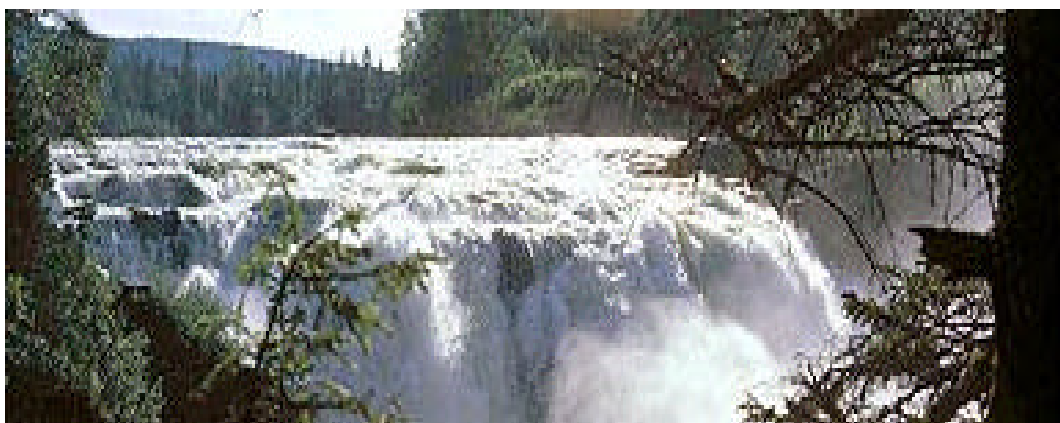


# Vattenenergi



David Juliusson och Carolin Lange

## Innehållsförteckning

1.0 Vågkraft	s.1
2.0 Vågkraftens utveckling	s.1
2.1 Den norska modellen	s.2
3.0 Mekanisk utvinning av energi	s.2
3.1 Pelamis	s.2
3.2 Flytbojar	s.3
4.0 Tidvatten	s.4
5.0 Vattenkraft	s.5
6.0 Miljö	s.6
7.0 Diskussion	s.6
8.0 Källor	s.7

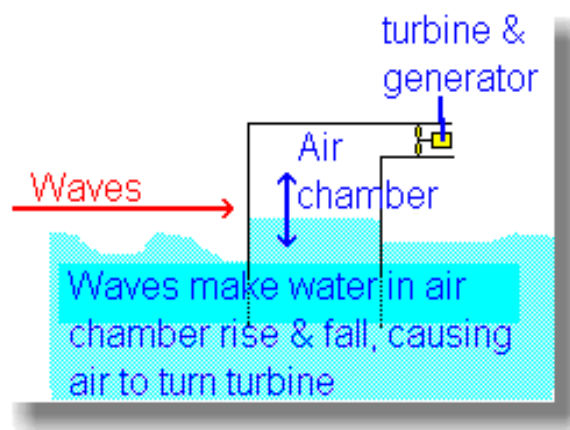
## 1.0 Vågkraft

Det var inte förrän på 1970-talet som man började forska om energin som vattenvågor innehåller och hur man kan omvandla denna energi till elektricitet. Forskningen minskade drastiskt på 1980-talet då energikrisen var över och de fossila bränslena erbjöd ett fullgott och lättåtkomligt alternativ. När det senare uppdagades vad fossila bränslen gjorde med natur och djurliv, satte forskningen igång igen. Sverige har haft en stor del i utvecklingen av de nya sätten att utvinna energi ur vågor. Uppsala universitet har nyligen lagt ut ett nyutvecklat vågkraftverk utanför Orusts västra kust.

## 2.0 Vågkraftens utveckling

Den modell som man först utvecklades var ganska enkel, där man låter vattnet rinna igenom en turbin och ut i havet igen. Det påminner lite om hur den tidiga vattenkraft som användes till att driva vattenkvarnar på 1290-talet fungerade. Tekniken var inte så effektiv som man hoppats på, då endast en liten del av vågens totala energi kunde tas tillvara. Grundidén har dock vidareutvecklats, speciellt av norrmännen som använder och planerar kraftstationer både utmed kusten och till havs.

Nästa generation av vågkraftstationer som utvecklades var en tryckdriven generator. Istället för att låta vågen driva en generator, utnyttjar man det faktum att de inkommande vågorna skapar en höjdskillnad mot vattennivån i en tryckbehållare. Trycket driver sedan en generator via en turbin och en utväxling. Ett problem med designen är att det måste vara en stor tryckskillnad för att kunna utvinna någon effekt från vattnet. På samma sätt som ovan utvinns också endast en liten del av vågens totala energi. Maximal tryckskillnad fås endast när vågen befinner sig nära sina dalar och toppar vilket inte upptar den större delen av periodtiden. De höga tryck som krävs för att driva generatören visade sig också skapa skarpa ljud runt kraftverket. Ljuden var kraftiga nog för att uppfattas som negativt av allmänheten samt vara en störande faktor i djurlivet. Kraftverket måste även vara dimensionerat för att klara hårt väder. Eftersom stora delar av tryckkammaren ligger ovan vatten måste den förutom att klara höga tryck även vara designad för att klara kraftiga vågor. Den här modellen av vågkraft har fått ett litet användningsområde, nämligen att försörja fyrbojar ute till havs med ström. Dessa har traditionellt drivits av batteri.



## 2.1 Den norska modellen

Påminner en del om den första modellen av vågkraftverk och utvinnet vågenergi genom att fånga upp vattnet i reservoarer och sedan låter detta rinna genom en turbin. Inte helt olik vanlig vattenkraft i älvar men med lägre fallhöjd. Deras variant finns för både kustnära och för havsbaserad placering. Till skillnad mot den första versionen av vågkraft får man ut väsentligt mycket mer energi tack vare att de lutande plan som tvingar vågen att gå högre är genombrutna. Detta innebär att vattnet som inte kom över kanten på den traditionella designen och som normalt skulle sjunka tillbaka ner i havet rinner igenom och samlas upp i reservoarer längre ner. Dessa vattenmassor har förvisso lägre potentiell energi än vattnet i den översta reservoaren men eftersom effekten läggs ovanpå energin från den högsta höjden blir det en energivinst.



## 3.0 Mekanisk utvinning av energi

De tidigare modellerna för att utvinna energi av vågor har byggt på att utnyttja vågornas potentiella energi eller det tryck denna potentiella energi ger. Metoder utvecklade på senare tid har istället inriktat sig på att utnyttja vågornas mekaniska egenskaper. Den mest kända tekniken kallas Pelamis och även är arbetsnamnet på kraftstationen. Den andra modellen som är aktuell är utvecklad i Sverige av Uppsala Universitet.

### 3.1 Pelamis

Pelamis är en lång ormliknande cylinder på 150 meter. Den rör sig med vågorna i havet genom att dess kropp består av fyra stora flytkroppar som sammanbinds av hydrauliska gångjärn, eller om man hellre vill säga att de är sammanbundna av tre mellanliggande kraftmoduler. De tre kraftmodulerna kan röra sig oberoende av varandra när vågorna pressar på kropparna. När Pelamis rör sig med vågorna, pressas en vätska samman i rören. Vätskan rinner in i en hydraulisk motor. Denna motor driver sedan en strömproducerande generator. Genom kablar på havsbotten skickas strömmen in till land. Pelamis ligger på vattenytan och hålls fast genom en tross som är fäst i ett ankare på havsbotten. Pelamis viktiga överlevnadsförmåga är att den i hårt väder "dyker" under vattnet. Det är inte bara till utseendet Pelamis påminner om en orm utan även dess rörelse påminner om reptilen. Pelamis väger ungefär 700 ton och har en beräknad effekt på 750W. Det finns en prototyp som ligger utanför Orkneys kust. Man har jobbat med Pelamis sedan 1998 och designen bygger på tidigare vågkraftskoncept. Som all annan energiteknik så hoppas och tror man på förbättrade hydraulik och generatorer. Pelamis är tänkta att ligga i stora farmar som täcker flera kvadratkilometer. Sådana farmar kommer att kunna utvinna runt 30MW per kvadratkilometers havsområde.



### 3.2 Flytbojar

Den andra i raden av modeller för att utvinna vågenergi är utvecklad i Sverige. Modellen använder sig utav en flytboj, som drar en rep fäst i linjärgeneratorns pistong. Linjärgeneratoren fungerar lite som en bashögtalare för audiobruk men med reverserad process. En spole lindad runt pistongen rör sig relativt ett fixt magnetfält och producerar på så sätt ström. Fördelen med designen är att den innehåller få rörliga delar och att den är designad att röra sig med samma frekvens som havsvågor. En annan enorm fördel är att vid hårt väder är det värsta som kan hända att bojen sliter sig och flyter i land, vilket ger minimala reparationskostnader.

Projektet påbörjades 2002 när upplägg och målsättning specificerades. Under 2003 gjordes bottenundersökningar i det tilltänkta försöksområdet och en intresseanmälan skickades till Länsstyrelsen i Västra Götalands län. Under 2003 byggdes även den första försöksgeneratoren och de inledande försöken avslutades i december samma år. Tidigt 2004 bestämdes den slutliga platsen och Länsstyrelsen gav tillstånd att placera ut en mätboj. Bojen lades ut samma år i syfte att mäta vågrörelser, samt märka ut området. Senare samma år anlände de första av de skarpa bojarna till Uppsala Universitet, samtidigt påbörjades en biologisk platsundersökning i det aktuella området. I mars 2005 lades den första fullskaliga bojen ut tillsammans med det 40 ton tunga fundamentet. En vecka efter nedsläppet gjorde dykare en kontroll av fundamentet och såg att det stod stabilt. Under april månad kommer ytterligare tre till fyra mindre attrapper att placeras ut för att undersöka effekten från påväxt av havstulpaner, blåmusslor och alger.

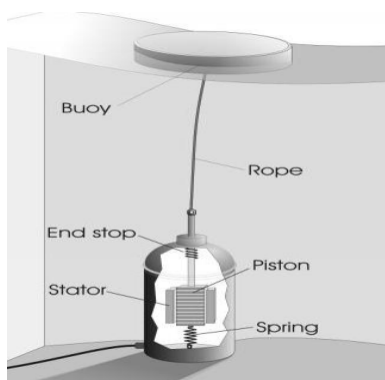
Projektet kommer sammanlagt att innefatta maximalt tio generatorer. Dessa kommer att placeras ut under perioden 2005 till 2008. Varje enskild generator kommer att ha en installerad effekt på cirka 10 kW. Sammanlagt kommer anläggningen att utvinna runt 100 kW eller 300 000 kWh årligen. Detta motsvarar ungefär 20 hushålls årliga elbehov. Projektet kommer att pågå under en period av fem år.

Vågkraften uppfyller fem av riksdagens miljömål;

- Att den begränsar miljöpåverkan, utsläpp av växthusgaser
- Frisk luft
- Bara naturlig försurning
- Skyddande ozonskiktet
- Säker strålmiljö

Oavsiktligt kan den bidra till att utfiskning begränsas och den uppfyller också ytterligare två miljökrav:

- Hav i balans
- Levande kust och skärgård



## 4.0 Tidvatten

Det finns två olika sätt att utvinna energi ur tidvatten. Den första och mest effektiva modellen är att bygga tidvattensbarriärer. Metoden kräver förhållandevis stora dammar som skärmar av kusten från resten av havet, men själva mekanismen är enkel och bygger på att man utnyttjar höjdskillnaden hos tidvattnet. Metoden är dock kostsam, ställer väldigt höga krav på byggplatsen och har stor påverkan på naturen.

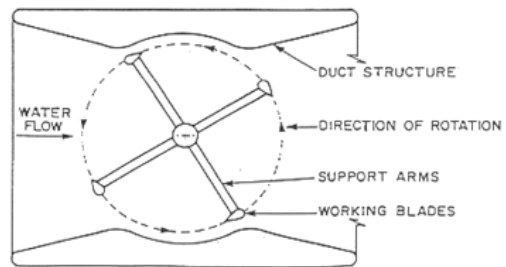
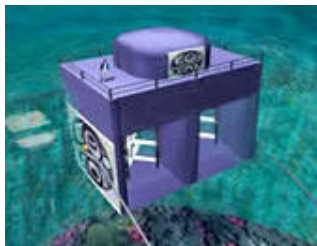
Det fanns planer för att bygga en stor tidvattenanläggning utmed Englands kust. Anläggningen var designad att utvinna stor energi ur vattnet, ända upp till 8,0 MW, vilket omräknat blir 12 kärnkraftverk. Anläggningen skulle kunna försörja 7 % av Storbritanniens energibehov. Utöver energimässiga vinster erbjuder tidvattenbarriärer även skydd till kusten mot tidvatten och stora havsvågor. Nackdelarna med tidvattenkraft är att tidvattenbarriärerna är dyra att bygga och att anläggningen kräver en väldigt stor area. Det finns få ställen som passar till att bygga tidvatten barriärer anläggningar på. Den beräknade tiden som man kan få ut någon effekt under en dag är bara 10 timmar.

Den andra varianten för att ta tillvara på tidvattensenergin innebär att man tar tillvara på vattenströmmarna ebb och flod skapar. Kraftstationerna påminner en del om vindkraftverk för landbruk. Vattenströmmarna snurrar rotorbladen som i sin tur driver en generator. Eftersom vatten är 800 gånger tätare än luft går det att driva mycket tyngre generatorer och utvinna klart mycket mer energi per rotor än vad ett vanligt vindkraftverks klarar av. Den vanligaste designen har dubbla turbiner på varje stolpe och varje turbin är gjord för att utvinna mellan 500 och 1000 kW beroende på lokala förhållanden och vattenhastighet. Rotorbladen är designade att rotera med mellan 10 och 20 rpm. Den stora fördelen jämfört med tidvattensbarriärer är att miljöpåverkan blir mindre. Modellen ställer inte heller lika höga krav på byggplatsen och är inte lika dyr att hålla i drift

Under perioden 1999-2003 har test utförts på en liten rotor med rotorblad på elva meter, denna gav runt 300 kW i uteffekt. Åren 2003-2005 har en fullskalig modell tagits fram och provats. Denna beräknas ge mellan 750 och 1200 kW beroende på vattenhastighet. Under 2004-2005 kommer en liten serie av tidvattensstatorer att placeras ut för att kontrollera hur dessa fungerar och för att ge en uppfattning om hur väl konceptet lyckats. Den beräknade uteffekten för anläggningen ligger runt 4-5 MW beroende på placering och hur många möllor som sänkts.



Det finns även en framtagen modell som bygger på vertikala axlar. Det är lättare att få högre strömningshastighet genom att vidga gapet. Roterbladen ser också vattenströmmarna på samma sätt oavsett om det är ebb eller flod, så man behöver inte vända på dem. Bilderna nedan beskriver den kanadensiska uppfinningen. Man beräknar att få ut ungefär 250kW per generator. Detta är någorlunda mer än bojarna som läggs ut utanför Orusts kust, som har en beräknad uteffekt på 10kW. En nackdel med all havsbaserad energiutveckling är att salt vattnets korrosion som har sönder generatorn.



## 5.0 Vattenkraft

Vattenkraft är det vi normalt förknippar med att utvinna energi ur vattenmassor. Konceptet består i att man låter den potentiella energin hos vattenmassorna i magasinen omvandlas till elenergi genom att vattnet driver en generator. En av de riktigt stora fördelarna med vattenkraft är att man kan "spara" energin och använda den när behovet är som störst. Vattenreservoaren fylls på av regn och smältvatten och sedan kan användas vid behov. Dessvärre betyder utbyggnaden av älvar att miljön i närområdet ändras en hel del när stora områden läggs under vatten.

I Norge består 99 % av landets elförsörjning av vattenkraft från älvar och för Nya Zeeland är samma siffra 75 %. Ungefär hälften av Sveriges elförsörjning kommer från vattenkraft men siffran skiftar mellan 42 och 52 % beroende på om det är ett våt eller torrår. Idag utnyttjar vi ungefär 60TWh/år. De svenska älvarna skulle kunna byggas ut till att ge dubbla effekten om man utnyttjade samtliga resurser eller till att ge runt 30 TWh extra om man endast väljer de bästa platserna. För närvarande planeras dock ingen ytterligare utbyggnad av Sveriges älvar just på grund av att miljöpåverkan är stor.



## 6.0 Miljö

Alla tre sätten att utvinna energi ur vatten är ”rena” och förnyelsebara, de har dock olika påverkan på miljön/djurlivet.

Vågkraften påverkar inte miljön speciellt mycket, den är mer ful än förstörande. Det finns inga påtalande bevis som säger att havslivet påverkas av utvinningen. Lite oro finns dock med den nya svenska modellen hur dess magnetfält kommer att påverka havsliv. Vågkraften ses som positivt av de flesta men kan motsättas både av dem som bor vid bojarna och av båtmänniskor.

Tidvattenbarriärer påverkar miljön stort då den hindrar fiskar, genom sitt stora bygge, att komma igenom. Detta påverkar djurlivet innanför tidvattenbarriärerna negativt. Många djurarter är också beroende av den naturliga ebb- och flodgången. Tidvattenmöllor är snällare mot naturen då de varken hindrar djur eller vatten att fritt röra sig utmed stränderna.

Vattenkraft är ”vanebildande” på naturen. Stora landsmassor som vanligtvis inte är täckta med vatten svämmas över samtidigt som vattennivån i flodbädden nedanför fördämningen skiftar stort. På grund av detta så bildas det mer och mer kalmark där inget kan leva. Detta påverkar djuren som har sina revir och naturliga betesmarker där vattenkraften dras fram. Många djurarter blir hotade av bristen på marker att finna föda på. Mest påverkad blir fisken som inte kan ta sig till sina lekplatser och därigenom får problem att föröka sig. I de flesta älvar och dammar har man dock byggt laxtrappor och planterar ut fisk för att rädda bestånden.

## 7.0 Diskussion

När man jämför de olika sätten att utvinna energi ur vattenkraft så är mängden energi man får ut proportionell mot mängden miljöpåverkan. Miljöpåverkan beror på hur stora anläggningar som krävs för respektive utvinningsätt.

Minsta påverkan på såväl djur som natur ger vågkraften, bojarna som guppar på ytan stör inte speciellt mycket mer än synintrycket och generatorhuset som är förankrat på botten tar inte upp speciellt mycket yta. Energi ur tidvatten kan som nämnts ovan utvinnas på två olika sätt. Det första är en betonginnerslutning av kusten och denna ger mest energi av de två men har också absolut störst påverkan på miljön. Alternativ nummer två med propellrar eller möllor under vatten ger klart mycket mindre påverkan på miljön, men eftersom man inte kan ta del av vattnets samlade kraft blir energitvinningen inte heller lika stor. Vattenkraft ger som nämnts ovan stor lokal påverkan på miljön, men vissa rapporter visar att miljön inte nödvändigtvis behöver lida speciellt mycket i det långa loppet. Reservoiren är inte mycket mer än en stor sjö och sådana finns redan representerade i landskapet.

Sveriges kust är inte optimal för utbyggnad av vågkraft eller tidvattenkraft. Om man ändå skulle optimera vågkraften utmed Sveriges kust skulle denna kunna ge ungefär lika mycket energi som en total exploatering av våra älvar, runt 30 TWh per år. Det är ganska så svårt att jämföra vågkraft med andra miljövänliga alternativ som till exempel vindkraft. Detta beror främst på att vindkraften har funnits som kommersiell produkt under många år till skillnad mot vågkraften som fortfarande är i försöksstadiet. De vågkraftverk som placeras utanför Orust beräknas ha en uteffekt på 10-20 kW och det finns redan åttio meter högra vindkraftverk som utvecklar runt 1500 kW och tre gånger så stora under utveckling. Tidvattenkraft i sin tur är inget alternativ i Sverige och inga seriösa utredningar på ämnet har gjorts.



## 8.0 Källor

[http://europa.eu.int/comm/energy\\_transport/atlas/htmlu/wavbib.html](http://europa.eu.int/comm/energy_transport/atlas/htmlu/wavbib.html)

<http://www.darvill.clara.net/altenerg/wave.htm>

<http://www.wave-energy.net/>

[http://www.eere.energy.gov/RE/ocean\\_wave.html](http://www.eere.energy.gov/RE/ocean_wave.html)

<http://www.energy.ca.gov/development/oceanenergy/>

<http://www.wavegen.co.uk/>

<http://www.mech.ed.ac.uk/research/wavepower/>

<http://www.wavedragon.net/>

<http://www.waveenergy.no/>

<http://www.oceanpd.com/>