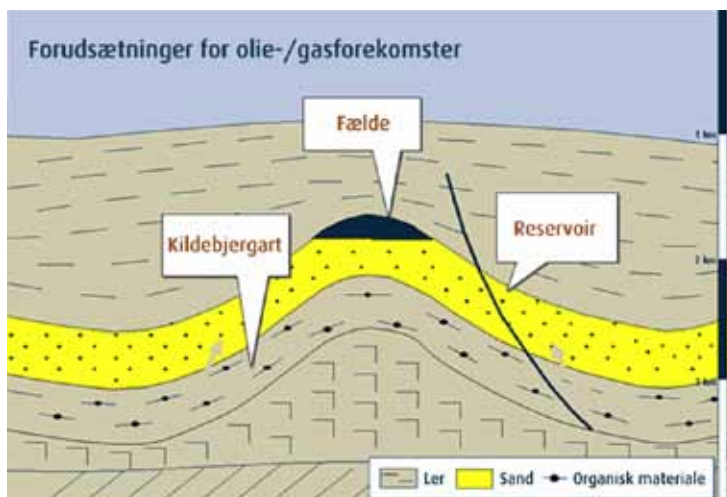
Først madolie



Dernæst sand



Til sidst vand.
Efter ca. 20-30 min.
lægger olien sig
øverst, som det kan
ses på billedet.



Kilde: Oliebranchens Fællesråd



Vands bevægelse i jord

Opstigende bevægelse

I dette forsøg undersøges, hvor effektivt vand bevæger sig i forskellige jordtyper.

Vi vil undersøge forskellen på vands bevægelse i henholdsvis sand, lerblandet sandjord og jord. Med forsøget simuleres vands bevægelse i de forskellige jordtyper – en parameter der har stor betydning, når man skal undersøge spredningen af en eventuel jordforurening.

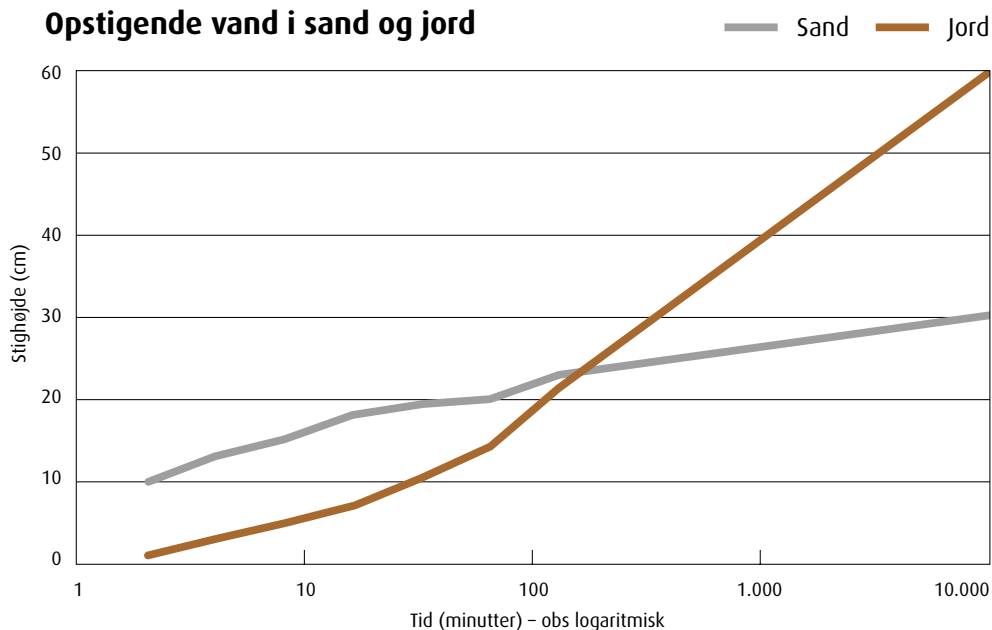
Materialer

- 3 stk. 60 cm (eller op til 100 cm) lange, klare PVC-rør med en diameter på 3-4 cm
- Et stort kar, hvori de forskellige glas kan stå
- Stativudstyr
- Gaze eller vat
- Snor eller strips
- Stopur
- Vand
- 3 forskellige jordprøver

Fremgangsmåde

1. De tre rør lukkes i den ene ende med gaze, der fæstnes med strips. Mærk rørene 1, 2 og 3
2. I de tre rør fyldes lige meget tørt materiale bestående af sand til rør 1, lerblandet sand til rør 2 og jord i rør 3
3. De tre rør opstilles, som vist på figuren, ved hjælp af stativudstyr
4. Fyld vand i karret til ca. 2 cm op ad rørene
5. Start et stopur og aflæs for hver 2 minutter stighøjden. Stighøjden er afstanden fra væskeoverfladen i karret til væskefronten i røret
6. Aflæs hvert 3. minut i de første 15 minutter og derefter fx hvert 10. minut
7. Lad rørene stå til næste dag og aflæs igen
8. Gentag aflæsningen efter flere dage
9. Afbild resultaterne i et koordinatsystem
10. Analyser resultaterne

Opstigende vand i sand og jord



Hvordan har forsøgsopstillingerne indflydelse på resultaterne?

Hvilke usikkerheder og fejlkilder er der i forsøget?

Nedsivende vand i to sedimenttyper – sand og jord

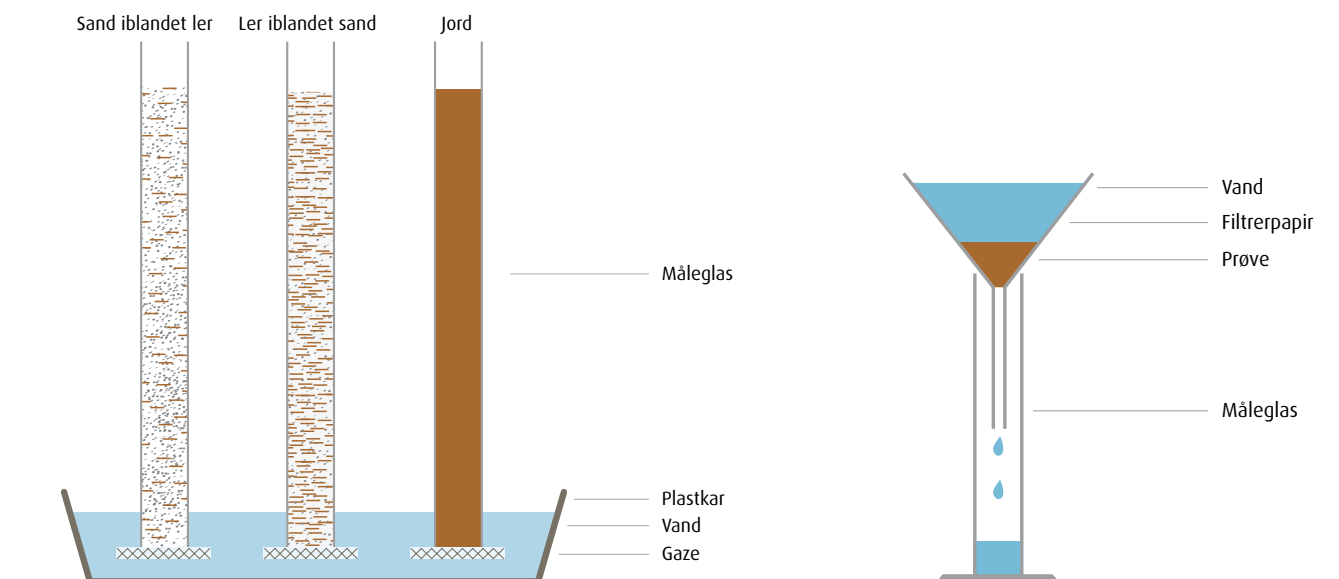
Materialer

- Sand/jord/ler-prøver på 10 g, jordprøverne skal være tørre
- Måleglas
- Vejeskåle
- Tragte
- Filtrerpapir
- Vægt
- Stopur
- Som lerprøve kan bruges dekorationsler
- Vand

Fremgangsmåde

1. Lav opstillingen som på tegningen nedenfor
2. Vej filtrerpapiret
3. Sæt filtrerpapiret (kaffefiltret) i tragten og fugt det med 10 mL vand
4. Hæld den første afmålte 10g jordprøve i tragten med filteret
5. Hæld 100 ml vand i tragten med en jævn bevægelse
6. Aflæs hvert 10. sekund mængden af vand i måleglasset
7. Noter
8. Forsæt aflæsningerne til der ikke kommer mere vand
9. Tag forsigtigt filtret med jordprøven op og vej det. Hvis muligt vejes jordprøven for sig og filtret for sig
10. Skift filter og gentag forsøget med de to andre jordprøver
11. Afbild resultaterne i et koordinatsystem, hvor tiden sættes ud af x-aksen

FORSØGSOPSTILLINGER



Hvor meget vand er tilbageholdt i prøverne?

Diskuter betydningen af jordprøvernes fugtighed ved forsøgets start.

Hvilken indflydelse har forsøgsopstillingen på resultaterne?

Diskuter usikkerheder og fejlkilder i forsøget.

Hvilke usikkerheder og fejlkilder er der i forsøget?

Jordens kalkindhold og pH

Teori

Jordbundens pH-værdi (surhedsgrad) er vigtig for dyr, planter og mikroorganismer i jordbunden. pH-værdien påvirker blandt andet sammensætningen af mikroorganismer og derved stofomsætning i jorden, hvilket har stor betydning, også når der er tale om forureningssituationer. pH-værdien har også betydning for tilgængelighed af plantenæringsstoffer. En af de væsentlige faktorer af betydning for pH-værdien i jorden er kalkindholdet.

Om pH

Generelt gælder, at lave pH-værdier også betyder et lavt indhold af tilgængelige næringsstoffer. Mange planter og dyr i jordbunden er tilpasset og afhængige af en vis tilgængelighed af næringsstoffer og derfor også en vis pH. F.eks. vokser Rhododendron, blåbær, lyng og visse orkideer bedst på næringsfattig jord med lav pH-værdi, mens blå anemone og nogle orkideer foretrækker kalkholdig jordbund med høj pH-værdi.

Kalkrige (basiske) jorde

- Højt indhold af calciumkarbonat (kalk)
- Rig på plantenæringsstoffer
- Lavt indhold af organiske syrer
- Høj pH-værdi
- Tungmetaller forekommer på tungtopløselig form
- Højt aktivitetsniveau for bakterie, bl.a. kvælstoffikserende

Sure jorde

- Lavt indhold af calciumkarbonat (kalk)
- Fattig på plantenæringsstoffer
- Højt indhold af organiske syrer
- Lav pH-værdi
- Lavt aktivitetsniveau for bakterier

I Danmark varierer jordens indhold af kalk og jordbundens pH meget fra sted til sted. Derfor vil man se, at mennesket 'manipulerer' med pH.

Landmænd og havefolk i eksempelvis Midtjylland, hvor jordbunden mangler kalk, vælger ofte at tilsætte kalk til jorden for at modvirke forsuring (lav pH) og stimulere

stofomsætningen i jordbunden. Tilsætningen af kalk er også strukturforbedrende, idet kalk i lighed med humus giver jorden en god krummestruktur. For meget kalk er dog heller ikke godt, da kalken binder til jernforbindelser og derved gør jernet svært tilgængeligt for planterne, hvilket i sjældne tilfælde kan føre til misvækst af planterne.

Formål

Formålet med dette forsøg er at bestemme indholdet af kalk (calciumkarbonat, CaCO_3) og pH-værdien i en række jordprøver.

For at beskytte øjne og tøj mod syre er det vigtigt at bære beskyttelsesbriller og kittel i forbindelse med denne undersøgelse.

Materialer

- Forskellige jordprøver
- Pipetteflaske med 10 % saltsyre (HCl)
- Porcelænsskåle eller små bægerglas
- pH-stiks og farveskala
- Demineraliseret vand
- Skema til notering af resultater

VIGTIGT

Pas på ikke at få syre på tøjet eller andet. Får du syre på, så skyl straks.

Fremgangsmåde for bestemmelse af kalkholdighed ved hjælp af saltsyre

1. Betragt jordprøven. Kan du se kalk i prøven?
I f.eks. moræneler kan der ofte være kalk, som ses som små hvide pletter i jordprøven. Se boksen herunder.
2. Udtag en repræsentativ prøve af jordprøven (ca. en teskefuld), og placer den i en porcelænsskål.
3. Dryp et par dråber saltsyre (10 % HCl) på jordprøven, og observer, om prøven bruser. Noter dine observationer, og vurder resultatet på baggrund af boksene herunder.

Fremgangsmåde for bestemmelse af pH-værdi vha. stiks

1. Lidt jord hældes i et bægerglas eller lignende. Der tilsættes demineraliseret vand, så prøven bliver flydende ved omrystning.
2. Dyp en pH-stik i vandet og vent til farveskiftet har stabiliseret sig.
3. Bedøm pH-værdien vha. farveskalaen, og noter resultatet.

Beskrivelse af kalkindhold i jordprøver

Udeende og syrereaktion	Betegnelse
Der ses ingen kalk i prøven, og den bruser ikke, når der dryppes syre på den	Kalkfri
Kalken kan ikke ses, men jorden bruser svagt ved syre	Svag kalkholdig
Kalken kan tydeligt ses, men dominerer ikke udseendet. Kraftig brusen ved syre	Kalkholdig
Kalken dominerer udseendet, og jorden bruser meget kraftigt ved syre	Stærkt kalkholdig
Der ses kalkklumper i jorden (kan forveksles med stærkt kalkholdig jord)	Jordbrugskalket

Bestemmelse af kalkindholdet i jordprøve vha. saltsyre

Mere end 4 % kalk i jorden vil give en kraftig brusen
Mellem 1 og 4 % kalk i jorden vil medføre en svag brusen
Mindre end 1 % kalk i jorden vil ikke give brusen

Kalk (calciumkarbonat, CaCO_3) reagerer med saltsyren under dannelse af kuldioxid. Prøven bruser, når kuldioxidgassen frigives til atmosfæren.

TIPS

Kort over hårdheder i dansk grundvand: Det interaktive kort finder du på www.geus.dk, skriv 'hårdhed' i søgefeltet til venstre, og du når frem til det interaktive kort.

Jordens fugtbindende evne – markkapacitet

Teori

Markkapacitet defineres som jordens vandindhold efter vandmætning, når nedsvivning er ophørt (normalt efter to dage). Størrelsen, der er et mål for, hvor meget vand en jord kan holde tilbage mod tyngdekraften, er afhængig af jordens teksturelle sammensætning og humusindhold. Jordens evne til at holde vand tilbage har desuden betydning for jordens evne til at holde på næringsstoffer og for evnen til at fjerne en eventuel forurening.

I dette forsøg simuleres jordens fugtighedsbindende evne i løbet af et relativt kortvarigt tidsrum. For nøjagtigt at kunne bestemme jordens fugtbindende evne bør prøven stå i 2-5 dage.

Læs selv om begreberne:

- Tilgængeligt vand
- Utilgængeligt vand
- Visnegrænse

Materialer

- Plast- eller metalrør med en diameter på 7-10 cm og en længde på 15-20 cm
- Filtrerpapir
- Snor
- Jordprøve
- Vægt
- Skål med vand

Fremgangsmåde

1. Tag et plast- eller metalrør med en diameter på 7-10 cm og en længde på 15-20 cm
2. Bind filtrerpapir om den ene ende af røret
3. Fyld røret med din tørre jordprøve
4. Vej røret med den tørre jordprøve, inkl. filtrerpapir
5. Sæt røret med papiret ned i en skål vand natten over
6. Tag røret op af vandet, og lad den dryppe af i 30 min., vej igen
7. Udregn differencen mellem den tørre og den våde jords vægt
8. Differencen mellem tør og våd vægt divideres med den tørre jords vægt der ganges med 100, og du har et mål for den fugtighedsbindende evne



Fotos: Birgit Sandermann Justesen

Jordens fugtighed – med Vernier Soil Moisture Sensor

Med Soil Moisture sensoren fra Vernier er det muligt at måle jordens volumetriske vandindhold. Sensoren kan bruges til at:

- måle fugtigheden (vandindholdet) i forskellige jorde
- måle fugtighedstab over tid pga. fordampning eller planternes forbrug
- styre fugtigheden i jorden i eksempelvis et drivhus

Hvad er volumetrisk vandindhold?

Tør jord består af mineraler, humus og luftlommer, kaldet porerum. Typisk er der 55 % mineraler/humus og 45 % porerum. Når der kommer vand i jorden fyldes porerumene efterhånden op. En let fugtet jord kan eksempelvis have sammensætningen 55 % mineraler, 35 % porerum og 10 % vand. Når alle porerum er fyldt med vand, er jorden mættet med vand.

Kalibrering

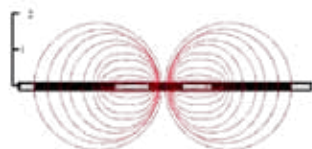
Normalt behøver man ikke at kalibrere sensoren. Skal der måles i sand eller jorde med højt saltindhold eller højt indhold af organiske dele, hvor der kræves meget nøjagtige målinger, kan det anbefales at kalibrere. Læs nærmere i sensorens manual.

Sådan virker jordfugtighedssensoren

Vandmolekyler er polære, dvs. den elektriske ladning (elektronerne) er fordelt, så molekylet har et overskud af positiv ladning i den ene side og negativ ladning i den anden. Når vandmolekylet placeres i et elektrisk felt, retter det sig derfor ind efter feltets retning, og feltet påvirkes af, hvor mange polære molekyler der er placeret i feltet.

Sensoren skaber et elektrisk felt og måler, hvordan det påvirkes af den jord, som omgiver sensoren. Man siger, at man måler jordens dielektriske permittivitet, dvs. jordens polære egenskaber, ved at måle sensorens kapacitans.

I jord er den dielektriske permittivitet en funktion af vandindholdet. Man kan således bestemme vandindholdet ved at måle den dielektriske permittivitet.



Sensoren beregner det gennemsnitlige vandindhold i sensorens længde. Figuren ovenfor viser de elektromagnetiske felter langs et tværsnit af sensoren.

Materialer

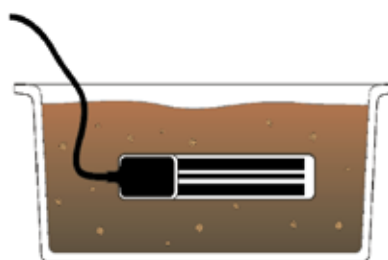
- Jordprøve
- Soil Moisture Sensor
- LabQuest eller LabPro (eller TI-grafisk lommeregner)



Fremgangsmåde

Sensoren placeres i jorden som vist på figur 1. Sensoren placeres, så den smalle side vender lodret, således at der ikke samler sig vand på bladet.

Figur 1



Sensoren bør placeres vandret i den dybde, hvor fugtigheden skal måles. Den *kan* placeres lodret, men da jordens fugtighed ofte varierer meget med dybden, er det bedre at måle med sensoren placeret vandret og eventuelt i forskellige dybder.

1. Brug en tynd skovl e.l. til at lave en rille eller et hul, som sensoren kan skubbes ind i
2. Skub sensoren ind i hullet – sørg for at hele bladet befinder sig i jorden
3. Klap jorden sammen omkring sensoren
4. Sensoren skal være mindst 6-7 cm nede i jorden
5. Start målingen
6. Fjern forsigtigt sensoren fra jorden efter brug – brug skovlen. Træk aldrig i kablet!
7. Tolk resultaterne

Permittivitet: Permittivitet er et udtryk for, hvor godt materialet (her jord) leder det elektriske felt. Et stof, der indeholder mange polære molekyler, som let retter sig efter feltets retning, siges at have en høj elektrisk permittivitet.

Kapacitans: Evne til at optage elektrisk ladning.

Jordens pH

Teori

pH, jordens surhedsgrad, har stor betydning for, hvilke næringsstoffer i jorden der er til rådighed for planterne. Planterne har blandt andet brug for N, P og K, som betegnes makronæringsstoffer, da der er behov for en relativ stor mængde af disse tre. Derudover har planterne brug for en masse forskellige mikronæringsstoffer i mindre mængde.

Næringsstoftilgængeligheden handler ikke kun om, hvorvidt stofferne er tilstede i tilstrækkelig mængde, men også den ion-form de er tilstede på, hvilket igen afhænger af pH. En tommelfingerregel siger, at makronæringsstofferne samt S, Ca og Mg's tilgængelighed øges ved $\text{pH} > 7$, mens mikronæringsstoffer som Fe, Mn, Cu og Zn har højere tilgængelighed ved $\text{pH} < 7$.

Formål

Ved hjælp af sensorer at bestemme forskellige jordprovers pH

Materialer

- 2 jordprøver på hver 50 g
- Computer med LoggerPro eller LabQuest
- pH-sensor – Vernier
- 100 mL målebæger
- Affaldsbøtte
- Demineraliseret vand
- 2 bægerglas på 250 mL
- Plastiskeer
- Papirhåndklæder/kaffefilter
- Bufferopløsninger pH 7 og pH 10
- Tragt (til det udvidede forsøg)
- Filtrepapir (til det udvidede forsøg)

Fremgangsmåde Jordprøverne gøres klar

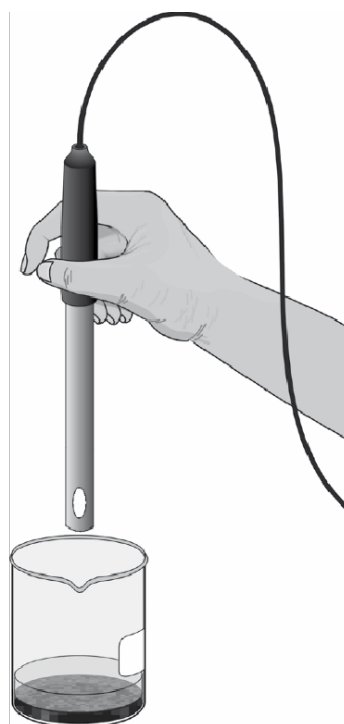
1. Mærk 2 bægerglas A og B
2. Afvej 50 g jord af jordprøve A i glas A
3. Afvej 50 g jord af jordprøve B i glas B
4. Tilsæt 100 mL demineraliseret vand til hvert glas – og rør rundt i hvert glas med hver sin ske!
5. I de næste 15 minutter røres i hvert glas hvert tredje minut
6. Til sidst lader man prøverne stå i 5 minutter, således at jorden synker til bunds
7. I mellemtiden sættes dataopsamlingsudstyret op

pH elektroden kalibreres

8. Vælg kalibrer – CH1: 'pH' i Experiment-menuen og tryk på 'kalibrer'
9. Sæt proben ned i pH 7 bufferen. Skriv '7' (pH-værdien) i 'edit' boksen
10. Tryk på 'Keep', når målingen er stabil
11. Andet kalibreringspunkt:
Sæt nu elektroden ned i pH 10 bufferen
12. Skriv '10' i 'edit' boksen
13. Tryk på 'Keep', når målingen er stabil
14. Klik til sidst på 'Done'

Målingen tages

15. Sænk forsigtigt pH-elektroden ned i væskelaget i glas A
16. Noter pH, når værdien er stabil
17. Hvis målingen ikke er stabil, samles der data i 10 sekunder, hvorefter der klikkes på statistikboksen, og middelværdien kan aflæses
18. Skyl elektroden med demineraliseret vand
19. Sænk **forsigtigt** pH-elektroden ned i væskelaget i glas B
20. Noter pH, når værdien er stabil
21. Hvis målingen ikke er stabil, samles der data i 10 sekunder, hvorefter der klikkes på statistikboksen, og middelværdien kan aflæses
22. Skyl elektroden med demineraliseret vand og **stil den tilbage i beskyttelsesflasken**



Jordens indflydelse på sur nedbør

Videreudbygning af forsøget med jordens pH

Simulering af forskellige jordtypers neutraliseringseffekt på sur nedbør.

Sur nedbør kan fremstilles ved dråbevis at tilsætte 0,05M H_2SO_4 til demineraliseret vand, indtil pH ligger på 4,0-4,5. **Husk** altid syre **til** vand.

Fremgangsmåde

1. Først testes regnvandets pH
2. Dernæst lave følgende opstilling



3. Dæk tragtens bund med et filterpapir
4. Fyld et ca. 2 cm tykt lag jord i tragt
5. Mål pH i 'den sure nedbør'
6. Mål pH, efter at den sure nedbør er filtreret gennem jorden
7. Gentag forsøget med en anden jordbundstype

Forklar, hvorfor nogle jordbundstyper neutraliserer den sure nedbør bedre end andre.

Jordens indhold af organisk stof

Teori

Jorden indeholder mineraler, vand, luft og desuden en større eller mindre mængde organisk stof. Det kan bl.a. være planterester, dyr og mikroorganismer. Ved at opvarme jordprøven kraftigt er det muligt at brænde de organiske bestanddele væk, så kun mineralerne er tilbage.

Formål

At bestemme, hvor stor en del af jordens tørstof der udgøres af organisk stof.

Materialer

- Jordprøve
- Digel
- Bunsenbrænder
- Tang til at holde på digelen med
- Vægt
- Stativudstyr

Fremgangsmåde

1. Vej en tørret jordprøve – der skal ikke bruges mere end ca. 20 g
2. Anbring jordprøven i en lille porcelænsdigel, og lad den gløde igennem over en bunsenbrænder. **VIGTIGT:** Forsøget bør udføres i stinkskab! Der glødes i mindst 25 minutter
3. Vej jordprøven igen
4. Beregn det procentvise indhold af organisk stof ved at dividere vægten efter glødning med vægten før glødning og gange med 100

Forklar, hvorfor der kan være stor forskel på forskellige jordes indhold af organisk stof.



Foto: Birgit Sandermann Justesen

Af hvilke årsager kan jorden blive salt – dvs. få øget salinitet?

Jordens salinitet/ledningsevne

Teori

Salinitet er et mål for jordens saltholdighed. Ikke mange planter tåler salt, og også andre organismer, ikke mindst bakterierne, har problemer med at overleve, hvis jordens saltindhold er for højt, da det kan ændre de osmotiske forhold. I nedenstående fås en ide om planternes tålelighed ift. saliniteten.

Salinitet dS/m	Forhold for planter vækst
0-2	Kun få problemer
2-4	Nogle følsomme planter har problemer med at vokse
4-8	De fleste planter har problemer med at vokse
8-16	Kun salttålede planter vil overleve
> 16	Så godt som ingen planter vil overleve – marskplanter o.l. undtaget

Jorden kan blive saltholdig ved naturlig nedbrydning af mineraler, men også ved menneskeskabte årsager såsom nedsvivning af salt fra veje efter vinterens saltning. Dårlig dræning og varmt, tørt vejr bidrager til at øge saltholdigheden.

NaCl er det mest almindelige salt, men andre salte som CaCl₂ og MgSO₄ forekommer ofte.

Jordens salinitet måles ved den elektriske ledningsevne i en jord-vand blanding. Jo højere salinitet i jorden des højere vil ledningsevnen i jord-vand-blandingen blive.

Jordens salinitet måles oftest i enheden deciSiemens pr. meter, dS/m

Formål

At måle saliniteten i flere forskellige jordprøver ved hjælp af en ledningsevneprobe.

Materialer

- 2 jordprøver à 50 g
- Computer med LoggerPro eller LabQuest
- Ledningsevneprobe (sensor) Conductivity probe – Vernier
- 100 mL målebæger
- Affaldsbøtte
- Demineraliseret vand
- 2 bægerglas på 250 mL
- Plastiskeer
- Papirhåndklæder/kaffefilter
- Standardprøve på 10dS/m (4,6g NaCl i 1L demineraliseret vand)

BEMÆRK

Jordprøverne skal være tørre, hvorfor disse først tørres i et varmeskab ved 120 °C i et døgn eller 2-3 dage ved stuetemperatur.

Fremgangsmåde

Jordprøverne gøres klar

1. Mærk 2 bægerglas A og B
2. Afvej 50 g jord af jordprøve A i glas A
3. Afvej 50 g jord af jordprøve B i glas B
4. Tilsæt 100 mL demineraliseret vand til hvert glas – og rør rundt i hvert glas med hver deres ske!
5. I de næste 15 minutter røres i hvert glas hvert tredje minut
6. I mellemtiden sættes dataopsamlingsudstyret op. Måleområdet på ledningsevneproben sættes på 0-20000 µS/cm (svarer til 0-20 dS/m)

Ledningsevneproben kalibreres

7. Vælg kalibrer – CH1:Conductivity (dS/m) i Experiment-menuen og tryk på 'kalibrer'
8. Sæt nu proben ned i demineraliseret vand – sørg for at hullet nær probens ende er helt dækket af vand
9. Skriv '0' (salinitetsværdien) i 'edit' boksen
10. Tryk på 'Keep', når målingen er stabil
11. Andet kalibreringspunkt: Sæt nu proben ned i 10 dS/m-standard (saltopløsning) – sørg for at hullet nær probens ende er helt dækket af saltopløsningen
12. Skriv '10' (salinitetsværdien) i 'edit' boksen
13. Tryk på 'Keep', når målingen er stabil
14. Klik til sidst på 'Done'

Dataopsamlingen

15. Sæt ledningsevneproben ned i bægerglasset med jordprøve A. Husk, at hullet nær probens ende skal være dækket
16. Tænd 'run' og aflæs resultatet, når målingen er stabil
17. Rens proben med demineraliseret vand
18. Sæt dernæst ledningsevneproben ned i bægerglasset med jordprøve B. Husk, at hullet nær probens ende skal være dækket
19. Tænd 'run' og aflæs resultatet, når målingen er stabil
20. Rens proben med demineraliseret vand

Elektrisk modstand i jord – Wenner-metoden

Geoelektrik

I dette forsøg undersøges hvordan den elektriske modstand i forskellige typer af jordprøver varierer.

Teori

Det er vigtigt at vide noget om jorden under vore fødder. Vi vil gerne fortsat kunne skaffe os rent drikkevand og undgå forurening af vore jorde og grundvand. En af metoderne til få oplysninger om jorden er at se på jordens modstand over for påført strøm. På baggrund af resistivetsmålinger foretaget på overfladen kan man få en ide om resistiviteten i undergrunden og dermed en ide om forskellige lag i jordbunden.

I Wenner-metoden sætter man 4 elektroder ned i jorden placeret således, at de står på række med konstant indbyrdes afstand. Der sættes spænding på de yderste elektroder, og man måler derefter den elektriske modstand i jorden mellem de to inderste elektroder. I dag er metoden forbedret, og der anvendes en Wenner-sonde, der, mens den presses op gennem jordlagene, løbende måler og sender data til en computer.

Wenner-metoden kan give detaljerede oplysninger om jordlagene og eksempelvis afsløre tynde sandlag, hvori der kan strømme forurening.

Generelt set gælder, at der vil være mindst modstand i tæt pakket ler, hvorimod løst sand, der indeholder meget luft, giver den højeste modstand (se figur side 31).

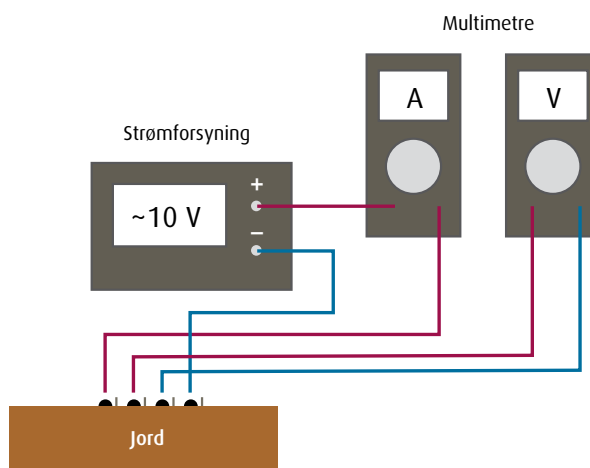
Ohms lov: $R=U/I$
Modstand = spænding divideret med strømstyrken

Materiale

- Jordprøve, der er presset godt sammen
- Strømforsyning, der kan generere 10V
- 2 multimetre
 - et til at måle strømstyrken, A, gennem opstillingen
 - et til at måle spændingen, V, over de to potentialelektroder
- Samlemuffe med 2 strømførende elektroder og 2 potentialelektrode

Fremgangsmåde Opstilling

1. Opstil apparaturet som vist på figuren, og sæt elektroderne i med en indbyrdes afstand på eksempelvis 10 cm



Jordtype	Spænding V	Strømstyrke A	Modstand Ω	Resistivitet Ωm

Målinger

2. Indstil strømforsyningen til vekselstrøm, AC, og en spænding på 10 V
3. Multimetret, der er koblet direkte til strømforsyningen, indstilles til AC(vekselstrøm) og til at måle strømstyrken, A
4. Multimetret, der er koblet til potentialelektroderne, indstilles ligeledes til at måle vekselstrøm (AC) og til at måle spænding, V. Juster på 'range', så der er 3 decimaler
5. Jordblokken eller sandet kan placeres i et stort plastkar
6. Pres jordblokken på mindst 40 cm x 50 cm x 15 cm godt sammen, og pres elektroderne godt ned i jordprøven. Sørg for så god kontakt mellem jord og elektroder som muligt – dvs. undgå at der er luftlommer omkring elektroderne
7. Vent 10-15 sekunder indtil værdierne stabiliseres
8. Noter i skemaet sammenhørende værdier for spænding, V, og strømstyrke, A
9. Beregn modstanden, Ω og resistivitet Ωm , idet m er afstanden mellem de to potentialelektroder
10. Sammenlign de målte resistivitetsværdier med de angivne resistivitetsværdier i figuren herunder

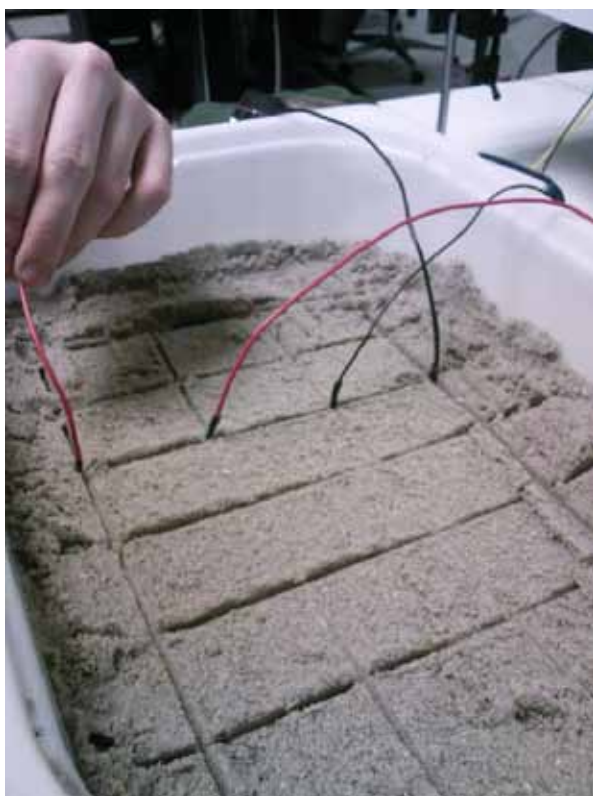
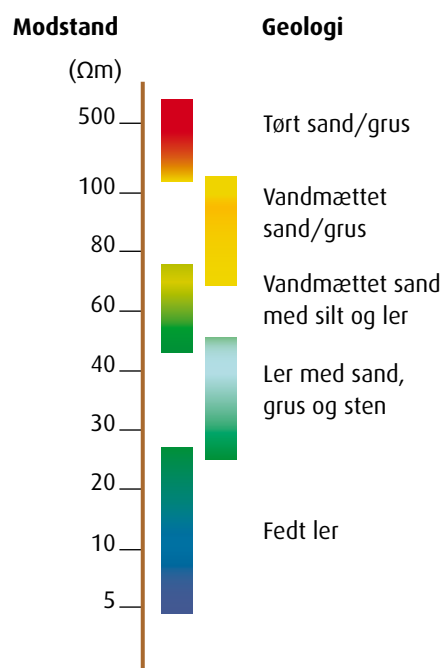


Foto: Kristian Jerslev

Resistivitetsværdier i forskellige jordtyper



EKSTRA

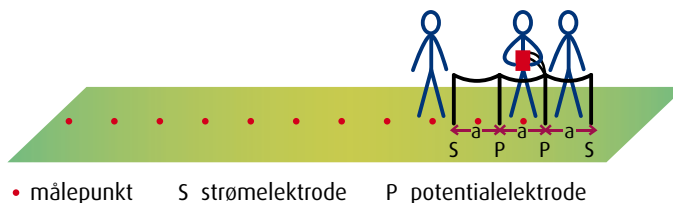
Udvid forsøget med at måle på forskellige jordbundstyper eller samme jord, men med forskellig fugtighed.

EKSTRA

Mål eventuelt sammenhængende værdier mellem resistiviteten som funktion af afstanden mellem indre og ydre kredselektrode.

Eksempler på resistivitet i danske jordarter	
Jordart	Resistivitet
Tertiært fedt ler	1-20 Ωm
Moræneler	40-80 Ωm
Morænesand	70-100 Ωm
Sand og grus i grundvand	70-500 Ωm
Sand og grus over grundvandet	100-10.000 Ωm

Wenner-måling



Hvorfor er den elektriske modstand i ler lav?
Hvorfor er tørt grus og sand oftest dårlige ledere?

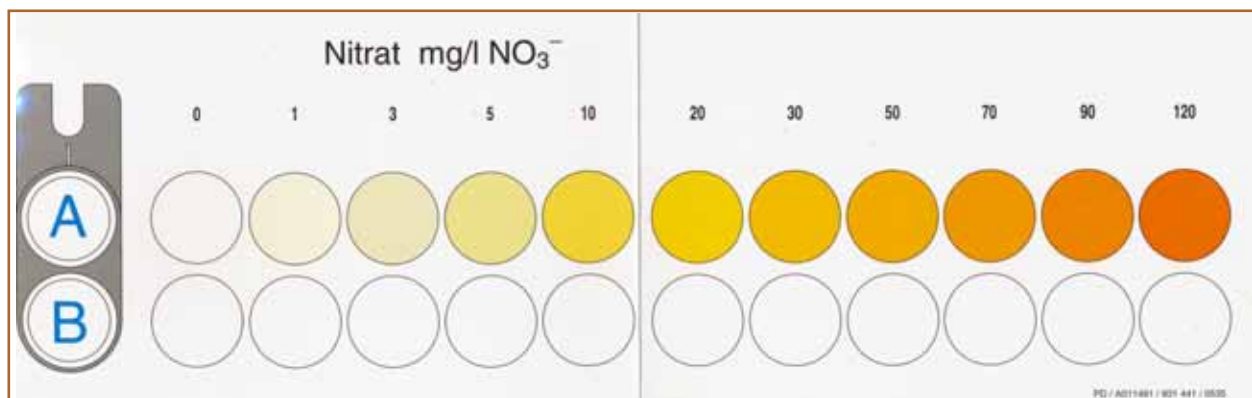
EKSTRA

Undersøg selv mere om:
Resistivitet
Jordens ledningsevne
Andre jordarters resistivitet



Foto: Videncenter for Jordforurening

Jordens nitratindhold



Teori

Jordens indhold af nitrat har stor betydning plantevæksten, idet planterne bruger nitrat til at opbygge bl.a. proteiner, ATP og DNA.

Hvis der tilføres for meget nitrat, eller hvis planterne eksempelvis på grund af årstiden ikke kan nå at bruge nitraten, vil denne sive ned gennem jordlaget. Nitrat, NO₃⁻, er en negativt ladet ion og vil derfor ikke binde sig i jorden, da jordkolloiderne og lerpartiklerne også er negativt ladet. Nitraten vil derfor hurtigt bevæge sig gennem jorden og ned til grundvandet.

I dette forsøg vil vi teste jords indhold af nitrat ved hjælp af et såkaldt testkit.

Materialer

- Nitrat-test-kit – her Visicolor® ECO
- Jordprøve – ca. 10 g
- Demineraliseret vand
- Bægerglas
- Spatel

Fremgangsmåde

Følg vejledningen på kortet i kittet og læs her:

1. Opslem jordprøven i 50 mL vand – rør godt rundt
2. Lad jorden bundfælde
3. Udtag nu med den i kittet medfølgende pipette 5 mL prøvevand til det første glas, A. Skru låget på
4. Udtag derefter igen 5 mL prøvevand til det andet glas, B
5. Tilsæt derefter 5 dråber NO₃⁻-1-opløsning til glas B. Bemærk: Flasken har dråbelåg. Skru låget på, og bland ved at vende glasset op og ned et par gange
6. Tilsæt derefter en mikroskefuld NO₃⁻-2-pulver til glas B
7. Skru låget på glas B og ryst godt
8. Lad glasset stå stille i 5 minutter
9. Stil derefter de to glas i holderen. Vend vejledningsarket om, og placer holderen på arket: A-glasset placeres ud for rækken med gule pletter og B-glasset ud for de farveløse pletter
10. Flyt holderen og aflæs resultatet der, hvor der er match med den gule/orange farve

Hvorfor tester man jord og vand for nitratindholdet?

Jordens fosfatindhold

Materialer

- Fosfat-test-kit – her Visicolor© Eco Phosphate
- Jordprøve – ca. 10 g
- Demineraliseret vand
- Bægerglas 250 mL
- Spatel
- Tragt
- Lille bægerglas
- Filtrepapir

Fremgangsmåde

1. Se det indlagte pictogram
2. Opslem jordprøven i 50 mL vand – rør godt rundt
3. Lad jorden bundfælde
4. Filtrer vandet – det opsamlede vand er 'testvandet'
5. Skyl prøverøret et par gange med testvandet og fyld det op til 5 mL-ringen
6. Tilsæt 6 dråber PO_4^{3-} -1 og bland ved at hvirvle rundt
7. Tilsæt 6 dråber PO_4^{3-} -2 og bland ved at hvirvle rundt
8. Efter 10 minutter stilles prøveglasset i holderen, og farven sammenlignes med prøvekortet. Den aflæste værdi kan også anslås mellem to på hinanden følgende farvenuancer

OPGAVE

Undersøg, hvilken rolle fosfat i jorden spiller.



Foto: Videncenter for Jordforening

Affald

Prøvens indhold kan efterfølgende hældes i vasken og dermed fjernes med almindeligt husspildevand

Interferens

Hvis der er store mængder af oxiderende stoffer til stede, vil disse kunne hæmme dannelsen af det blå farvekompleks.

OPGAVER

Hvor højt er kaliumindholdet i forskellige jordtyper?

Hvilken betydning har kalium for dyrkningen af landbrugsafgrøder?

Vands og jords kaliumindhold

Kalium reagerer med natrium-tetraphenylborat, hvorved der dannes et præcipitat. Denne udfældning kan, hvis man kender mængden af tilsat natrium-tetraphenylborat, benyttes som mål for kaliumindholdet.

I grundvand ligger det naturlige kaliumindhold på 1-2 mg/L K⁺.

I jord finder man ofte værdier, der er noget højere, fx 50 mg/L. Derfor bør man fortynde prøven 5 eller 10 gange, såfremt der ved første måling viser sig at være meget høj koncentration af kalium.

Materialer

- Kalium-test-kit – her Visicolor© Eco Potassium
- Jordprøve – ca. 10 g
- Demineraliseret vand
- Bægerglas
- Spatel
- Tragt
- Lille bægerglas
- Filtrepapir
- Evt. filter 45 µm

Affald

Prøvens indhold kan efterfølgende hældes i vasken og dermed fjernes med almindeligt husspildevand

Interferens

Det er vigtigt, at prøven er filtreret grundigt inden testen, idet det ellers kan være svært at afgøre, hvorvidt grumsetheden skyldes udfældningen, eller blot er testens egen grumsethed.

BEMÆRK

K-1 indeholder natriumhydroxid < 5 %, der ætser. Såfremt man får noget i øjet, skylles der straks med rigelige mængder vand, og der søges læge.

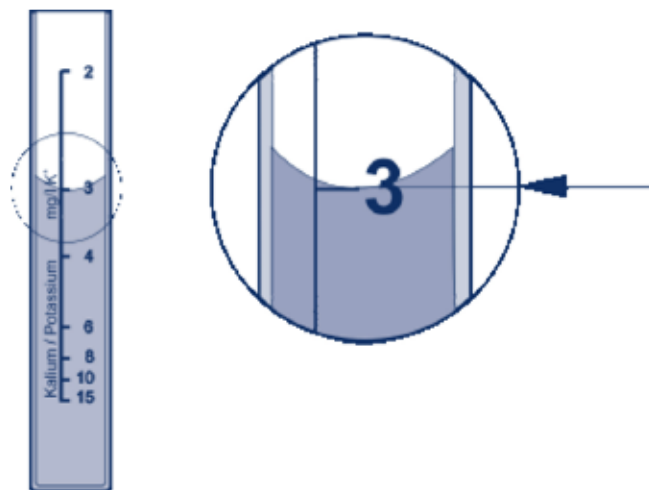
Bær handsker og sikkerhedsbriller.

Metode

Måling af grumsethed med natrium-tetraphenylborat
Måleområde: 2-15 mg/L K⁺

Fremgangsmåde

1. Opslem jordprøven i 50 mL vand – rør godt rundt
2. Lad jorden bundfælde
3. Skyl prøverøret fra kittet et par gange med testvandet, og fyld det op til 5 mL markeringen
4. Tilsæt 15 dråber K-1, luk glasset og bland
5. Tilsæt en måleskefuld K-2, luk glasset, og ryst kraftigt i mindst 30 sekunder, indtil alt er helt opløst. Opløsningen vil blive mere eller mindre grumset
6. Hæld væsken fra prøverøret over i målerøret, indtil det sorte kryds i bunden ikke længere kan skimtes, når der kigges ned i røret direkte ovenfra
7. Derefter aflæses kaliumkoncentrationen ved bunden af væskeoverfladen (se figuren)
8. Skyl derefter straks røret grundigt med vand. Brug en flaskerenser, hvis det er nødvendigt
9. Følg i øvrigt kittets anvisninger





TIL INSPIRATION

Find mere inspiration og viden om jordbund og jordforurening på:

Energi og olieforum

Videncenter for Jordforurening

www.geologisknyt.dk

GEUS

Geoviden

www.miljoportal.dk



Videncenter
for Jordforurening



GEOGRAFILÆRERFORENINGEN
for gymnasiet og HF