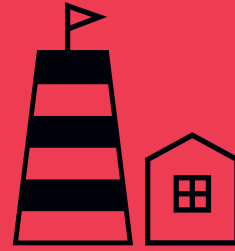


# STRANDEN DIGER OG PORTE



## LÆRERVEJLEDNING

7. - 9. klasse

Geografi/Fysik

Varighed ca. 6 lektioner (ca. en 1 1/2 time under besøget)

### Emneord

Energi, interesseudsættninger,  
udnyttelse af naturgrundlaget, naturgrundlagets  
betydning for menneskers levevilkår

#### Diger og porte. Lærervejledning

Udarbejdet af Experimentarium og Københavns Professionshøjskole

© Experimentarium 2018

# EXPERI MENT ARIUM

#### Forfatter

Grethe Beiskjær Christensen/Københavns Professionshøjskole

#### Faglig konsulent

Mai Murmann/Experimentarium

#### Redaktion

Pia Maria Lie/Experimentarium

Morten Philipps og Thomas Dyreborg Andersen/Københavns Professionshøjskole

#### Grafisk tilrettelæggelse

Anne Kjeldsen/Experimentarium

Frøken Madsen

#### Evaluerings og test af forløbet

Morten Philipps og Christian Mathias Gulmann

[www.experimentarium.dk](http://www.experimentarium.dk)

Fri kopiering til undervisningsbrug

Undervisningsmaterialet er støttet af TrykFonden

# INDHOLDSFORTEGNELSE

<b>INDLEDNING</b>	<b>3</b>
<b>FORMÅL</b>	<b>3</b>
<b>METODE</b>	<b>3</b>
Spørgeskema før, under og efter	<b>3</b>
<b>MÅL</b>	<b>4</b>
Fælles mål	<b>4</b>
Læringsmål	<b>4</b>
<b>ORGANISERING OG LÆRERENS ROLLE</b>	<b>4</b>
<b>FØR BESØGET</b>	<b>5</b>
<b>UNDER BESØGET</b>	<b>5</b>
Eksempler på fejkilder	<b>5</b>
Undersøgelse	<b>6</b>
<b>EFTER BESØGET</b>	<b>6</b>
Forslag til to cases	<b>6</b>
<b>BAGGRUNDSVIDEN</b>	<b>7</b>
Potentiel energi	<b>7</b>
Vand i bevægelse = energi	<b>7</b>
Potentiel energi	<b>8</b>
Vandkraft og miljø	<b>9</b>
Ulemper ved vandkraft	<b>9</b>
Vandkraft i Danmark?	<b>10</b>
<b>INSPIRATION TIL FLERE ØVELSER</b>	<b>10</b>

## INDLEDNING

I **Diger og porte** er der en stadig strøm af vand. Eleverne har mulighed for at manipulere med vandet ved at flytte rundt på de grønne "diger". **Diger og porte** kan bruges induktivt, hvor eleverne undersøger og observerer, hvad der sker med vandet, når de flytter rundt på digerne.

**Diger og porte** kan også bruges til en mere systematisk og struktureret undersøgelse, hvor eleverne foretager energiberegninger. Det er sidstnævnte øvelse, undervisningsforløbet lægger op til.

Undervisningsforløbet **Diger og porte** i udstillingen Stranden består af:

- en video, der introducerer udstillingen Stranden, som **Diger og porte** er en del af.
- en video, der introducerer eleverne for den problemstilling, som de skal arbejde med i **Diger og porte**.
- et spørgeskema der skal udfyldes af eleverne før, under og efter besøget på Experimentarium.
- denne lærervejledning.

## FORMÅL

Formålet med forløbet er overordnet, at eleverne udvikler deres undersøgelses-, modellerings- og perspektiveringskompetence i naturfag. Der arbejdes med potentiel energi i vand. Eleverne skal først foretage målinger så den potentielle energi i vandstrømmen kan beregnes. Dernæst skal de undersøge, om nogle opstillinger giver en bedre potentiel energiudnyttelse end andre. Herefter kan de fx perspektivere til naturgrundlagets indflydelse på energiproduktion og energiproduktionens indflydelse på naturgrundlaget.

Da det særligt er undersøgelseskompetencen, der er i spil, er det ikke afgørende, at eleverne på forhånd kender til begrebet potentiel energi. Det vil være oplagt at inddrage øvelsen i et tværfagligt forløb mellem eksempelvis fysik og geografi.

## METODE

Undervisningsforløbet **Diger og porte** er inspireret af metoden Flipped Learning. Den didaktiske tanke er, at video og spørgsmålene i spørgeskemaet stilladserer elevernes undren, læring og arbejde med de konkrete opgaver før, under og efter besøget. Eleven kan tage fotos og bringe med hjem som data til efterbehandling.

### SPØRGESKEMA FØR, UNDER OG EFTER

Som lærer kan man vælge enten at printe spørgeskemaerne eller bruge digitale spørgeskemaer, som eleverne kan besvare via mobilen. De digitale spørgeskemaer kræver, at lærere og elever på skolen har tilknyttet en Google-konto.

Lærere kan i Google-udgaven forholde sig til svarene løbende og på den måde få indblik i elevernes forudsætninger og arbejdsindsats og gå i dialog med dem ud fra dette. Dermed kan undervisningen tilrettelægges med afsæt i elevernes forståelse. Det er muligt at ændre spørgsmålene i Google-skemaet efter det er kopieret fra Experimentariums hjemmeside, så eleverne besvarer andre eller flere spørgsmål. Du finder vejledning til brugen af Google skemaet på Experimentariums hjemmeside under forløbet.

# MÅL

## FÆLLES MÅL

### 7. - 9. klasse, geografi

#### Kompetenceområde: Undersøgelse, Undersøgelser i naturfag

- Eleven kan formulere og undersøge en afgrænset problemstilling med naturfagligt indhold.
- Eleven har viden om undersøgelsesmetoders anvendelsesmuligheder og begrænsninger.
- Eleven kan indsamle og vurdere data fra egne og andres undersøgelser i naturfag.

#### Kompetenceområde: Perspektivering, Perspektivering i naturfag

- Eleven har viden om interesseudsætninger knyttet til bæredygtig udvikling.

## LÆRINGSMÅL FOR FORLØBET DIGER OG PORTE

- Eleven kan foretage en stilladseret, systematisk dataindsamling.
- Eleven kan finde og diskutere fejlkilder i dataindsamlingen.
- Eleven kan designe og udføre en systematisk undersøgelse.

## ORGANISERING OG LÆRERENS ROLLE

For at få mest muligt ud af undervisningsmaterialet, er det meget vigtigt, at du og eleverne bruger spørgeskemaet aktivt, både i før-fasen men i særdeleshed også i under- og efter-fasen.

I dette forløb er skemaet struktureret som en øvelsesvejledning, der guider eleverne gennem den første måling ved hjælp af spørgsmål og billeder. Når først eleverne har fundet logikken i målingerne, er det nemt for dem at gøre det igen. De kan godt have brug for din hjælp og støtte i starten. Det er derfor en god ide, at du som lærer har et godt indblik i de opgaver, der skal løses i spørgeskemaet under besøget. Når eleverne først har fundet ud af, hvad de skal, tager den første måling cirka 15 minutter at udføre.

Vi anbefaler, at eleverne hjemmefra er delt i grupper på to til tre elever. Under besøget kan du lade to grupper arbejde i opstillingen ad gangen. De øvrige elever kan gå på opdagelse i resten af udstillingen Stranden. Lav evt. en turnusordning hjemmefra. Selvom eleverne arbejder i grupper, er det vigtigt, at de noterer individuelt i spørgeskemaet.

Den første øvelse kan eleverne udføre sammen, med støtte fra dig. I den næste skal eleverne lave flere beregninger, og her kan de skiftes til at foretage dem. Vi anbefaler, at eleverne medbringer papir og blyant eller lignende, selvom I bruger digitale spørgeskemaer.

Eleverne skal lave målinger, der gør dem i stand til at beregne den potentielle energi i vandstrømmen. De skal således måle på faldhøjden fra vandet over "turbiner" (som i opstillingen er små røde skovlhjul), vandets hastighed og det tværsnit vandet strømmer igennem.

**Det er vigtigt, at I medbringer en lineal eller en tommestok, der er minimum 35 cm lang. Måleredskaberne skal kunne tåle at blive våde.**

For at finde vandets hastighed, skal eleverne desuden bruge et stopur. Hvis I har en vandstrømsmåler på skolen, kan I eventuelt medbringe den i stedet. Et eksempel på hvordan en undersøgelse kan struktureres, fremgår af spørgeskemaet.

## FØR BESØGET

I kan med fordel se den første video sammen i klassen. Videoen introducerer udstillingen Stranden og hjælper eleverne med at forstå, hvilken kontekst **Diger og porte** optræder i.

I kan også se den anden video sammen. Den introducerer problemstillingen, som eleverne skal arbejde med på Experimentarium.

Eleverne skal have spørgeskemaet uddelt eller tilsendt, afhængigt af om I bruger papir eller Google-skemaet, og have tid til at udfylde før-delen individuelt inden besøget.

## UNDER BESØGET



*I finder Diger og porte i udstillingen Stranden på 1. sal.*

Eleverne skal foretage målinger i opstillingen og udfylde spørgeskemaet.

### EKSEMPLER PÅ FEJLKILDER

Der er en del fejlkilder i undersøgelsen, som eleverne kan diskutere.

En af dem er beregningen af vandføringen. I spørgeskemaet er der lavet en anvisning på, hvor de skal måle bredden og dybden af vandet, som skal danne udgangspunkt for beregningen af masse. Når der måles hastighed, vil hastigheden variere alt afhængigt af bredden på vandløbet, men de måler et gennemsnit og altså ikke kun der, hvor de har målt bredden. Der sker også en indsnævring inden vandet løber ned over hjulet, der har en betydning for hastigheden og den masse, der rent faktisk strømmer ned over hjulet.

En anden fejlkilde er, at faldhøjden i beregningen sættes lig vanddybden, før vandet falder ned over hjulet. Dette er ikke helt korrekt, det burde have været forskellen i højde på vandspejlet før og efter hjulet. Denne forskel er ikke ret stor, så for ikke at øge kompleksiteten er den sat lig vanddybden før hjulet. Igen, hvis eleverne bemærker dette, er det rigtig godt!

## UNDERSØGELSE

Når eleverne er færdige med den første beregning af potentiel energi, er det målet, at de skal undersøge, hvad der sker, når de manipulerer med vandstrømmen ved hjælp af de grønne plastic-rektangler i udstillingen.

Ideelt set får de lavet mindst en yderligere beregning af den potentielle energi, så de kan sammenligne med den første beregning, hvor der kun er en port åben. Får de målt på mere end en port, skulle de gerne komme frem til, at der ikke er store afvigelser i den potentielle energi uanset hvor mange hjul, der drejer rundt. Der vil dog højst sandsynligt være en afvigelse, da der ikke er fuldstændigt lukket for vandet, selvom de grønne rektangler er på, og der er derfor vandstrøm, de ikke får målt. Når der kun er en port åben, vil der også være et overløb af vand; vandet vil strømme ved siden af hjulet, hvilket eleverne gerne skal observere og notere sig som en fejkilde.

I deres undersøgelse af om der er nogle muligheder, der er bedre end andre, lægges der i spørgeskemaet op til, at de skal observere, hvad der sker med vandstrømhastigheden og vanddybden, når der gives henholdsvis mere og mindre plads til vandet.

Når eleverne har fundet frem til det, de vurderer er den bedste løsning, skal de tage et billede og gemme det. Eleverne skal ligeledes notere, hvilke overvejelser de har gjort sig omkring valg af placering. Der er ikke noget entydigt svar; det vil eksempelvis kunne diskuteres, om det er godt med en port åben, da der i dette tilfælde vil være en del overløb (vand der løber ved siden af hjulet) og dermed u-udnyttet potentiel energi, eller to hjul hvor man kan forvente, at der er energitab på andre måder.

## EFTER BESØGET

Efter besøget kan I begynde med at efterbehandle elevernes resultater og sammenligne deres forslag til, hvordan vandet bedst kunne manipuleres. Det er oplagt at inddrage fysik eller matematik for at øge forståelsen for beregningen.

Herefter kan I arbejde med perspektiveringskompetencen og eleverne kan undersøge hvilke problemstillinger, der knytter sig til etableringen af vandkraftværker.

Der er oplagte muligheder for fællesfagligt arbejde med biologi og fysik. I kan eksempelvis arbejde med et af de fælles faglige fokusområder:

- produktion med bæredygtig udnyttelse af naturgrundlaget
- bæredygtig energiforsyning på globalt og lokalt plan

## FORSLAG TIL TO CASES

### De tre slugters dæmning i Kina

I kan tage udgangspunkt i artiklen fra Politiken. En mulighed er at få eleverne til at lave en liste over, hvilke problemer der ridses op og herefter undersøge, hvordan de kan kobles til dæmningen og vandkraftværket.

Her kan der både arbejdes med fysikken i forbindelse med energi, med biologi i forbindelse med påvirkninger af økosystemer og geografi i forbindelse med floders betydning for levevilkår - både i manipuleret og naturlig tilstand.

<http://politiken.dk/udland/art5010794/Kinesisk-k%C3%A6mped%C3%A6mning-giver-problemer>

### Aswan dæmningen

Dette er et andet eksempel omkring samme problematik:  
Aswan dæmningen har ifølge artiklen både haft fordele og ulemper:  
<http://www.dr.dk/DR2/VidenOm/Temaer/Verdens+vidundere/20080722133159.htm>

## BAGGRUNDSVIDEN

De ældst kendte vandmøller i Danmark stammer helt tilbage fra 1100-tallet. Dengang udnyttede man dem ikke til elektricitet, men til mekanisk at drive møllesten for at få malet korn. Vandkraft er ikke længere udbredt i Danmark, hvilket skyldes de relativt små højdeforskelle i vores landskab.

### POTENTIEL ENERGI

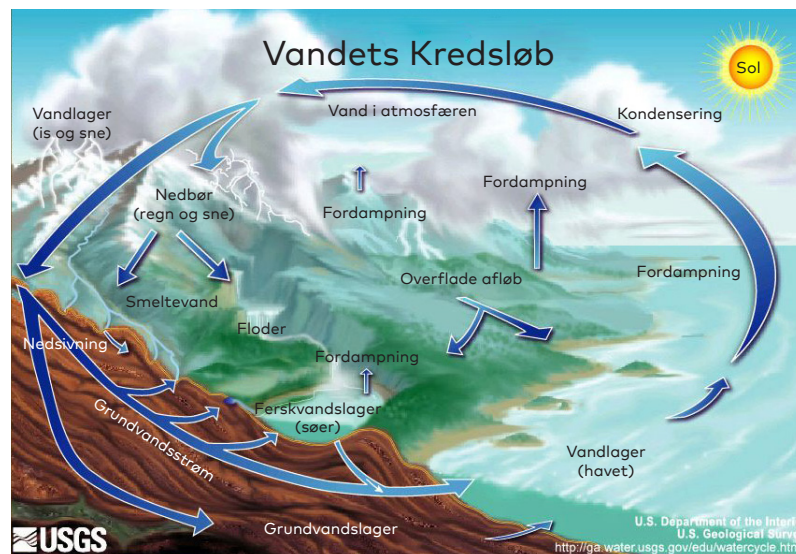
Af formelen for potentiel energi fremgår det, at mængden af vand og højde spiller en afgørende rolle for størrelsen på den potentielle energi. Manglen på bjerge betyder, at det er begrænset hvor meget potentiel energi, der er i de danske vandløb.

### Formlen for potentiel energi:

$$E_{\text{pot}} = m \cdot g \cdot h$$

I formelen står m for massen af det vand, der strømmer gennem turbinerne i vandkraftværket, h er den opstemmede højde, det vil sige afstanden fra vandspejlet til turbinen, og g er tyngdeaccelerationen.

### VAND I BEVÆGELSE = ENERGI

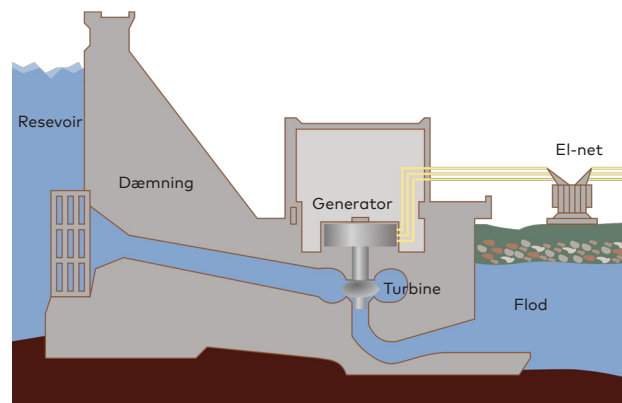


Figur 1: Vandets globale kredsløb (By John M. Even / USGS, via Wikimedia Commons).

Vi har masser af vand på vores klode – ca. 70 % af jordens overflade er dækket af vand. Det repræsenterer en stor mængde potentiel energi, som vi kan drage nytte af. Vandet på Jorden gennemgår et kredsløb, der drives af solens varme (se figur 1).

Et typisk vandkraftværk består af tre dele: Et vandreservoir (kunstig eller naturlig sø), en dæmning til kontrol af vandmasserne og et kraftværk, der producerer den strøm, vi har brug for (se figur 2). For at producere strøm, åbnes luger i dæmningen, således at vand fra reservoiret kan strømme ind i de store rør, der fører til turbinerne.

Turbinerne drives af det strømmende vand og er forbundet til generatorer, der producerer elektricitet. Herfra kan elektriciteten så transporteres via el-nettet til de enkelte husstande.



Figur 2: Opbygningen af et typisk vandkraftværk.

By Tennessee Valley Authority; version by Tomia CC BY 2.5  
via Wikimedia Commons.

Mængden af elektricitet, der kan genereres på et vandkraftværk afhænger af to faktorer: Højdeforskellen fra det opdæmmede vand til turbinerne og mængden af vand, der strømmer igennem dem. Desto større fald og større mængde vand, der passerer gennem vandkraftværket, desto større mængde elektricitet kan vandkraftværket producere.

Man kan beregne den potentielle energi, som en given mængde opdæmmet vand ved en bestemt højde udgør, men man må samtidig regne med stort energispild i omformningen fra potentiel energi til elektrisk energi til fx uudnyttet varmeenergi.

### POTENTIEL ENERGI

Hvis vi forestiller os, at vi har et vandreservoir i 100 meters højde, som rummer 100.000 tons vand, kan vi beregne den potentielle energi:

$$E_{\text{pot}} = m \times g \times h = 100.000.000 \text{ kg} \times 9,82 \text{ m/s}^2 \times 100 \text{ m} = 9,82 \times 10^{10} \text{ Joule.}$$

- m = masse i kilo
- g = tyngdeaccelerationen
- h = højden over det valgte nulpunkt i meter

$9,82 \times 10^{10}$  Joule er altså den mængde energi, som bliver frigivet ved et fald.

1 kilowatt time er  $1000 \text{ Joule} \times 60 \text{ sekunder} \times 60 \text{ minutter} = 3600.000 \text{ Joule.}$

Vi kan altså omregne de  $9,82 \times 10^{10}$  Joule frigivet til ca. 27.277 kWh. Dertil skal man dog tage højde for, at der går en masse energi til spilde i form af gnidning mod røret og varmetab i generatoren.

### VANDKRAFT OG MILJØ

Selvom man undgår udledning af  $\text{CO}_2$ , når man producerer strøm ved hjælp af vandkraft, er der alligevel miljømæssige konsekvenser ved at benytte denne form for energiproduktion.



Ved at opdæmme floder kan man forårsage store forstyrrelser i det lokale økosystems plante- og dyreliv. For eksempel kan opdæmninger gå ud over fisk, som laks og ørred, der normalt vandrer lange strækninger mod strømmen for at lægge æg i den øvre del af floden. Hvis fiskebestandene bliver mindre, vil der mangle et led i flodens fødenet. Dette påvirker flodens naturlige biologiske balance. Man forsøger at minimere generne ved såkaldte "stiger", hvor fiskene kan vandre uden om dæmningerne.

Desuden kan vådområder oversvømmes, så de naturlige levesteder for en lang række organismer forsvinder.



Figur 3: Dæmningen ved De Tre Slugter ved Yangtze-floden i Kina. By Hugh. CC BY-SA 2.0 via Wikimedia Commons.

Opdæmninger kan også have store menneskelige omkostninger, fx når landbrugsland oversvømmes, og hele byer flyttes. Under konstruktionen af verdens største dæmning, 'De Tre Slugter' i Kina, der stod færdig i 2006, blev mere end 1,13 millioner mennesker tvangsforflyttet, fordi Yangtze-floden oversvømmede deres byer og mange gamle templer og unikke naturområder blev ødelagt. Dæmningen er over 2 kilometer lang og 100 meter høj.

Kraftværket ved Yangtze-floden kan producere op til 22.500 megawatt. Til sammenligning har et konventionelt fossilt kraftværk en typisk max effekt på 1.000 megawatt.

### **ULEMPER VED VANDKRAFT**

Ud over omkostninger for dyr og mennesker stiller ny forskning spørgsmålstejn ved, om vandkraftværker har den gavnlige effekt på udledningen af drivhusgasser, som det ofte antages. Problemet opstår, når dødt plantemateriale og andet organisk stof rådner i bunden af de opdæmmede vandreservoirer. Under forrådnelse dannes nemlig metangas. Det er en væsentlig stærkere drivhusgas end kuldioxid, idet gassen kan tilbageholde varme 20 gange mere effektivt. Problemet er særlig stort i tropiske områder med høje temperaturer og forholdsvis lavvandede reservoirer.

I Kina der er verdens største producent af vandkraft, ligger de fleste reservoirer imidlertid i tempererede områder, samtidig med at vanddybden er stor. Men med en nation i så kraftig vækst, bør man ikke undervurdere de nye fund. Tværtimod kan man komme metangasproblematikken i møde ved at konstruere reservoirer, hvor gassen kan opsamles og udnyttes som brændbar energikilde. Der er generelt både fordele og ulemper ved de fleste måder at producere elektricitet på, og også i fremtiden vil vi være nødt til at veje fordele og ulemper op mod hinanden, samtidig med at vi med forskning og innovation gør alt, hvad vi kan for at komme ulemperne i møde og vende dem til vores egen fordel.

### **VANDKRAFT I DANMARK?**

Til trods for at vi i Danmark hverken har bjerge eller store brusende floder, har vi alligevel et vandkraftværk, der bidrager med ca. 0,1 % af vores samlede energiforbrug. Gudenaacentralen eller Tangeværket blev bygget helt tilbage i 1921, og ligger ved Bjerringbro i Jylland. Ved at opdæmme Gudenåen er det lykkedes at skabe Danmarks største kunstige sø Tange Sø, hvor man formår at producere 14.054.938 kWh om året. Herved forsynes 3.000 husstande med ren strøm uden udslip af kuldioxid hvert år, og det sparer naturen for 5.790 tons CO<sub>2</sub> om året.

Vandkraft spiller dog en noget større rolle i Danmark, fordi vi køber strøm produceret ved vandkraft fra Sverige og Norge. Især om foråret, hvor smeltevand fylder floderne, er vandkraften billig, hvilket vi kan nyde godt af herhjemme.

## **INSPIRATION TIL FLERE ØVELSER**

Ved anlæggelse af dæmninger vil vandløb ændre sig. Hvis eleverne undersøger særligt store floder på Google Earth, vil de tydeligt kunne finde eksempler på opdæmninger af floder. Det er her igen oplagt at diskutere hvilke konsekvenser, det kan have haft, dengang dæmningen blev etableret. Etableringen af det lille, danske værk Tange-værket er et godt eksempel.