

# Modellering af den permeable belægning

## Kort om forløbet

I dette forløb skal eleverne arbejde undersøgende med materialer, der kan skabe små hulrum, som kan give et vandreservoir, som det der opbygges under en permeabel belægning. Derefter skal de besøge et rigtigt anlæg og opmåle arealet af det permeable område. I klassen kan de derefter udregne områdets kapacitet samt lave en model af anlægget med deres eget valg af hulrumsmateriale.

Forløbet er et af flere forløb udviklet til brug ude på klimatilpasningsanlæg rundt i landet og del af et større tema omkring klimatilpasning til fremtidens regnvandsmængder. Se temasiden "klimatilpasning". Øvelsen kan suppleres med endnu en øvelse knyttet til den permeable belægning. Denne kan findes på temasiden.

I finder en lokal permeabel belægning ved at søge på "Klimatilpasningsanlæg" på kortet, hvor I også kan læse oplysninger om det konkrete klimatilpasningsanlæg.

Under kopiark finder I forløbet opdelt i mindre sektioner, som kan printes efter behov til eleverne.

## Formål

Formålet er at arbejde med den permeable belægning som løsningsforslag til menneskeskabte klimaudfordringer i form af øgede regnmængder. Herunder ved at fremstille og arbejde med modeller af den permeable belægning.

Eleverne kommer til at opnå teoretisk viden om:

- klimatilpasning til øgede regnmængder
- funktionen og opbygning af en permeabel belægning

Eleverne kommer til at lave praktisk arbejde med at

- undersøge forskellige hulrumsskabende materialer
- opmåling af areal
- udregning af kapacitet
- vurdering af den permeable belægning som klimatilpasningsløsning
- modelfremstilling af en permeabel belægning med egne materialer

## Teori

### Klimatilpasning til fremtidens regnmængder

På grund af klimaforandringer oplever vi i Danmark stigende temperaturer og øgede regnmængder. Den stigende regnmængde, og det faktum at der udbygges af veje, fortove, bygninger og andet, som regnvandet ikke bare kan sive ned i gør, at presset øges på kloakledningerne, som ikke længere kan håndtere den mængde vand, der ledes i dem. Mange steder har man separat kloakeret, således at spildevand og regnvand fra byens overflader adskilles. Dermed forhindres spildevandet i at skylle tilbage op gennem afløb inde i husene, når det regner meget, og kloakledningerne bliver fyldt op. Regnvandskloakken er slet ikke forbundet med spildevandet, og ved store regnskyl vil tilbageløb eller overløb ske ud i naturen eller på vejene. Det separerede regnvand er renere end spildevand, men dog ikke rent nok til at kunne ledes direkte ud i naturen, da regnvandet på dets vej samler forurening op fra veje, tage og fortove. Det er dyrt (og ikke altid praktisk muligt) at grave nye større regnvandskloakledninger ned, så man undgår overløb. Derfor må de øgede regnvandsmængder fra byerne håndteres på en anden måde. En mulighed er at lade overfladevandet nedsive lokalt i stedet for at ledes i regnvandskloaker. Det er derfor oplagt at udpege eller opbygge områder, hvor regnvandet hurtigt kan sive ned i de dybere jordlag.



Foto: Lisa Risager (DinGeo.dk)

## Permeable belægninger

### Opbygning og funktion af permeable belægninger

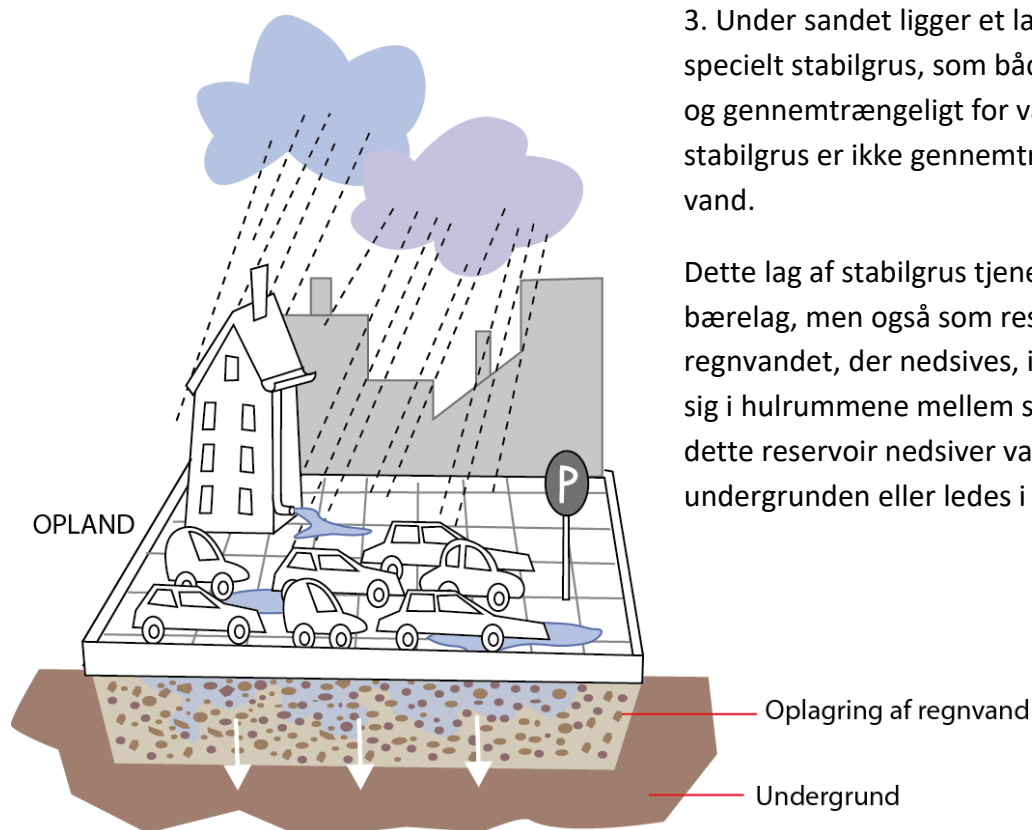
Vi dækker kæmpe områder med tagflader, fortove, parkeringspladser og asfalt. Et samlet ord for disse overdækkede arealer er *befæstede* arealer. Her kan regnvandet ikke sive ned og genererer en masse vand, som skal håndteres af kloakkerne.

Men vi har brug for vores veje og parkeringspladser. Løsningen kan være at lave asfalt eller fliser, som er gennemtrængelige for vand – altså *permeable*. Undergrunden skal i så fald være nedsivningsegnet, eller også kan man danne et reservoir under den permeable overflade, hvor vandet kan samle sig og evt. ledes væk til et bassin eller andet.

Virksomhederne NCC og IBF har i samarbejde udviklet en række permeable belægningstyper. Deres produkter spænder over permeable flisebelægninger til stier, haver, parker og parkeringspladser over permeable asfaltbelægninger til veje og til permeable vejbrønde, som kan nedsive vandet fra ikke-permeable vejbelægninger.

De permeable belægninger har følgende opbygning (se figur):

1. Fliser eller asfalt, der er designet så porestørrelsen tillader regnvand hurtigt at sive igennem.
2. Mellem fliser og under det øverste lag ligger et lag gennemtrængelig sand.



3. Under sandet ligger et lag på 40-50 cm specielt stabilgrus, som både er tryksikkert og gennemtrængeligt for vand. Almindeligt stabilgrus er ikke gennemtrængeligt for vand.

Dette lag af stabilgrus tjener både som bærelag, men også som reservoir for regnvandet, der nedsives, idet vandet lægger sig i hulrummene mellem stenene i laget. Fra dette reservoir nedsiver vandet videre ned i undergrunden eller ledes i regnvandskloak.

Er undergrunden leret kan det være nødvendigt med et tykkere lag stabilgrus, som kan rumme mere vand. Ligger grundvandet højt kan det være nødvendigt at aflede vandet via et dræn under drænlaget.

### ***Belægningen skal kunne holde til tryk***

Der er mange typer materialer, der kan indeholde en masse vand, men for bærelaget på en permeabel belægning, er det også vigtigt, at underlaget kan holde til et stort tryk, når det er vandmættet. Dette er, fordi permeable belægninger skal kunne holde til at biler parkerer eller kører ovenpå eller i det mindste, at mennesker tørskoet kan passere. Drænstabil er et produkt, der er udviklet til at kunne rumme en masse vand og samtidig kunne holde til at biler og lastbiler kører henover.

### ***Vedligehold af den permeable belægning***

Det er vigtigt for den permeable belægnings funktion, at vandet let kan sive ned gennem fliserne til de underliggende lag. Derfor er fliserne designet med store porer til vandet, der er fyldt med grovkornet sand, som vandet let kan gennemtrænge.

Dog vil der over tid ophobe sig andet sand og jord, som langsomt fylder alle porerne ud. Resultatet er, at det øverste lag ikke længere er gennemtrængelig for vand. Løsningen er da at spule fugematerialet op og lægge nyt materiale i.

## Forberedelse

### Oplæg på klassen

Start forløbet i klassen med gennemgang af teori afsnittet.

### Læringsmål

Formålet med den konkrete øvelse er at arbejde undersøgende med forskellige materialers evne til at danne hulrum samt andre parametre, der er vigtige for den permeable belægnings opbygning. Senere skal eleverne ude i felten undersøge, hvordan rigtige permeable anlæg ser ud og opmåle anlæggets areal, med henblik på at lave en model kopi derhjemme.

- Hele klassen formulerer i fællesskab en overordnet problemstilling. Et eksempel kunne være: "Hvordan kan etableringen af permeable belægninger løse udfordringer skabt af klimaforandringer".
- Formuler sammen med læreren læringsmål for forløbet.

Kom eventuelt omkring følgende arbejdsspørgsmål:

1. Hvorfor skal vi lave permeable belægninger?
2. Hvilke lag er en permeabel belægning opbygget af?
3. Hvor ender vandet, som lander på en permeabel belægning?

### Klasseopgave: Hulrumsvolumen

Undersøg via følgende opgave, hvilke typer underlag man kan udnytte til at lave et reservoir under en permeabel belægning.

## Undersøgelse på skolen – hulrumsvolumen

**Formål:** At arbejde undersøgende med forskellige materials evne til at danne hulrum samt andre parametre, der er vigtige for den permeable belægnings opbygning.

Under en permeabel (vandgennemtrængelig) belægning skal der være plads til, at vandet hurtigt kan sive ned. Derfor skal der være en stor tom volumen, som kan fyldes op med vand. Derudover skal belægning og underlag holde til, at der kan køre biler ovenpå.

I denne opgave skal vi arbejde undersøgende med at finde et fast underlag, der kan virke som et reservoir til vand. Dette materiale skal være stabilt mod tryk, men også have mange hulrum – altså et stort *hulrumsvolumen*.

Vælg 3-5 materialer, der skal testes og giv et bud på hvilket materiale, der vil virke bedst som underlag/bærelag i en permeabel belægning.

### **Materialer**

3-5 Gennemsigtige bægerglas pr. hold

Vand

Underlagsmaterialer fx strandskaller, sand, grus, sten, andet...

## Vejledning

Alle data føres ind i resultatskemaet:

1. Fyld bægerglassene med materiale op til fx 200ml.
2. Hæld vand i de fyldte bægerglas, til der er vand op til toppen af materialet.
3. Notér hvor meget vand, du har brugt til at fylde op for hvert materiale.
4. Udregn hulrumsprocenten, således:

$$\frac{\text{Rumfang af vand (ml)}}{\text{Rumfang af materiale (ml)}} \times 100 \%$$

5. Sammenlign materialernes hulrumsprocent.
6. Sammenlign materialernes trykfasthed – hvor svært/let, det er at trykke en tommelfinger ned midt i materialet – efter, der er kommet vand på. Find selv på karakterenheder for denne egenskab.
7. Undersøg hvad materialet koster og vurder, hvor let det er at skaffe. Giv en god karakter for lav pris og let tilgængelighed.
8. Lav en rangordning af de testede materialer således at det bedste materiale får karakteren 1 og næstbedste karakteren 2 osv.

## Resultatskema

Type materiale					
Hulrumsprocent					
Trykfasthed					
Pris					
Tilgængelighed					
Egnethed som bærelag					

## Opsummering og konklusioner

1. Hvilken type materiale virkede bedst som underlag?
2. Hvilke egenskaber på dette materiale gør, at det virker godt som underlag i den permeable belægning?

## Planlæg turen

For at løse opgaven skal I ud til en permeabel belægning.

1. Find den nærmeste permeable belægning på kortet på hovedsiden ved at klikke "Klimatilpasningsanlæg af" og finde de permeable belægnings på kortet.
2. Print oversigtskortet over anlægget og find ud af, hvordan I skal finde rundt på anlægget, når I kommer derud.
3. Planlæg turen, så alle ved, hvad de skal, når I når ud til den permeable belægning.
  - Hvornår skal vi afsted?
  - Hvordan kommer vi derhen?
  - Hvad skal vi have med, og hvem tager hvad med?
  - Skal klassen arbejde sammen, eller skal den opdeles i grupper?
  - Hvilke områder ved den permeable belægning skal undersøges og hvordan?
  - Hvad skal dokumenteres, hvordan og af hvem?

### **Materialer**

- Oversigtskort over anlægget (kan printes fra beskrivelsen af det aktuelle anlæg under kort funktionen).
- Målebånd
- Skrivematerialer, resultatark, lineal og skriveunderlag
- Evt. kamera til dokumentation.



## Sådan gør I

**Formål:** at undersøge hvordan rigtige permeable anlæg ser ud og opmåle anlæggets areal med henblik på at lave en model kopi derhjemme.

### Sådan gør du

1. På nogle anlæg er der en infoplanche. Find denne og læs om anlægget. Alternativt kan oplysninger om det aktuelle anlæg findes under kortfunktionen på "Skoven i Skolen".
2. Opmål arealet af den permeable belægning og noter alle mål på resultatarket til feltundersøgelsen. Lav også en skitse af området og indtegn mål. Bemærk, at det måske ikke er hele belægningen som I undersøger, der er permeabel.
3. Se om I kan finde ud af, hvor vandet løber hen fra den permeable belægning, samt hvor vandet vil løbe ud, hvis anlægget mættes med vand.
4. Tag evt. billeder af området.

## Resultat ark til feltundersøgelse af permeabel belægning

- Tegn en skitse af det permeable område og indtegn mål, (læg mærke til at hele belægningen måske ikke er permeabel).
- Hvis området ikke er firkantet, kan man dele området op i små figurer, som man kan udregne arealet af. Det kunne f.eks. være cirkler eller retvinklede trekanter. Se også formen på det medbragte oversigtskort.

Tegn skitse her

## Efterbehandling

### Udregning af kapacitet

På "Skolen-i-Skoven" på kort-funktionen findes en beskrivelse af jeres permeable belægning. Brug denne til at finde informationer om anlægget og størrelsen af oplandet til anlægget. Nogle permeable belægnings nedsliver kun vand, der lander på selve belægningen og har derfor intet opland ud over sin egen flade.

1. Hvis det permeable område kun håndterer regnvand, der rammer selve belægningen, gøres følgende. Du udregner det vand, der skal håndteres ved at gange arealet af anlægget med regnmængden, der kommer under fx et skybrud, hvor der kommer 15mm regn på kort tid. Hint; 1L = 1dm<sup>3</sup>.
2. Hvis der er et opland ud over selve den permeable belægning gøres følgende.
  - a. Print et billede af anlæggets opland fra beskrivelsen af anlægget på kortfunktionen.
  - b. Find det samme område på Google Maps og vurder, hvor stor procentdel af oplandet til anlægget, der er dækket af asfalt, tage, og fortove.  
Vi antager, at alt vandet, der lander på opland med fortov, tag, eller fliser, løber direkte ned til anlægget, og at alt vand, der lander på jord, græs eller grusområder, siver ned i jorden i stedet.
  - c. Udregn mængden af vand, der skal håndteres ved at gange regnmængden med arealet af det permeable område plus den andel af oplandsarealet, som er befæstet.
  - d.
3. Hvis vi antog, at materialet under anlæggets belægning var af samme slags som jeres bedste hulrumsmateriale fra hjemme-testen. Hvor langt ned skulle materialet så graves for at lave et stort nok hulrum til den mængde vand?

### Perspektivering

1. Se på Google Maps og undersøg oplandet til klimatilpasningsanlægget. Hvilke type befæstede arealer i anlæggets opland vil kunne skiftes ud med permeable belægnings, som den I har undersøgt?
2. Hvad ville være fordele og ulemper ved at skifte disse belægnings ud?

## Modellering og kommunikation

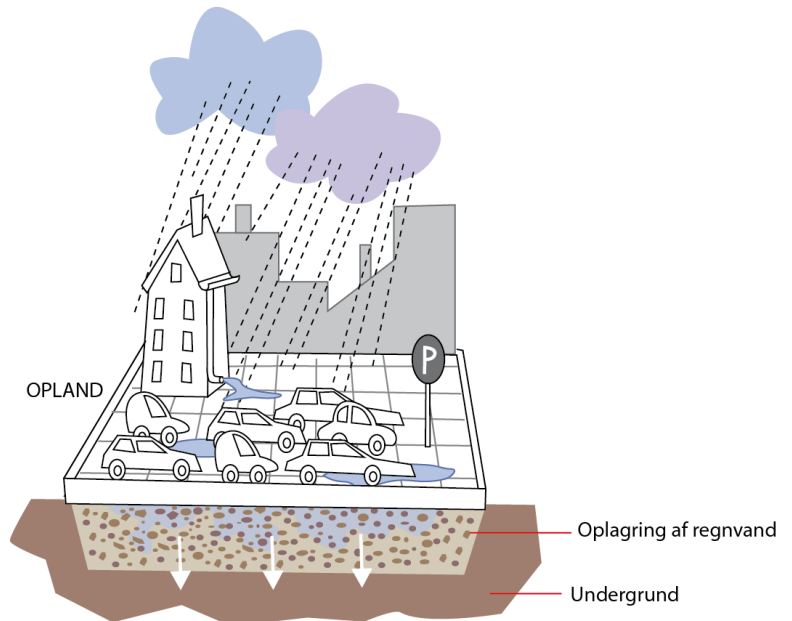
Som præsentation af jeres resultater laves en model af den permeable belægning i selvvalgt målestoksforhold. I skal bruge jeres bedste underlagsmateriale og bygge et design, hvor I kan vise, hvorledes det permeable underlag fungerer. I kan se opbygningen af den permeable belægning på figuren og læse mere om denne i introduktion.

Materialer til jeres model kunne være:

- En vandtæt kasse
- Underlagsmateriale
- Fliser, rist, cellemursten eller andet til overflade
- evt. et kloak rør, der leder vandet væk fra underlaget.

Specifikke fagord og termer, der kan bruges til at kommunikere emnet:

- Permeabel belægning
- Befæstet areal
- Opland
- Hulrumsprocent
- Materialetrykfasthed



## Forslag til videre arbejde

På temasiden om klimatilpasning kan du læse mere, samt finde flere opgaver rettet mod forskellige typer klimatilpasningsanlæg.

Det er oplagt at inddrage flere øvelser omkring klimatilpasning i ét samlet forløb. Der vil her være overlap mellem indholdet af de forberedende øvelser, men også dele som er unikke for de specifikke opgaver.

Følgende opgaver om klimatilpasning kunne være gode at kombinere med opgaven:

- Nedsivning af regnvand – partikkelstørrelser
- Gennemtrængelige belægninger
- Plan B
- Æstetik og funktionalitet
- Befæstede arealer og afløbsmængder