



Dette dokument samler nogle betragtninger over lagring af energi i vand, der enten pumpes op i en højtliggende sø, eller i en ”varmedunk” overdækket med jord, opfundet af Asger Gramkow +.

Og det skulle gerne give lidt forhold til energi og energimængder.

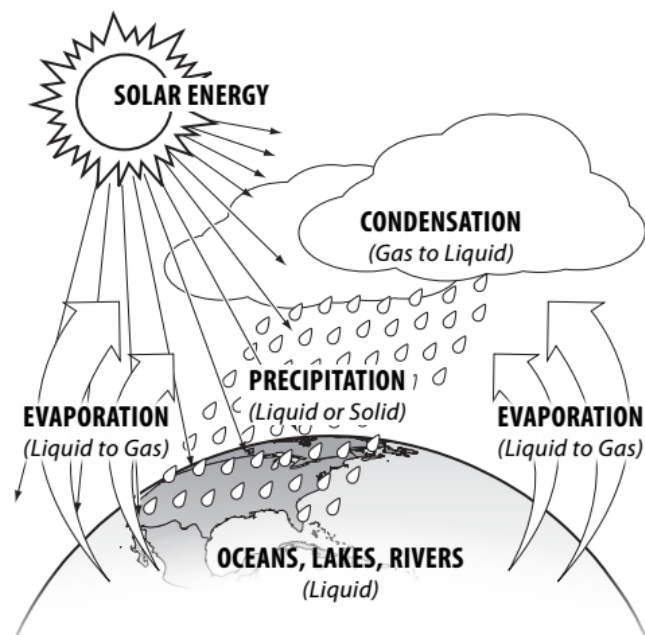
Energi:

Det hele kommer fra Solen !!!

Også vind !! Solen varmer jorden op, luften varmes også, stiger opad, og ny luft kommer frem fra siderne og opvarmes også. Skaber Højtryk og lavtryk.

Dette sammen med at Jorden drejer, giver vind ???

The Water Cycle

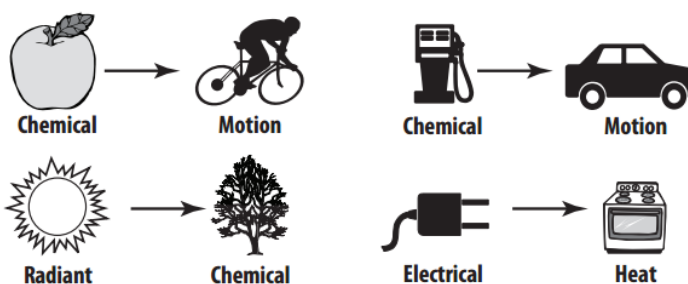


Energiomforming.

Energiformer kan transformeres til andre energiformer.

Her nogle eksempler.

Se senere om potentiel og kinetisk energi-omformning.



Effektivitet: (Se Kilde [her:](#))

Men når man transformerer energi fra en form til en anden, vil der altid være et tab. Her ser man på den mængde energi, der bliver brugbart for fx bilen til fremdrift i forhold til energimængden i brændstoffet.

Energieffektivitet !!



Et perfekt system eksisterer ikke, men ville i så fald konvertere al energi til brugbar energi uden tab, fx i form af varme.

Converting one form of energy into another form always involves a loss of usable energy. This is called a conversion loss.

These losses are usually in the form of heat, or thermal energy. This 'waste heat' spreads out quickly into the surroundings and is very difficult to recapture.

A typical coal-fired power plant converts about 35 percent of the energy in the coal into electricity. The rest of the energy is lost as heat.

A hydropower plant, on the other hand, converts about 90 percent of the energy in the water flowing through the system into electricity.

Most transformations are not very efficient. The human body is a good example. Your body is like a machine, and the fuel for your machine is food. The typical body is about fifteen percent efficient when converting food into useful work such as moving, thinking, and controlling body processes.

The rest is lost as heat.

The efficiency of a typical gasoline powered car is about 15-25 percent

De fleste termiske kraftværker har en virkningsgrad på omkring 35 procent effektivitet. Dvs. at hvis der stoppes 100 enheder ind, tabes 65 enheder.

Eks:

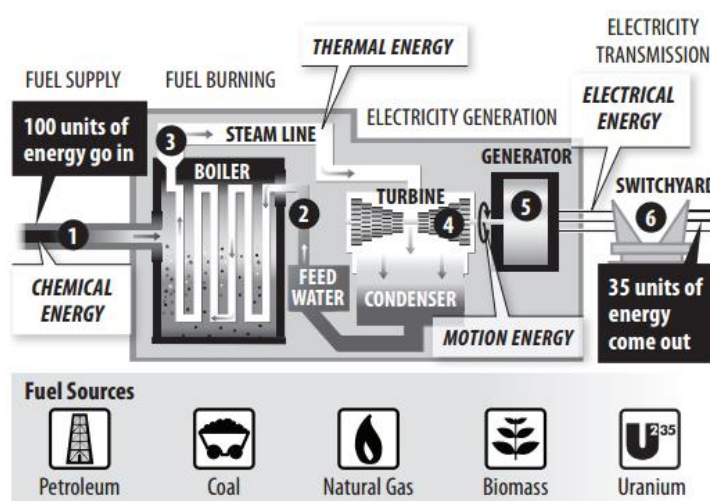
1. Fuel is fed into a boiler, where it is burned (except for uranium which is fissioned) to release thermal energy.

2. Water is piped into the boiler and heated, turning it into steam.

3. The steam travels at high pressure through a steam line.

4. The high pressure steam turns a turbine, which spins a shaft.

5. Inside the generator, the shaft spins a ring of magnets inside coils of copper wire. This creates an electric field, producing electricity.

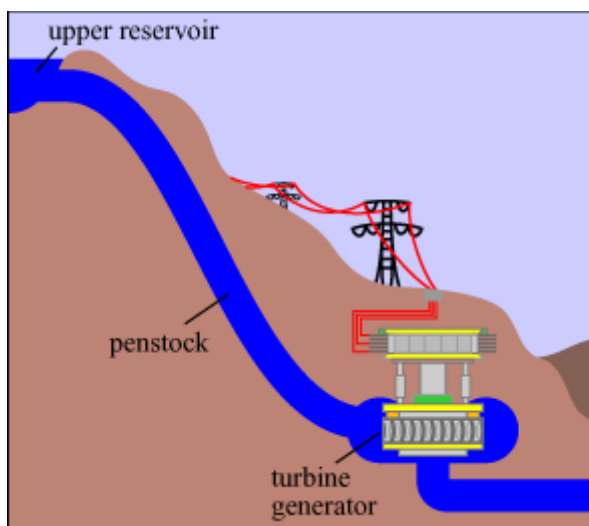
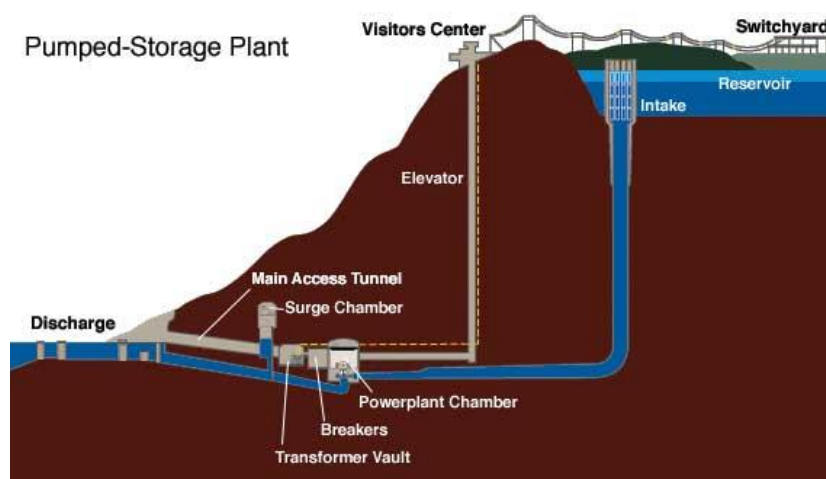




6. Electricity is sent to a switchyard, where a transformer increases the voltage, allowing it to travel through the electric grid.

Princip for energilagring i vand. :

Her vist et diagram over et anlæg:



Animeret billede: http://www.hk-phy.org/energy/alternate/hydro_phy/flash/pumped_storage_e.html

Der må være noget tab ved at konvertere energi !!

Efficiencies of 90% in each direction are possible.

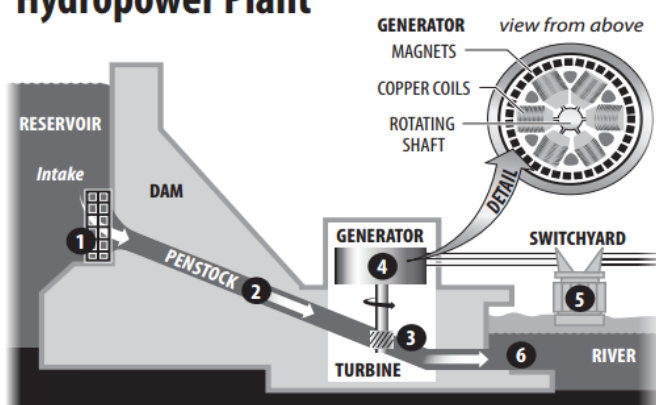
<http://energystorage.org/energy-storage/technologies/pumped-hydroelectric-storage>



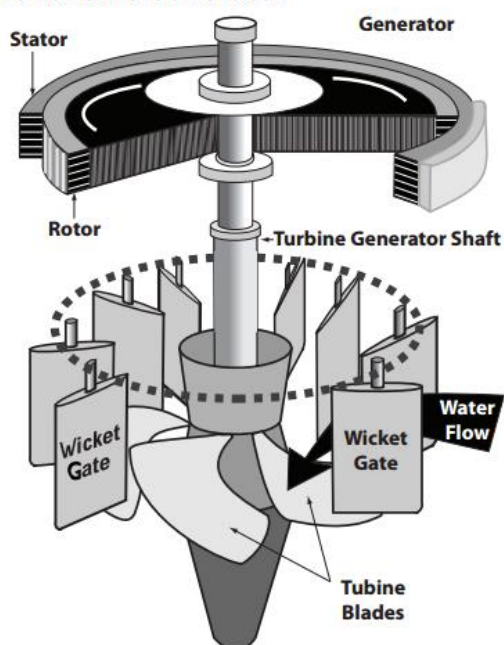
Vandet pumpes op i et reservoir af en pumpe.

Hvis vandet ledes ned igen gennem pumpen, kan den dreje og trække en generator, der producerer el-energi igen.

Hydropower Plant



Hydro Turbine Generator



Her et billede af en turbine.

Der er nogle plader, der leder vandet ned mod nogle skrå turbineblade, som bliver tvunget rundt af vandet.

<http://theconversation.com/how-pushing-water-uphill-can-solve-our-renewable-energy-issues-28196>

Energiindhold i en sø:

Vi vil her prøve at se på hvor meget energi, man kan opmagasinere i en sø.

Det der sker er jo "bare" at man tilfører en masse, her vand, - noget potential energi.

Energiindholdet kan beregnes af: E_{pot} .



Formlen:

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

Energimængden er proportional med højde-forskellen, (typisk mellem 100 og 1000 m) og mængden af vandet i øverste sø:

Tyngdeaccelerationen er konstant, $9,82 \text{ m/s}^2$

Fra Kilde:

Potentiel energi er en energiform, som et legeme kan have i kraft af sin position. Et legeme har potentiel energi, hvis det befinder sig i en højde, h , over jordens overflade. Den potentielle energi af et legeme er bestemt som produktet af legemets masse, m , legemets højde over jordoverfladen, h , og tyngdeaccelerationen $g=9.82\text{m/s}^2$.

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

Jo højere et legeme befinder sig over jordoverfladen, des større bliver legemets potentielle energi.

En 10 tons tung container, der løftes op i 50 meters højde af en kran, opnår dobbelt så stor potentiel energi, som en 10 tons tung container, der befinder sig i 25 meters højde.

Den potentielle energi af et legeme bliver også større, jo større massen af legemet er.

En 20 tons tung container, der befinder sig i 50 meters højde, har dobbelt så stor potentiel energi, som den 10 tons tunge container i samme højde.

http://fysikleksikon.nbi.ku.dk/p/potentiel_energi/

Et system bestående af to 10 ha. store bassiner hver på 30 meters dybde i en højde af 750 meter kan levere omkring 1000 megawatt i 4 timer. (kilde ¹)

1 ha er et areal på 100 gange 100 meter.

Hvordan er det regnet ud ??

Case:

The Guangzhou Pumped Storage Power Station is an example of such an energy storing facility. During off-peak hours, the demand for electricity is low, the station makes use of the electricity generated by power stations to pump water from a lower reservoir to a higher reservoir, converting electrical energy to gravitational potential energy of water. During peak hours when

¹ http://www.hk-phy.org/energy/alternate/print/hydro_phy_print_e.html



the demand for electricity is high, the facility allows water to flow back to the lower reservoir. The turbine generator reconverts the stored gravitational potential energy of water back to electrical energy to meet the high demand. By design, the water levels of the higher and lower reservoirs have a height difference of 535 m and the facility has a total efficiency of 76 % [5]. The facility has 8 turbine generator units each with a capacity of 300 MW [6]. The turbine generators are designed to be reversible. That is, they can use falling water to generate electricity as well as make use of electricity to pump water to a higher altitude.

As the efficiency of the facility is 76 %, it consumes electricity during operation. The facility is not an energy generating facility, but rather, it is an energy storage facility.

Her prøver vi at se lidt på og forstå Kinetisk og potentiel energi

Se YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=a_H_c4YepT4

Ex. En person 100 meter oppe på en skibakke: Regn herpå !!

Potentiel energi omformes til kinetisk energi !!

$$E_{Kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \text{ [Joule]}$$

m er massen i kg.
v er hastigheden i m/s.

$$E_{Pot} = m \cdot g \cdot h \text{ [Joule]}$$

m er massen i kg,
g er tyngdeaccelerationen = 9,82 m/s*s
h er højden i meter

Andre eksempler på konvertering af potentiel energi:

Gynge, Bil op ad afkørselsrampe.
Når man accelererer en cykel



Skatere op ad ramper.



Se: https://www.youtube.com/watch?v=3_1Y8UoLIu4

Ikke sådan her: <https://www.mx.dk/viden/digital/story/31207932>

Trampolin,

Energi og effekt:

Selv med en lille effekt kan man præstere meget energi. Det tager bare længere tid.

Have lidt styr på effekt og energi. Hvad er forskellen ??

Eksempler: Cykel op ad en bakke. Den person, der kan frembringe den største effekt, kan skabe mest energi i sekundet.

Cykle op ad bakke.

Accelerere en bil

Effekt er energi i sekundet.

Energi er over tid.

Flere eksempler: ???

Energi i batteri: måles i Ah. Hvordan er det nu lige ??? fx en 12 Volt batteri med en kapacitet på 7,2 Ah. Hvad betyder det ?? - undersøg !!

Hertil: 1.s d. 23/3-17

Eksempler energiindhold i forbindelse med vandbassin:

Hvis man pumper vand op i et reservoir, kan man oplagre vand som potentiel energi.



Metoden behøver næsten ingen udvikling. Alle delkomponenter er kendt teknik.

Et nyere vandkraftværk har en effektivitet på op til 90%. En vandpumpes effektivitet er ca. 90%.

Hvor meget energi kan man oplagre?

Eks: 1 ton vand pumpet op i 100m højde giver en lagringskapacitet på ca. 1 MJ. Altså 1MW i eet sekund.

Vi forestiller os et reservoir i et norsk fjeld i 1Km højde. Reservoiret er 1 x 1Km og 50m dybt. Dette reservoir vil kunne lagre 136GWh hvilket svarer til hele Danmarks elforbrug i 1½ døgn eller 10% af Danmarks elforbrug i 15 døgn (regnet tabsfrit).

(Lav kontrolberegning – find data)

Her er der brugt energien målt i Wh. Hvordan er det lige, man regner om ???
El måles i kWh. Hvad er det ??

Beregning af vandlager til kraftværk:

E_{pot} =potentiell energi [joule]

m =masse [kg]

g =tyngdeaccelerationen (gravitationskvotienten) = 9,82 [m/s*s]

h =højde [meter]

1 [Joule] = 1 [Ws] = 0,0002778 [Wh]

m sættes til 1 fordi 1 liter vand vejer 1 kg

h sættes til 1 meter

Formel: $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$

Eks: Når 1 liter vand løftes 1 meter:

dvs.: $E_{pot} = 1 \cdot 9,82 \cdot 1 = 9,82 \text{ Joule} = 0,0027278 \text{ Wh}$.

Kilde: <http://www.klimadebat.dk/forum/vindmoelleenergi-skal-lagres-men-hvordan--d20-e333.php>



Men kan det betale sig ??? Er der andre muligheder:

Hvor meget energi kan gemmes i et batteri ?? fx et bilbatteri ?? og hvad koster det ??

Jeg har her fundet materiale fra diskussioner på ugebladet ingeniøren, der havde en artikel om energilagring i vand i højden:

Hvorfor diskutere lagring af energi i et pumpet vandlager? Den lave energidensitet gør det alt for dyrt at realisere. (Hvad betyder det ??)

Debattøren foreslår i stedet:

Varmes 1 ton vand i stedet op til 400 grader, og senere bruges til at drive en dampturbine, er lagringskapaciteten ca. 1250 MJ.

Altså langt højere energidensitet, hvilket alt andet lige vil gøre lagringsanlægget en hel del billigere.

En anden foreslog:

Energilagring af el fra sol og vind i Brint:

I takt med at vi får mere og mere af vores elektricitet fra solceller og vindmøller, bliver det et stigende problem at kunne gemme elektriciteten, når produktionen overstiger det øjeblikkelige behov.

I en elektrolysecelle spaltes vand til ilt og brint ved hjælp af elektricitet. Derved bliver den elektriske energi omdannet til kemisk energi bundet i brintmolekylerne. Det er det omvendte af, hvad der sker i en brændselscelle.

Vand kan spaltes i ilt og brint ved elektrolyse (virkningsgrad ca. 68%). Energien kan udvindes igen med en brændselscelle (virkningsgrad ca. 50%). (note)

Brint kan i modsætning til el lagres i en tank og senere bruges som brændstof i en brændselscelle, der kan lave ny elektricitet.

Denne proces har dog store tab. Brint kan måske være vejen frem i transportsektoren, men for et stationært energilager, mener jeg at tabene er for store.

Danmark har mulighed for at gemme næsten ubegrænset energi i form af brint i eksisterende gaslagre. Men virkningsgraden er lav. Måske helt ned til 50%.



(beregn det samlede tab: 68 % og 50 %)

Og en anden skriver:

Varme i granit-lager:

Vi har en række kulkraftværker i Danmark og de kan vel stadig sådan cirka drive landet uden hjælp fra vindmøller. Kraftværkerne bruger damp der i dette tilfælde er opvarmet med kul, men det kunne være hvad som helst, bare temperaturen kan blive høj nok.

Granit har en specifik varmekapacitet på 790 J/kg·C (altså Joule pr kg pr grad C) og et smeltepunkt på et stykke over 1000 C (1250 til 1600C afhængig af sammensætning)

Densiteten er 2,2-2,8 g/cm³

Hvis vi varmer en m³ granit op til 1000 grader vha. vindmøllestrøm og bruger den varme granitsten til at lave damp af senere, dvs. køler den af til 100 C, kan vi få energi ud svarende til:

$$\text{Varmekapacitet: } 790 \left[\frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{C}} \right]$$

Afkøling, $\Delta T = 1000 - 100 = 900 \text{ [C]}$

Vægten, densiteten er: $2600 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$

Dvs. i 1 kubikmeter sten: der kan gemmes ca. 1,85 GJ eller 0,5MWh/m³

Hvis der laves et lager på 200 gange 200 meter og 50m dyb, kan der gemmes 1000 GWh i det.

Og vi kan få energien ud igen som el med mellem 40-60% tab afhængig af om vi laver fjernvarme samtidig.

Med et årsforbrug på ca. 40 TWh el kan fire af disse lagre holde landet kørende en måned.

Energilagring i ballon under Jord

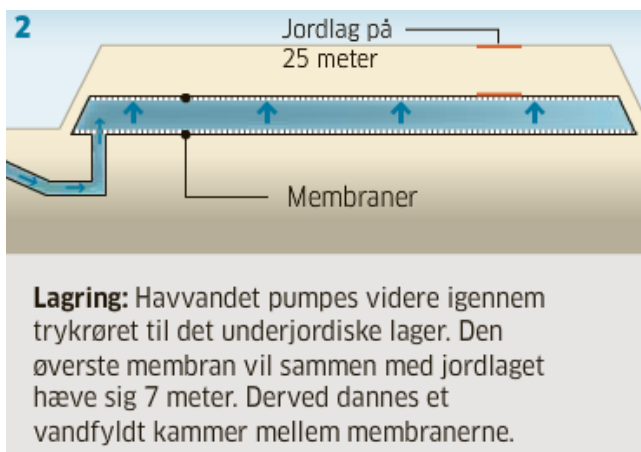
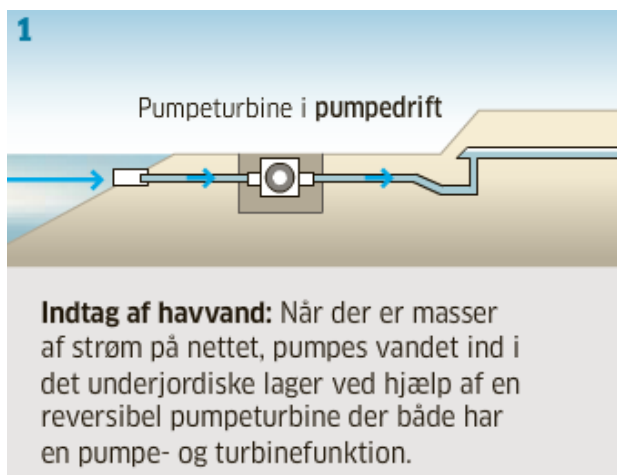
Varmedunk ☺



Her følger nu lidt materiale om en ide udviklet af Asger Gramkow sammen med ingeniørkollegaen Jan Olsen.

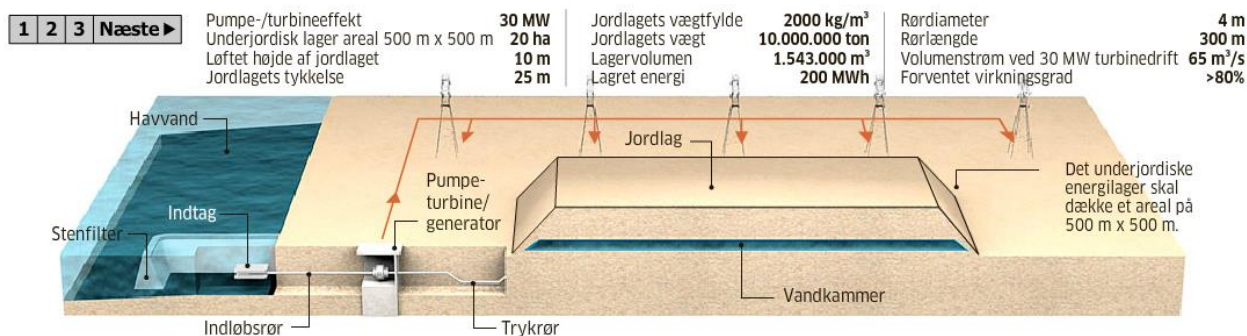
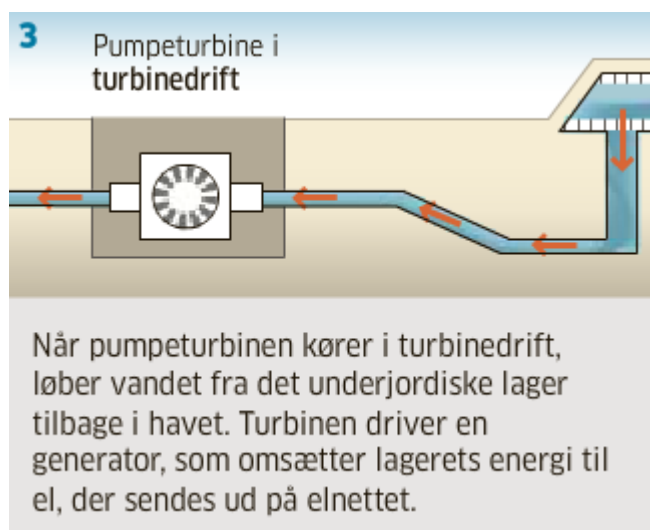
Problemet er jo, at vi ikke har høje bjerge i Danmark, så vi kan ikke udnytte at gemme energi i potentiel energi i en højtliggende sø.

Et par billeder af princippet:



Når der er overskud af energi på nettet, skal det jo væk, enten ved at ”forære” det til udlandet, - eller bruges på anden måde. Ideen er her at pumpe vand ind i en ”varmedunk” der er gravet ned under et lag jord.

Den ovenliggende jord hæves af vandtrykket, og energien er nu gemt i ”løftet jord”.

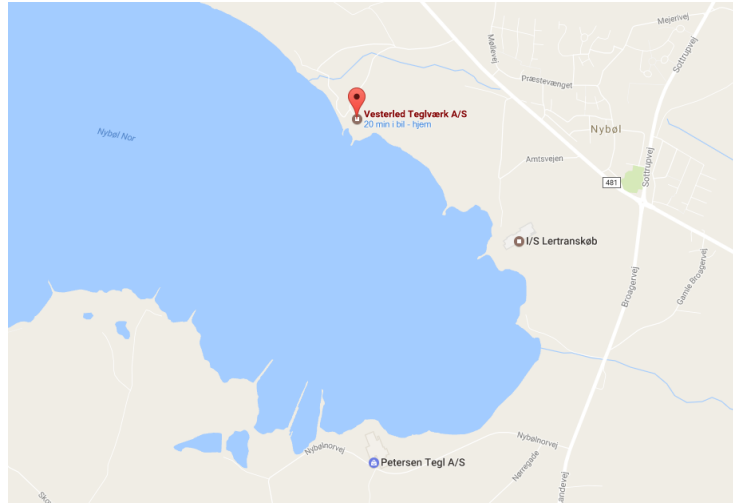


Kilde: <https://ing.dk/infografik/energilagring-i-underjordisk-vandreservoir-102512>



Der er bygget et demonstrationsanlæg ved Stoffers Teglværk ved Nybøl Nor i Sønderborg Kommune.

Det har et areal på 50 x 50 meter.



Her ses den sønderjyske grusgrav, som nu har fået en plan bund af sand og pæne, skrå kanter.

I de kommende dage bliver plast-membranen på 50x50 meter udlagt og svejset sammen i kanten. Og derpå skal der køres et tre meter tykt lag lerjord oven på.

»Membranen på 50x50 meter bliver udlagt og kanterne svejset sammen i de nærmeste dage, hvis vejret ikke driller. Vand bliver fyldt på første gang lige efter sommerferien,« siger Asger Gramkow. (27. juni 2011)



Kilde: <http://csr.dk/lagring-af-energi-i-ballon-under-jorden>

Populært sagt erstatter jordtrykket den højdeforskel, der kan udnyttes i lande, der har bjerge, og hvor man kan pumpe vand op i et højtliggende reservoir. Til gengæld kræver den danske version



god plads. Pilotanlægget, som blot kan lagre 34 kWh, har krævet et areal på 50 gange 50 meter og 12.000 ton jord over.

Anlægget fungerer ved at en pumpe fylder en stor, nedgravet energimembran med vand, så et 3 meter højt jordlag løftes. Når der er brug for energien igen åbnes til membranen, og det oplagrede vand løber igennem en turbine/generator der producerer el.

Næste niveau kræver myndighedsgodkendelse

Fra artikel i igenøren: Kilde: #²

Testprogrammet omfatter 11 milestones, som skal udføres i løbet af det kommende år. Men allerede i dette efterår går planlægningen af det næste, større anlæg i gang. Det bliver et såkaldt pilotanlæg på 200x200 meter med en oplagret energi på 8,7 MWh, og dermed begynder membran-projektet at kræve plads og en hel del vand - 160.000 kubikmeter, som skal ind og ud mange gange. Det kræver godkendelse af Miljøstyrelsen.

Det endelige projekt, som bliver aktuelt, hvis de foregående forsøg alle krones med succes, bliver et fuldskala-anlæg på 500x500 meter, som kan rumme en energimængde på 200 MWh. Sådan et anlægs totale energieffektivitet forventes at blive tæt på 80 procent.

En af mange kommentarer er af Max Hansen:

Ingeniør på Danfoss



Projektet oplyser at der kan lagres 200 MWh (Millioner watt timer)

Massen af det jord, der skal løftes er ca. 7 millioner tons og det løftes ca. 10 m.

Hvor stor effekt, der kan ydes, afhænger af turbinerne, men det er oplyst at fuldskaalanlægget kan yde 30 MW.

Altså 6 timer og 40 minutter ved fuld effekt. Tabet i friktion i jorden, pumperne og turbinerne er 20 til 25%.

Det er lidt bedre end for akkumulatører. Akkumulatøerne i Tesla Roadster er på 53 kWh, så der skal altså 3773 Tesla Roadster bilers akkumulatører til at erstatte fuldskala anlægget.

Andre elbiler på markedet ligger på mellem 16 og 24 kWh.

² <https://ing.dk/artikel/dansk-energilager-skal-lofte-12000-ton-jord-i-dognet-120215>



<http://voresomstilling.dk/projekt/energimembran-%E2%80%93-et-nedgravet-pumpelager-til-vedvarende-energi/187>

Derfor ??

Hvad koster energilagring i 3.773 akkumulatører. ?? Hvad koster Jordflytning ??

Beregning af energiindhold:

Kilde # ³ Kommentar af: Baldur Norddahl:

Her regnes på vand+sandsøjle med areal 1 m².

Forudsætninger er: 25 meter sandlag og en ballon der kan indeholde op til 10 meter vand.

Sandsøljen vejer 25m gange 2000kg/m³ = 50 ton. Ballonen vejer 0 når den er tom og 10m gange 1000kg/m³ = 10 ton når den er fyldt.

Eftersom vægten af ballonen varierer lineært kan vi regne med gennemsnittet, det vil sige 5 ton. Den oplagrede energi er altså den energi det kræver at løfte 55 ton 10 meter. Det er 55.000kg * 10m * 10N/kg = 5,5MJ.

Bemærk, beregningen er kun for 1 m².

Kilde med mange kommentarer og beregninger: # ⁴

En anden kommentar:

At flytte et jordlag på 12.000 ton er ikke gratis, og netop jordarbejdet er den største omkostning i projektet, som i 50x50 meter-versionen koster 7,4 millioner kroner. Anlæggets pumpe/turbine er en standardpumpe fra Grundfos, og det vigtige testapparat, flow-metret, er fra Siemens. Flow-metret skal måle vandets bevægelser både på vej ind og ud af membranen. Den oplagrede energi bliver 34 kWh.

Og en kommentar mere:

"Pilotanlægget, som blot kan lagre 34 kWh, har krævet et areal på 50 gange 50 meter og 12.000 ton jord over".

Man kan også købe 5x Tesla Powerwall for cirka 100.000 kr. Samme mængde lagret energi men minus flytning af 12.000 ton jord og 2500 kvadratmeter areal.

Og:

Et bilbatteri kan indeholde 56Ah * 12V * 50 % = 0,336 kWh.

Bruges 102 stk fås: 0,336 kWh * 102 = 34,272 kWh, altså samme energimængde.

³ <https://ing.dk/artikel/dansk-energilager-skal-lofte-12000-ton-jord-i-dognet-120215>

⁴ <https://ing.dk/artikel/dansk-energilager-skal-lofte-12000-ton-jord-i-dognet-120215>



Hvad koster 102 batterier ??

Batter det så noget ?? Hvor stor en energi kan oplagres ??

Hertil en kommentar:

*Den oplagrede energi for et 50 * 50 m anlæg bliver 34 kWh. !! Det lyder af meget lidt. Min bærebare batteri har en kapacitet på 68Wh. Dvs. at den samme energi kunne lagres i 500 af disse batterier. Så det lyder som spild af kræfter at flytte 12.000 tons jord.*

Desuden svarer 34kWh kun til ca. tre dages elektrisk energiforbrug i min husstand. (Det er ca. 4000 kWh pr år)

Danmark bruger 39 mia. kWh el om året til husholdninger, offentligt forbrug og erhverv. Dette svarer til 19 kWh om dagen pr. dansker, hvis vi er 5½ mio.

Det store "endelige" projekt på 500×500 m kan lagre 200.000 kWh.

Et fyldt magasin vil således kunne forsyne en mindre provinsby på 20.000 danskere med strøm i lige godt 12 timer.

Der kan være vindstille i ugevis i Danmark og det hænger tit sammen med vindstille i det meste af Europa også.

Hvis energilagre af denne type skal dække én procent af landets elforbrug i blot én uge, skal der bruges knap 9½ km² lager med tilhørende pumpeanlæg. Dette svarer til 37 stk. af ovennævnte slags.

Og:

Havvindmøller leverer gerne 3 MW i god vind. Med en virkningsgrad på 85% vil energien fra en havvindmølle fylde et 50m x 50m lager på:

- (1) 34 kWh = 122,4 millioner Ws
- (2) 3 MW x 85 % = 2,55 millioner Ws i sekundet

Altså: (1) / (2) = 48 sekunder.

Dvs. at testanlægget kun vil kunne lagre energien fra en vindmølles produktion i 48 sek.

Hvad så med prisen ??

I en artikel omtales en pris på 70 øre/kWh

Man kan formode at disse 70 øre/kWh er omkostninger ved at LAGRE én kW vindmøllestrøm i en time.



Dette er så 'bare' omtrent det dobbelte af hvad det koster at PRODUCERE den samme mængde elektricitet på et moderne Kulkraft-anlæg.

*Man læser også at et anlæg på 9.000 kWh anslås til at koste 50 mio. kroner.
Det bliver 'bare' 5.500 kr/kWh*

Selv om det dog er en del penge for at kunne levere lagerkapacitet på 1 kWh til nettet passer det rimeligt godt med de 70 øre/kWh.

At energinet.dk for tiden bruger 700 millioner kroner om året på at købe "sådan nogle ydelser fra fossile kraftværker", gør det jo ikke nemmere at betale for det grønne eventyr.

Holdbarhed? Læk på membranen

Hovedparten af debatindlæggene forudsætter at energilageret rent faktisk fungerer.

Men hvad med membranens holdbarhed. En enkelt flintesten til at prikke hul på den meget tynde membran vil starte en lang flænge.

Vil det ikke være relevant at overveje sandsynligheden for om systemet i det hele taget kan holde inden der spekuleres på anlæggets rentabilitet.

Forestil dig at membranen lækker så vandet strømmer ud af ballonen. Så fjerner vi da bare 6.000.000 m³ jord, lægger en ny membran på og lægger 6.000.000 m³ jord tilbage igen.

Jordmængden svarer til 300.000 lastbillæs á 20 ton. Som skal multipliceres med 2 fordi det jo både skal køres væk og på plads igen.

Priser. Hvad koster egentlig energi ??

Vindkraft onshore 40-50 øre/kWh -	som vinden blæser, backup er nødvendig
Biogas 78 øre/kWh	kontinuerligt
Offshore vind 90-119 øre/kWh -	som vinden blæser, backup nødvendig
Solceller 230 øre/kWh -	som solen skinner, backup nødvendig
Kul 35-40 øre/kWh	
Gas CC 30-40 øre/kWh	
Skiffergas US priser CC 25-30 øre/kWh	Alle kontinuerligt

Ps: Priserne kan have ændret sig lidt.



Bonus: Flere kilder:

God kilde: Student guide

<http://www.switchenergyproject.com/education/CurriculaPDFs/SwitchCurricula-Intermediate-Hydro/SwitchCurricula-Intermediate-EnergyOfMovingWaterStudent.pdf>

<http://www.energystoragenews.com/Energy%20Storage%20in%20Elevated%20Weights.htm>

På dansk:

<http://www.climateminds.dk/index.php?id=718>

Diskussion på Ingeniøren: <https://ing.dk/artikel/dansk-succes-lagring-af-mollestrom-i-kaempeballoner-111125>

Sammenligning med vand i flod:

Skal bearbejdes:

Teorien for den potentielle vandenergilagring:

Med:

F m faldhøjde

$V=A \cdot H$ m³ vandvolumen

A m² magasinets overfladeareal

V_s m³/s vandstrøm

$g=9,81$ m/s²

ρ kg/m³

beregnes det teoretiske energiindehold E_p til:

$$E_p = V \rho g F = A H \rho g F \text{ J (Nm)}$$

og effekten N W til:

$$N = V_s \rho g \cdot F \text{ W}$$

Et eks., kan man forøge et magasinets faldhøjde fra 44 m til 440 m og magasinshøjden fra 2 m til 20 m behøver arealet være 100 gange mindre end f. eks. Væneren dvs. 56 km² dvs. 0,1560 km, som kan fordeles på mange magasin.

Dette magasin for at magasinere:

$$E_p = 56 \cdot 10^6 \cdot 20 \cdot 1000 \cdot 9,81 \cdot 440 = 5 \cdot 10^{15} \text{ J (Nm)} \text{ eller } N = 3 \text{ GW i 20 døgn.}$$

Vandstrømmen V_s m³/s:

$$V_s = 3 \cdot 10^9 / (440 \cdot 1000 \cdot 9,81) = 700 \text{ m}^3/\text{s}$$

det er samme som middelstrømmen i Glomma, Skandinaviens største flod.

Her behøves kreativitet, hilser Tyge



Kilde: <https://ing.dk/indhold/152891>

Indlæg: Bjarke Madsen, indhold i testanlæg, sammenlignet med bilbatterier

The same calculation for the smaller test basin of $FD = 50\text{m} * 50\text{m} = 0.25 \text{ ha}$
(construction cost = 991'657 EUR)

Weight of the soil layer, given the thickness
 $t_s = 2.5 \text{ m}$ of the soil layer:

$M_s = t_s * FD * \rho_s = 2.5\text{m} * 0.25 \text{ ha} * 2'000 \text{ kg/m}^3 = 12'500 \text{ ton}$

Stored Energy: $E = M_s * g * h_L = 12'500\text{ton} * 9.81 \text{ m/s}^2 * 1.0 \text{ m} = 122.625 \text{ MJ} = 34.063 \text{ kWh}$

could be achieved by using 102 car batteries sized $56 \text{ Ah} * 12\text{V} * 50\% = 0.336 \text{ kWh} * 102$
 $8'568 \text{ pcs.} = 34.272 \text{ kWh}$ with a total price (84 EUR pcs.) of 8'568 EUR. The efficiency would naturally be much lower.

But what will happen if there is a hole in the bucket, will we get a very high water fountain, and how to repair it, consider cost and time. The land may perhaps still be used for agricultural farming.