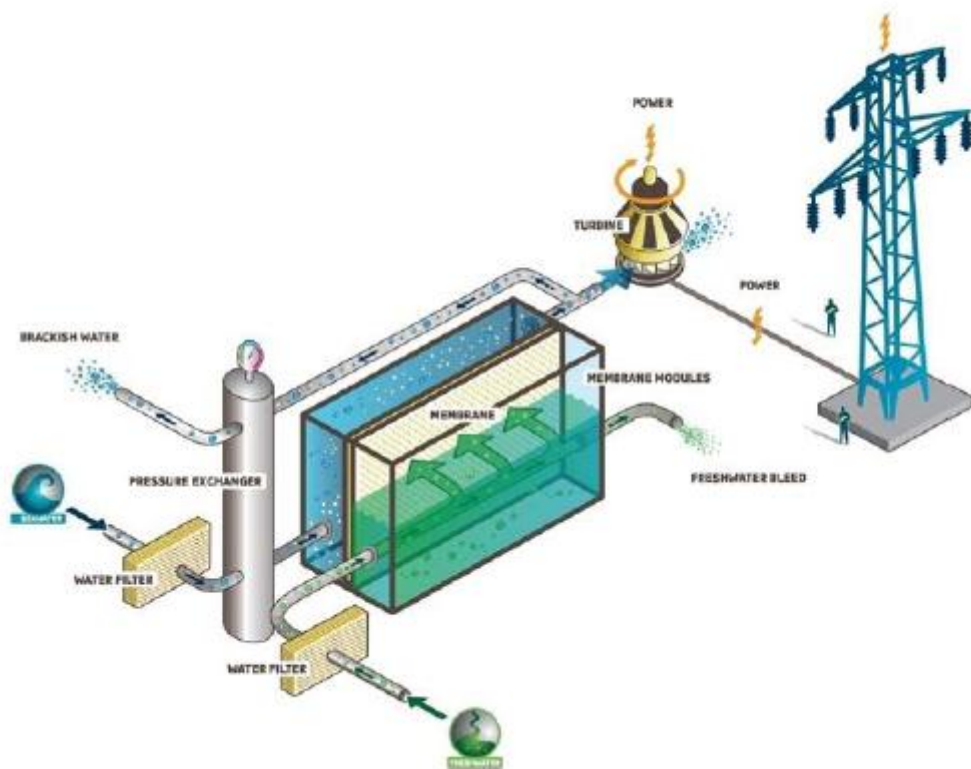


STUDENTARBEID

SALTKRAFT

*EI TEORETISK INNFØRING OG UTGREIING
AV EIT MINIKRAFTVERK*



- Peer Jakob A. Bridge (Prosjektleder)
- Espen T. Førde
- Oddbjørn Myklebust
- Ingunn Vassbotten

AVDELING FOR INGENIØR- OG NATURFAG

PROSJEKTSTYRING MED PROSJEKT (OR2-300)

STUDENTRAPPORT

 Boks 523, 6803 FØRDE. Tlf: 57 72 25 00, Faks: 57 72 25 01 www.hisf.no

TITTEL Saltkraft - ei teoretisk innføring og utgreiing av eit minikraftverk	RAPPORTNR. 01	DATO 15/12 2010
PROSJEKTTITTEL Prosjekt i OR2-300 Prosjektstyring med prosjekt	TILGJENGE open	TAL SIDER 54 pluss vedlegg
FORFATTARAR Peer Jakob A. Bridge, Oddbjørn Myklebust, Espen T. Førde, Ingunn Vassbotten	ANSVARLEGE RETTLEIARAR Joar Sande – prosjektansvarleg og fagleg rettleiar	
OPPDRAGSGJEVAR Høgskulen i Sogn og Fjordane		
SAMANDRAG Målet med denne rapporten er å gje ei teoretisk innføring i trykkretardert osmose og reversert elektrodialyse, som er to av dei mest brukte teknologiane bak saltkraft. Energipotensialet er stort, saltkraft kan utvinnas i heile verda der ferskvatn frå elver renn ut i salt hav. Krafta frå ei elv kan samanliknas med eit fossefall på over 100 meter. Vi nyttar og teorien til å greie ut eit minikraftverk i Storelva i Vevring, Sogn og Fjordane. Utgreiinga viser at det er eit betydeleg effektspotensiale, med ein teoretisk årsproduksjon på i underkant av 1 GWh frå ei elv med nytteleg vassføring på 0,14 m ³ /s.		
SUMMARY The purpose of this paper is to give an introduction to the theory behind power generation from salinity gradients. The two most common technologies are pressure retarded osmosis (PRO) and reversed electro dialysis (RED). The energy potential is vast; power can be generated wherever a river with fresh water meets the salt sea. The power potential of a river can be compared to a waterfall of over 100 meters. In addition we utilize the theory to study the possibilities of a mini salt power plant in the river Storelva in Sogn og Fjordane. The study shows that the power potential is substantial with an annual production of approximately 1 GWh from a utilized river flow of 0, 14 m ³ /s.		
EMNEORD OR2-300 Prosjektstyring med prosjekt, saltkraft, trykkretardert osmose, reversert elektrodialyse		

Forord

Dette prosjektet har blitt gjennomført som ein del av faget "Prosjektstyring med prosjekt" i det 5. semester ved den 3-årige ingeniørutdanninga ved Høgskulen i Sogn og Fjordane. Faget er på totalt 10 studiepoeng, fordelt omlag likt på teori/undervisning og praktisk prosjektarbeid.

Vi stod relativt fritt til å velje prosjekt sjølv og utforminga av dette. Vi hadde eit ynskje om å sette oss inn i saltkraft og ville samstundes ha med ein praktisk del. Den fyrste delen av rapporten er reint teoretisk, medan den andre delen er ei utgreiing av eit tenkt saltkraftverk ved Storelva i Vevring, Sogn og Fjordane.

I den teoretiske delen har tanken vært å gje ei innføring i dei to (til no) mest lovande teknikkane for å utvinne dei store energimengdene som blir frigitt når ferskvatn flyter ut i havet og blandar seg med det salte sjøvatnet.

I den andre delen nyttar vi teorien til å gjere eit praktisk anslag på potensialet til eit saltkraftverk ved Storelva.

Prosjektgruppa har bestått av:

Peer Jakob A. Bridge	Prosjektleder
Oddbjørn Myklebust	Student
Espen T. Førde	Student
Ingunn Vassbotten	Student

I dette prosjektet har Joar Sande vært prosjektansvarleg og fagleg rettleiar.

I tillegg har vi fått uvurderleg hjelp frå fleire personar som vi vil takke:

- André Staalstrøm, NIVA, for måledata av temperatur i Førdefjorden
- Leif Johnny Bogetveit, NVE, for måledata med vassføring frå Nautsundvatn
- Øystein Skråmestø Sandvik og Johan Wergeland Brekke, Statkraft, for verdifull informasjon om effektberekning og virkningsgrad.
- Kristina Shahbazian ved Sterlitech Corporation for assistanse ved kjøp av semipermeabel membran.

Førde 15.12.2010

Peer J. A. Bridge Ingunn Vassbotten Espen T. Førde Oddbjørn Myklebust

1 – Innhaldsliste

1 - Innhaldsliste	4
2 - Samandrag	5
3 - Innleiing	6
3.1 Prosjektadministrasjon.....	6
3.2 Saltkraft.....	7
4 - Osmose	8
4.1 Modell.....	9
5 - Trykkretardert osmose	11
5.1 Virkemåte.....	12
5.2 Kraftverk.....	13
5.3 Vasstraum, trykk og effekt.....	15
6 - Reversert elektrodialyse	17
6.1 Virkemåte.....	17
6.2 Kraftverk.....	19
6.3 Spenning, effekt og straum.....	20
7 - Utgreiing minikraftverk i Storelva	22
7.1 Målingar.....	25
7.2 Tilnærma vassføring.....	32
7.3 Effektpotensial.....	36
7.4 Økonomi.....	39
8 - Framtida	42
8.1 Utfordringar.....	42
8.2 Moglegheiter.....	42
9 - Prosjektadministrasjon	44
9.1 Organisering.....	44
9.2 Gjennomføring i forhold til plan.....	45
9.3 Økonomi.....	46
9.4 Generell prosjektevaluering.....	47
10 - Konklusjon	49
11 - Referanseliste	50
12 - Figur og tabelliste	52
13 - Vedleggsliste	54

2 - Samandrag

Målet med denne rapporten er å gje ei innføring i saltkraft og gje eit eksempel på ei praktisk utgreiing av eit mini saltkraftverk.

Bakgrunnen for saltkraft er naturfenomenet osmose, prosessen der vatn trenger igjennom ein membran for å utlikne ein konsentrasjonsforskjell av eit oppløyst stoff. Vi går igjennom dei (til no) mest lovande teknikkane for å nytte saltkrafta, reversert elektrodialyse og trykkretardert osmose. I trykkretardert osmose brukast det ein membran som berre slepp igjennom vatn, ikkje salt. Ferskvatnet vil då trenge til saltvatnsida og bygge opp eit trykk. Vasstraumen og trykket frå denne prosessen blir nytta til å drive ein turbin som genererer elektrisitet. Noreg er verdsleiande på denne teknologien, og Statkraft har bygga ein fungerande prototyp på omlag 2 KW.

I reversert elektrodialyse er det saltet i form av ion som diffunderer gjennom membranen i staden for vatnet. Desse iona har ein elektrisk ladning, enten positiv eller negativ (Na⁺ og Cl⁻). Ved å bruke ionselektive membranar kan ein få alle dei negative iona til å gå til eine sida, og alle dei positive til andre sida. Dette bygger opp ein spenningsforskjell som kan nyttast til å drive ein straumkrets. Nederland har eit aktivt forskingsmiljø rundt denne teknologien.

I siste delen nyttar vi teorien til å utgreie eit tenkt saltkraftverk i Storelva som ligg i Vevring i Naustdal kommune. Her har vi valt å ta utgangspunkt i trykkretardert osmose. Utgreiinga har både ein teknisk og økonomisk del, men det økonomiske er avgrensa til ei noverdianalyse av framtidige kontantstraumar sidan vi manglar grunnlag for å anslå investeringskostnad. Analysen viser at det er eit betydeleg effektpotensiale, i underkant av 1 Gwh årsproduksjon frå ei middelvassføring på 0,26 kubikkmeter/sekund. Vi har lite grunnlag for å seie noko om investeringskostnad på eit slikt kraftverk, men antar at den er altfor høg til lønsam drift på det noverande tidspunkt.

3 – Innleiing

3.1 – Prosjektadministrasjon

Bakgrunnen for prosjektet er arbeidskravet i faget Prosjektstyring med prosjekt (OR2-300) i det femte semesteret ved ingeniørutdanninga i Førde. Prosjektet skal gje oss innføring i prosjektstyring og korleis vi kan gjere oss sjølve meir effektive og organiserte før vi tek til på hovudprosjektet i det siste semesteret.

Hovudmålet vårt med prosjektet er å lære om prosjektstyring som ein arbeidsmetode, medan det sekundære målet vårt er å få så nøyaktige resultat som budsjettet og kunnskapen vår kan gje oss.

I den teoretiske undervisninga har vi fått innføring i bruken av ulike verktøy for prosjektarbeid som vi har nytta oss av i dette prosjektet.

Prosjektet skal bestå av ei munnleg framføring og ein skriftleg rapport. Framføringa skal skje den 26. november, medan innleveringa av rapporten skal skje seinast 17. desember.

3.2 Saltkraft

Saltkraft fenga vår interesse tidleg då vi skulle velje prosjekt. Grunnen til det var at det er eit relativt nytt og spanande emne som vi ikkje kunne mykje om frå før. I eit tradisjonelt vasskraftverk er det lett å sjå kvar energien kjem frå, her vert fallenergien i vatnet brukt til å drive ein turbin som igjen genererer elektrisitet. I saltkraft er det ikkje like opplagt, noko som var med å pirra nysgjerrigheita vår.

Fornybar energi er og stadig meir aktuelt. Verda har eit stadig aukande behov for energi, og i tillegg blir det meir og meir naudsynt å senke CO₂ utsleppa. Fossile energikjelder som olje, gass og kol bidrar til store utslepp, og i tillegg vil det kome ein dag då desse ressursane tek slutt.

Saltkraft er ein av mange teknologiar som utnyttar våre fornybare ressursar og kan bli ein viktig bidragsytar til det framtidige energibehovet i verda. Statkraft har gjort eit anslag der dei har funne at saltkraft har eit globalt energipotensial på omlag 1700 TWh. Dette tilsvarar heile Kina si samla straumforbruk i 2002. I Noreg er potensialet omlag 12 TWh, noko som svarar til 10 % av det samla norske strømfbruket. For å illustrere krafta som ligg i samanblanding av sjøvatn og ferskvatn kan ein samanlikne alle elveutløp i sjøen med eit fossefall på over 100 meter, så det er store mengder energi det er snakk om.

Ideen om å utvinne elektrisitet via osmose ved samanblandinga av salt - og ferskvatn er ikkje heilt ny, ein av pionerane som dreiv utstrakt forskning på 1970-tallet var Sydney Loeb frå USA. Ideane og prinsippa var dei same som blir nytta i dag, men prosjektet stranda på teknologien og kostnad på membranen. Forskinga har blitt vekka til live dei seinare åra, og Noreg er faktisk ein av pionerane på dette området. Statkraft har fått bygga verdas første prototyp av eit saltkraftverk på Tofte i Hurum.

Noreg er veileigna for denne typen kraftverk, sidan ein viktig føresetnad for effektiv og lønsam drift av eit saltkraftverk er at vasskvaliteten er høg, med lite forureiningar som tettar membranen. Spesielt elvene langs vestlandet har veldig reint vatn som passar godt i eit saltkraftverk.

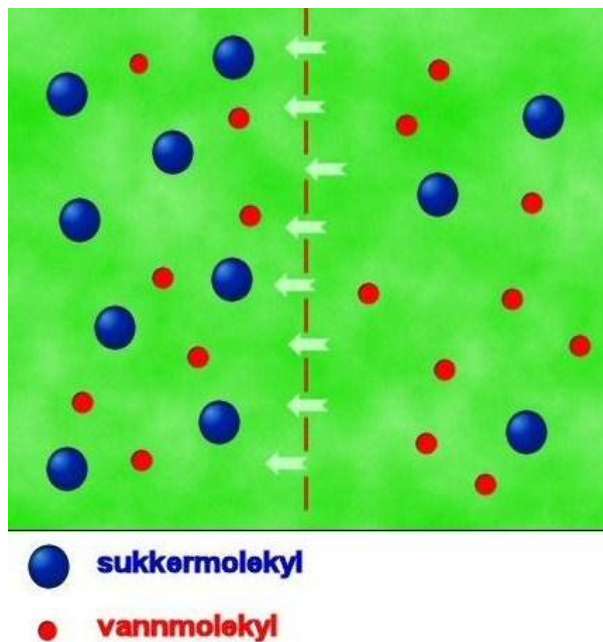
Ein annan stad i verda der det har blitt satsa ein god del på saltkraft er Nederland. Nederland har eit stort potensiale i å utvinne elektrisitet frå utløpet av den store elva Rhinen, og i tillegg ved det store diket Afsluitdijk. Her blir det pumpa enorme mengder ferskvatn ut i Nordsjøen for å unngå flaum, dette vatnet kunne gitt store mengder straum. Det er planar om å bygge ein prototyp ved Afsluitdijk, men enn så lenge er det Noreg med Statkraft sitt kraftverk som leiar an.

Vårt mål med denne rapporten er å gje ei teoretisk innføring i saltkraft, med fokus på dei to mest utforska teknikkane: trykkretardert saltkraft og reversert elektrodialyse. I tillegg har vi ein praktisk del med utgreiing av eit tenkt mini saltkraftverk ved utløpet av Storelva i Vevring.

4 – Osmose

Osmose vart oppdaga av franskmannen Henri Dutrochet tidleg på 1800-talet. Oppdaginga gjorde han ved å studere spreinga av eit løysemiddel gjennom ein semipermeabel (halvgjennomtrengelig) membran.[1]

Osmose er prosessen der vatn med høg H₂O-konsentrasjon forflyttar seg til vatn med lågare H₂O-konsentrasjon gjennom ein semipermeabel membran. Denne forflyttinga av vatn kallar vi for diffusjon og er eit resultat av naturlege prosessar som konsentrasjonsforskjellen aktiverer.[2] Ein semipermeabel membran er oppbygd slik at ikkje alle stoff vil kunne trengje igjennom. Det er størrelsen på molekyla til stoffet som avgjer om dei vil kunne vandre gjennom membranen eller ikkje. Dersom ein til dømes har "reint" vatn på ei side av ein slik membran og sukkerløysing på den andre vil ikkje suktermolekyla kunne trengje igjennom. For at konsentrasjonsforskjellen skal utlikne seg er einaste moglegheit at det "reine" vatnet forflyttar seg over i sukkerløysing og tynnar ut denne.



Figur 1: Osmose i sukkerløysing

Osmose er ein prosess som til ei kvar tid føregår rundt oss sidan celler med semipermeable celleveggar fins i alle levande organismar. Ved å plassere ei plantecelle i vatn vil eit av dei tre fylgjande scenarioa utspelle seg:

Den første moglegheita er at vasskonsentrasjonen er høgare inne i cella enn på utsida. Dette vil då føre til at vatn diffunderer ut gjennom membranen og cella vil skrumpe inn.

Dersom vasskonsentrasjonen derimot er lik på begge sider av membranen vil det ikkje bli i gangsett osmose og cella vil behalde den same forma.

Den siste moglegheita er at vatnet utanfor cella har høgare konsentrasjon enn det som er inne i cella. I dette tilfellet vil vatnet diffundere inn i cella ved osmose. Dette vil halde fram heilt til vasskonsentrasjonen er lik på begge sider av cellemembranen og cella vil under prosessen svulle

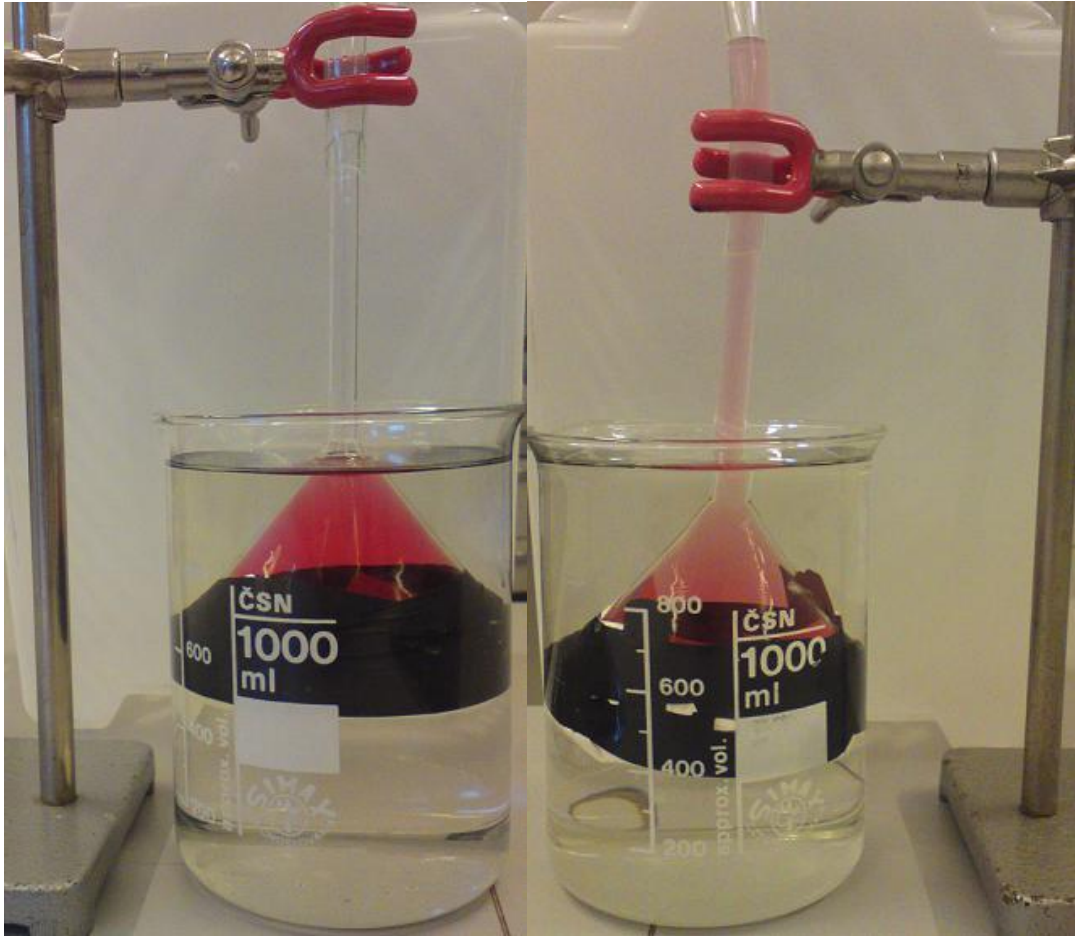
opp. Sjølv om cella sveller opp hindrar dei kraftige celleveggane den frå å sprekke. Det er på denne måten plantar tar til seg vatn frå jorda rundt seg og skaffar næring til vidare vekst. Tilsvarande fins det mekanismar i plantane som kan stoppe vassopptaket og hindre at plantane druknar. Sidan cellene ikkje kan vekse uhemma vil vi etter kvart få eit mottrykk som hindrar vidare transport av vatn inn i cellene. Når denne tilstanden er oppnådd har vi fått det vi kallar for osmotisk likevektstrykk og det er dette fenomenet som saltkraftsteknologien baserar seg på.[3]

I saltvatn vil konsentrasjonen av H₂O molekyl vere lågare enn i reint ferskvatn sidan saltvatn inneheld NaCl i tillegg til H₂O. På same måte som med sukkerløysinga vil dei naturlege prosessane utlikne konsentrasjonsforskjellane når ein plasserer ein semipermeabel membran mellom dei to vasskonsentrasjonane. I dette tilfellet er det NaCl molekyl som ikkje trenger gjennom membranen og ferskvatnet vil forflytte seg over til saltvatnet. Prosessen vil fortsette heilt til konsentrasjonsforskjellen er utlikna eller vi har fått osmotisk likevektstrykk[4]. Til no er det utvikla to hovudtypar teknologi for å bruke osmose til å utnytte elektrisitetspotensialet som er tilstade når saltvatn og ferskvatn møter kvarandre. Desse to metodane vil vi gå nøyare innpå i seinare kapittel.

4.1 Modell

I samband med presentasjonen ønska vi å lage ein modell som viser korleis osmose fungerer. På bakgrunn av dette gjekk vi til innkjøp av ein reversert osmose membran (RO) som vi ville nytte i modellen. Ein RO membran er semipermeabel, og er i utgangspunktet konstruert for å produsere ferskvatn av saltvatn ved hjelp av trykk. Prosessen vi ville nytte membranen i er, som nemnt i kap.4, det motsette av det membranen er konstruert for. Dette fører til at membranen ikkje er heilt ideell for å illustrere osmose, men den var det beste alternativet vi kunne finne. Vi ønska i utgangspunktet å montere membranen på ei ramme i eit kar og illustrere osmose ved endring i volum i saltvasskammeret. Då vi prøvde å utvikle modellen i praksis fekk vi problem med å få fugene rundt membranane tette nok og i tillegg erfarte vi at prosessen gjekk svært sakte. Vi valde difor å sjå på alternative løysingar for modellen.

Etter tips frå Joar Sande gjekk vi for å montere membranen på ei trakt. Fordelen med denne løysinga er at innsnevringa på trakta fører til at ein treng mindre endringar i volum for å få ei visuell endring. For å enklare kunne sjå endringane tilsette vi dessutan konditorfarge til saltløysinga. Sjølv med desse endringane av modellen gjekk prosessen altfor sakte til at den ville hatt reell nytteverdi under presentasjonen. For å oppnå ei stigning på ca. 10 cm måtte forsøket halde fram i over 36 timar(Sjå figur 23). På presentasjonen valde vi difor å nytte ein film av same forsøket som vi gjennomførte for å illustrere osmose.



Figur 2: Osmose, Volum forskjell etter 36 timar.

5. Trykkretardert osmose

Trykkretardert saltkraft (en: Pressure Retarded Osmosis - PRO) er ein av dei to mest kjende teknologiane som kan brukast for å utnytte energien som kjem frå samanblanding av ferskvatn og saltvatn. Det er denne teknologien dei har valt å satse på i Statkraft i Noreg med opninga av verdas fyrste prototyp (hausten 2009) av eit saltkraftverk på Tofte i Hurum [5,6]. Prototypen skal i første omgang produsere 2-4 kW strøm, men planen er å opne eit fullskala pilotanlegg på 1 - 2 MW i 2015.

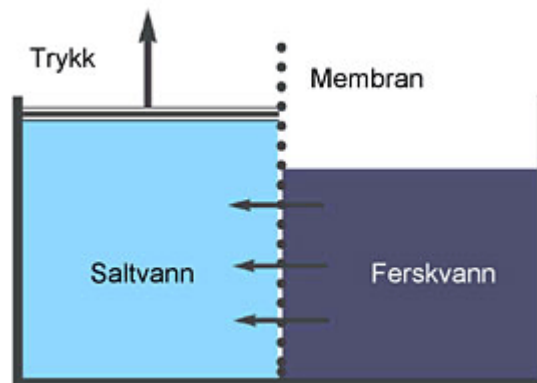


Figur 3: Statkraft sin prototyp på Tofte.[31]

5.1 Virkemåte

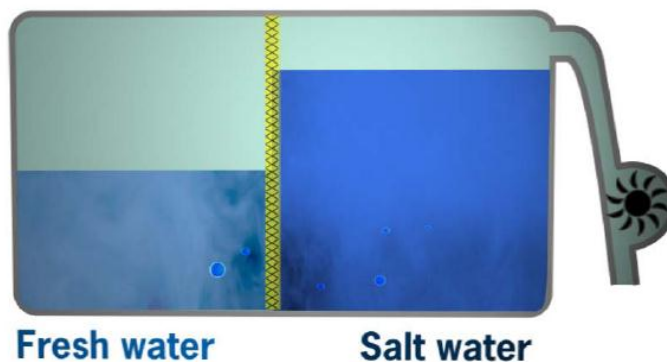
Vi vil bruke forkortinga PRO for trykkretardert osmose vidare i dette kapitlet.

Som beskriva i kapittel 4 er osmose prosessen der væsker med ulike konsentrasjonar av eit oppløyst stoff vil prøve å utlikne denne konsentrasjonsforskjellen gjennom ein semipermeabel membran. I vårt tilfelle er det oppløyste stoffet salt. Membranen er laga slik at den berre slepp igjennom vassmolekyl, medan det oppløyste saltet ikkje slepp igjennom. Dersom vi har to kammer, eit med saltvatn og eit med ferskvatn åtskilt med ein slik membran, så vil ferskvatn diffundere gjennom membranen og inn i saltvatnet for å prøve å utlikne forskjellen i saltkonsentrasjon. Som nemnt i kapittel 4 vil denne prosessen fortsette heilt til konsentrasjonsforskjellen er utlikna, eller til vi får så stort mottrykk at prosessen stoppar opp. Dette trykket kallast maksimalt osmotisk trykk.



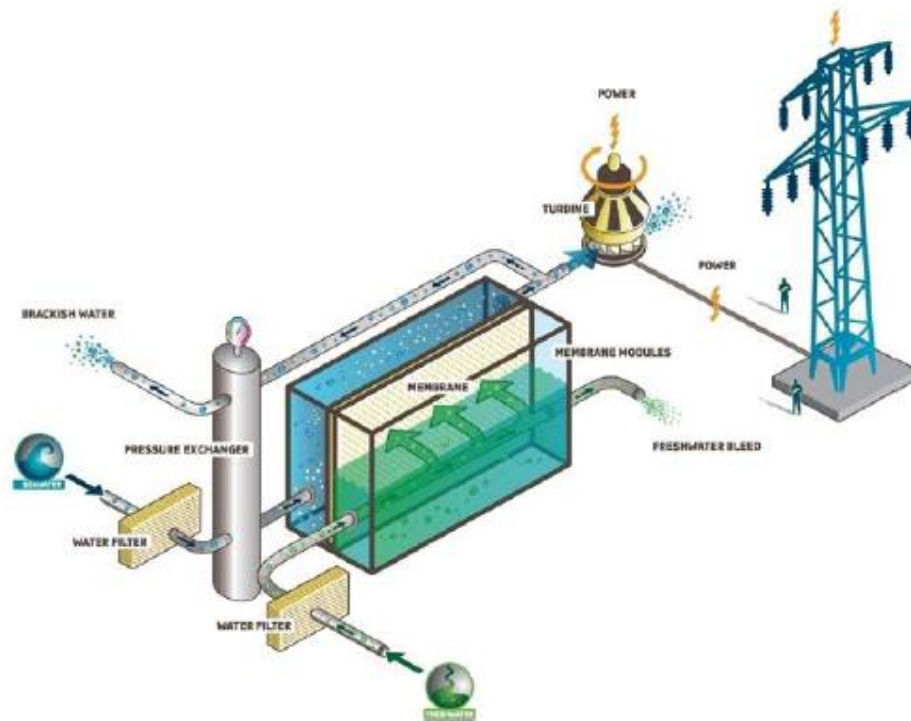
Figur 4: Osmose [4]

I PRO utnyttast vasstraumen og trykket som følgje av denne prosessen til å drive ein turbin som genererer elektrisitet. Vi kan samanlikne med eit vanleg vasskraftverk der ein utnyttar fallhøgda i eit fossefall for å drive ein turbin. Når ferskvatnet trenger inn i kammeret med saltvatn vil det auke mengda vatn der, og nivået stig. Vi kan dermed lage oss eit kunstig fossefall der vi tek ut elektrisitet med hjelp av ein turbin på same måte som ved eit tradisjonelt vasskraftverk. Dette fossefallet vil tilsvara ei søyle på ca. 120 meter ved samanblanding av sjøvatn og elvevatn med typiske konsentrasjonsforskjellar av salt.



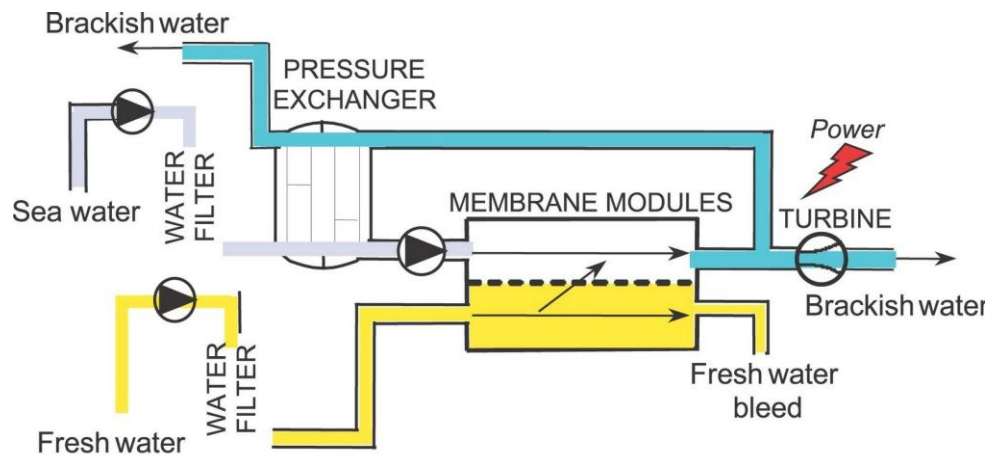
Figur 5: Straum frå osmose [9]

5.2 – Kraftverk



Figur 6: Prinsipp for PRO kraftverk [7]

Figur 6 viser ei prinsippskisse over eit kraftverk. I staden for å lage ei vassøyle på 120 meter for å ta ut trykket nyttast ein trykkvekslar som lagar trykk på det innkomande sjøvatnet tilsvarande 11-15 bar. Vi skal seinare sjå at dette gjev ein optimal kombinasjon av trykk og mengde vatn som driv turbinen. Sjøvatn blir tatt inn i eine kammeret, og ferskvatn frå elva inn i det andre, åtskilt av ein osmotisk membran. Ferskvatnet trengjer så inn i kammeret med saltvatn og lagar ein vasstram med eit trykk på 11-15 bar av brakkvatn (salt- og ferskvatn blanda saman) som driv turbinen. Ein del av brakkvatnet går til trykkvekslaren for å trykk setje det innkomande sjøvatnet.



Figur 7. Prinsippskisse [8]

Membranen [10] er det springande punktet for lønsemda ved PRO. Kostnad og effekttettleik er dei to viktigaste parameterane. Membranen består av eit porøst bærelag og ei osmotisk hinne med ein tjukkeleik på 50-100 nanometer. Membranen har veldig små masker, ca. 1/10 mm, som slepp igjennom vatnet mens den stoppar saltmolekyla [10].

Ufordringa er få ein membran som i størst mogleg grad slepp igjennom vatnet og i minst mogleg grad saltet. Ønska effekttettleik for å kunne gjere PRO lønsamt er i størrelsesorden 5 w/m^2 . Pr 2008 [10] var oppnådd effekt med ein TFC (Thin film composite) membran $3,5 \text{ w pr. m}^2$. Med 5 w/m^2 vil eit anlegg med 25 Mw installert effekt behøve 5 mill. m^2 med membran, så det er store areal det er snakk om. I eit PRO kraftverk vil membran bli rulla opp for å få mest mogleg membranareal på minst mogleg plass.

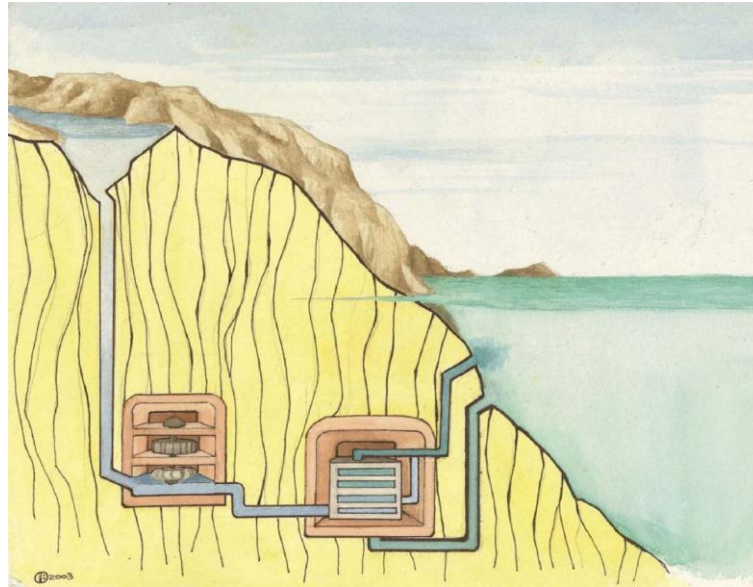


Figur 8: Membranrack [31]

Bilete viser membranracken på Statkraft sin prototyp. Sjølve membranen er rulla opp inne i dei sylindriske behaldarane

Det er og viktig at vatnet vert filtrert før det treff membranen, slik at skit og forureiningar ikkje øydelegg den. Desse filtera treng regelmessig vedlikehald /utskifting for å sikre ei stabil drift.

Ein kan og tenke seg å byggje kraftverket skjult under bakken, godt under det nivået der ein tek ut sjøvatnet. Sjøvatnet vil då være ferdig trykksett, og overskotstrykket frå ferskvatnet vil ein kunne ta ut som straum før det kjem inn i osmosekammeret. Det vil altså fungere som ein kombinasjon av eit tradisjonelt vasskraftverk og eit osmotisk kraftverk.



Figur 9: Underjordisk vasskraft/PRO kraftverk [8]

Ein slik installasjon vil være tilnærma heilt skjult for omgivnaden, og utan skjemmande røygater. På denne måten vil ein kunne nytte vasskrafta to gonger, fyrst gjennom ein vanleg turbin og etterpå i eit PRO kraftverk.

5.3 Vasstraum, trykk og effekt

Det maksimale trykket i ei osmotisk løysing kan bereknast med van Hoff sin formel [4]:

$$\pi = cRT$$

c = den molare konsentrasjonen.

R = 0,0821 L atm/mol K, som er gass konstanten.

T = Temperaturen gitt i Kelvin.

Vi vil rekne ut det maksimale osmotiske trykket til sjøvatn med ein saltkonsentrasjon på 33 g/liter og ein temperatur på 10 °C.

Molar konsentrasjonar er eit mål på kor mange partiklar det er av eit stoff oppløyst i 1 liter væske. 1 mol salt (NaCl) tilsvarar 58,5 gram pr. liter [periodiske system, atommasse]. Viss vi har eit saltinnhald på 33 g pr. liter tilsvarar det $33/58,5 = 0,5641$ mol salt. Når salt løysast i vatn deler kvart

molekyl seg i to ion, Na og Cl. Total molaritet ved ein konsentrasjon på 33 g/liter vatn vil då vere $0,56412 = 1,128 \text{ mol/liter}$. $\pi = 1,128 * 0,0821 * (273,15+10) \text{ K} = 26,2 \text{ bar}$ eller 2620 Kilopascal. Dette tilsvarar ei vassøyle på 262 meter. Dette er det maksimale trykket når mottrykket er så høgt at straumen av vatn (vassfluksen) stoppar heilt opp. Ved minimum trykk har vi den største straumen av vatn. Effekten vi kan ta ut ved hjelp av ein turbin er eit produkt av vasstraumen og trykket [11]:

$$W = J_w \times \Delta P \quad (1)$$

W= effekt

J_w = vassfluks

ΔP = arbeidstrykk over membranen

Vi kan rekne ut effekten pr. eining membranareal, dette er viktig fordi nettopp effekttettleiken er den viktigaste parameteren for å gjere PRO lønsamt.

Størrelsen på vassfluksen er eit produkt av gjennomtrengningskonstanten av vatn til membranen og trykkforskjellen over membranen [8];

$J_w = A(\pi - \Delta P)$, der A er gjennomtrengningskonstanten til membranen (maksimal verdi lik 1).

Dersom vi sett desse likningane saman får vi følgjande uttrykk for effekten:

$$W = A(\pi - \Delta P) \Delta P$$

Vi kan derivere dette uttrykket med omsyn på ΔP og sette lik null for å finne optimalt arbeidstrykk over membranen.

$$dW/d\Delta P = -(\Delta\pi - 2\Delta P)A$$

$$\Delta\pi - 2\Delta P = 0$$

$$\Delta P = \Delta\pi/2 \quad (2)$$

For å få best mogleg kombinasjon av vasstraum og trykk (og dermed høgast effekt i forhold til membranareal) bør arbeidstrykket altså ligge på omlag halvparten av det maksimale, i vårt tilfelle her $26,2/2 = 13 \text{ bar}$, eller ei vassøyle på 130 meter.

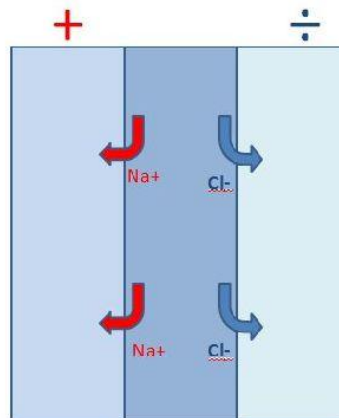
6. Reversert Elektrodialyse

Reversert elektrodialyse (Eng: Reversed Electro Dialysis - RED) er ein anna teknikk for å utnytte energi mellom saltvatn og ferskvatn. Denne teknikken har dei satsa på i Nederland. Afslutdijk er ein veleigna stad, med mykje ferskvatn som blir pumpa ut og blanda med Nordsjøen. Energipotensialet i Afslutdijk ligg på ca. 300MW som skal vere nok til 35000 husstandar[14]. I første omgang har ein firma som heiter RedStack laga ein prototype som i utgangspunktet skal vere i stand til å produsere fem kilowatt, men planen er å auke til 50 kilowatt i løpet av nokon år [12].

6.1 Virkemåte

Elektrodialyse er ein metode til å frigjøre forskjellige ion frå ei løysing ved hjelp eit elektrisk felt, dette kan ein utnytte når ein for eksempel skal få ferskvatn ut av saltvatn. Reversert elektrodialyse verkar motsett, ferskvatn og saltvatn blandast til brakkvatn og det oppstår ein straum. I teorien skal Rhinen kunne gi ut heile 600 MW energi ved å blande seg med Nordsjøen.

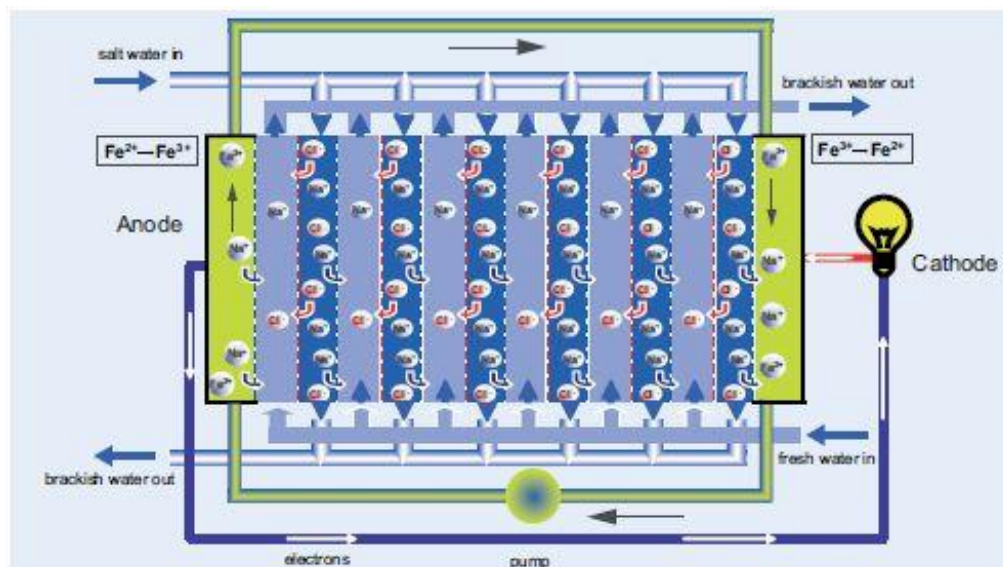
Salt, eller Natriumklorid, består av ei ionebinding mellom Na^+ og Cl^- . Når salt løysast i vatn blir denne bindinga broten og dei blir då til frittflytande positive og negative ion. Ein kan ta bruk i desse iona ved at ein skil ferskvatn og saltvatn med membranar. Det må vere to typar membranar, ein slepp berre gjennom positive ion og ein slepp berre gjennom negative ion. Membranar av denne typen kallast ioneselektive. Sidan ferskvatn har låg konsentrasjon av Na^+ og Cl^- , medan saltvatn har høg konsentrasjon av desse, vil det automatisk prøve å utlikne seg. Det vil da oppstå ein spenningsforskjell mellom ferskvatn cellene på kvar side av saltvatnet som følgje av straumen.



Figur 10: Prinsippkisse av RED.

Figuren viser korleis Na^+ ion går gjennom ein membran og Cl^- går gjennom ein annan. Saltvatn i midten og ferskvatn på sidene.

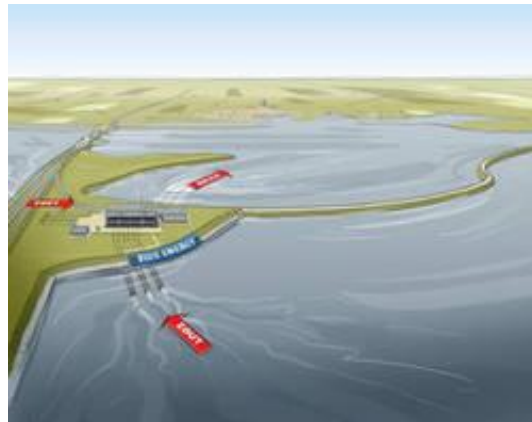
I eit reversert elektrolyse system er kation- (positive ion) og anion (negative ion) membranar plassert vekselvis etter kvarandre mellom katode og anode. Ein må bruke to forskjellige membranar i reversert elektrolyse: CEM (cation exchanging membrane) for kationutveksling og AEM (anion exchanging membrane) for anion utveksling. For å oppnå ein brukbar spenning må fleire celler koplase i serie. Eit slikt oppsett kallas for stack. Til dømes i ein RED stack med 100 celler må avdelingane mellom membranane vere lagvis fylt med konsentrert saltløysning (50 CEM) og fortynna saltløysning (50 AEM). Det kjemiske potensialet fører til transport av ion gjennom membranane frå konsentrert løysning til fortynna løysning. Natruimkloridopløysninga med natrium ion trengjer gjennom kation membranane i retning katoden, medan kloridion trengjer gjennom anion membranane i retning anoden. Ein opprettheld elektronøytralitet i anode rommet, via oksidasjon ved anoden si overflate, medan ein opprettheld elektronøytralitet av løysninga i katode rommet via reduksjon på katode overflata. Som eit resultat av dette kan ein overføre eit elektron frå anoden til katoden med ein ytre elektrisk krets. Spenningsforskjellen mellom dei ytre avdelingane av membranane, er summen av potensialet over kvar membran. Den elektriske straumen og potensialet over elektrodane kan brukast til å generere elektrisk straum når ein ekstern last eller ein energibrukar blir koplet til.



Figur 11: Cellestack RED [15]

6.2 Kraftverk

Eit RED kraftverk må naturlegvis plasserast ved eit elveutløp/dam og nær tilgang til saltvatn slik at ein får utnytta desse maksimalt. I Eit RED kraftverk er det ikkje behov for nokon ekstern generator for å utnytte energi, ein kan hente den direkte ut frå stacken. Membranen sine eigenskapar er som i trykkretardert osmose viktig for at kraftverket skal kunne fungere optimalt. Viktige faktorar er reduksjon av membranens motstand for ionevandring, selektivitet, pris og levetid.

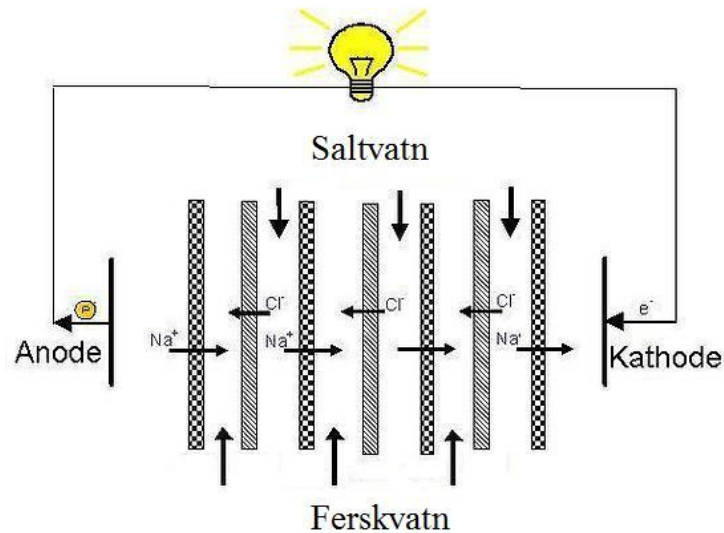


Figur 12: Eksempel på RED kraftverk [13]

For å maksimere kraftproduksjonen er det viktig at vatnet er godt blanda og jamt fordelt langs membranane. For å holde ein jamn avstand mellom membranane brukar ein avstandshaldarar, såkalla spacers. Problemet er at spacerane stel av membranarealet, som igjen fører til lågare energiutbytte. Energiutbyttet blir dermed mindre enn det opprinneleg var på membranen si overflate. Piotr Dlugolecki [15], forskar ved Wetsus institutt for bærekraftig vassteknologi, forska difor på å lage ledande spacers. Dette førte til ein 3-4 dobling av effektettleiken i membranen, noko som gjer at ein stadig kjem nærmare målet med 5W per kvadratmeter. Filtrering av vatnet før det kjem inn i stacken er også ein viktig faktor for å auke membranens levetid og forhindre tilstopping og dermed mindre gjennomstrømming i systemet.

Konvertering frå DC (likestraum) til AC (vekselstraum) ved RED kraftverk er viktig for samtrafikk med det offentlege straumnett. Avhengig av størrelsen på straumen og dei enkelte stablane må ein omforme straumen. Desse omformarane bør helst vere ein del av RED kraftverket. (Utrekingar av straum, effekt og spenning blir nemnt i neste kapittel.)

Utfrodringa med eit RED kraftverk er at prisen kan bli veldig høg, og det er i hovudsak membranens som aukar prisen. Ein membran kostar ca. 5 euro per kvadratmeter, noko som kan bli veldig dyrt dersom ein treng millionar kvadratmeter med membran. I tillegg til dette må ein bygge kraftverket og alt rundt, som også kostar pengar.



Figur 13:Prinsippskisse av RED stack [14]

6.3 Spenning, effekt og straum.

Spenningsforskjellen mellom cellene i RED er gjeve ved Nernst likning. Forskjellen i spenning er ein funksjon av forskjellen mellom ionekonsentrasjonen og temperaturen i vatnet (saltvatn og ferskvatn).

Nernst likning er gjeve ved:

$$E = \frac{RT}{zF} \ln \frac{[\text{ion outside cell}]}{[\text{ion inside cell}]}$$

E= Spenningspotensialet

R=8.314 472 J/molK (Universell gasskonstant)

T= Temperaturen i Kelvin(273,15+temperatur i celsius)

F=9.648 533 99 x 10⁴ C/mol (Faradays konstant: columb pr. mol elektron).

z= Ladningen til kvart ion (Iona i salt er Na⁺ og Cl⁻ og har såleis ladning = 1)[16].

Saltvatn er definert som vatn med ein salinitet på over 30 g/l og i sjøen vil den normalt sett ligge mellom 32 g/l og 37g/l. I ferskvatn har vi ein salinitet frå 5g/l og nedover.

Dersom vi då reknar med at saltvatn inneheld 32g/l og ferskvatn inneheld 2g/l får vi eit konsentrasjonsforhold på 16:1. Det vil seie at for kvart Na⁺ ion i ei ferskvasscelle finns det 16 Na⁺ ion i saltvasscella(tilsvarende for Cl⁻)[18]. I eit tilfelle der vatnet har ein temperatur på 15 °C vil vi få denne spenningsforskjellen mellom kvar halvcelle:

$$E = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[\text{ION outside cell}]}{[\text{ION inside cell}]} = \frac{(8,314472 \text{ J/molK} * (273,5 + 15) \text{ K})}{(1 * 9,64853399 * 10^4)} \ln \frac{16}{1} = 0,069 \text{ volt}$$

I eit kraftverk vil slike halvceller bli satt i serie med sjøvatn og ferskvatn i annankvar celle. Ein slik serie kallar vi for ein stack. Spenninga i stacken vert spenningsforskjell mellom kvar halvcelle multiplisert med antal celler og fungerer på same måte som ei rekke batteri koplå i serie. Med ein stack på t.d. 100 alternerande celler ville vi i vårt døme fått ei spenning på 6,8 volt. Denne spenninga er ei ideell spenning ved open krets, men i straumproduksjon vil den reelle spenninga vert lågare grunna spenningstap i membran og vatn. Den reelle maks spenning for systemet kan vi komme fram til ved å trekke spenningstapet over membranen ifrå den ideelle spenninga frå Nernst likning. Dette kan uttrykkast ved formelen $U = E - I * R$. Dersom du set dette uttrykket inn i formelen for effekt ($P = U * I$) og deriverer med omsyn på U , finn ein eit uttrykk for kva spenning som gjev høgast effekt pr. membranareal. Denne formelen kjem ein fram til på følgjande måte[16]:

$U = E - I * R$ \downarrow $IR = E - U$ \downarrow $I = \frac{(E - U)}{R}$ $P = U * I$ \downarrow $P = \frac{U * (E - U)}{R}$ \downarrow $P = \frac{1}{R} * (EU - U^2)$	\downarrow $P = \left(\frac{1}{R}\right) * (E - 2U)$ \downarrow $0 = \left(\frac{1}{R}\right) * (E - 2U)$ \downarrow $E - 2U = 0$ \downarrow $2U = E$ \downarrow $U = \frac{E}{2}$
---	--

Av utrekninga kan vi sjå at optimal cellespenning ligg på halvparten av den opne cellespenninga.

Den mest brukte eininga for effektutak ved hjelp av RED-teknologi er W/m^2 (watt pr. kvadratmeter med membran). Med dei elektrodialysemembranane som vi har i dag brukt i reversert elektrodialyse kan ein ta ut ein effekt på $0,41 W/m^2$. For at straumproduksjonen ved hjelp av RED-teknologi skal verte lønnsam må ein opp på eit reelt effektuttak på ca. $5 w/m^2$ [16,18].

7. Utgreiing minikraftverk i Storelva

Vårt ynskje var å greie ut moglegheitene for eit minisaltkraftverk ved eit elveutløp i Førdefjorden.

Vårt fyrste val av elv var Erdøla i nærleiken av Naustdal. Etter ein del research bestemte vi oss for å finne ein betre egna stad. Erdøla ligg innafør området avgrensa av Ålasundet, her er eit terskelområde med maksimalt djup på 56 m.



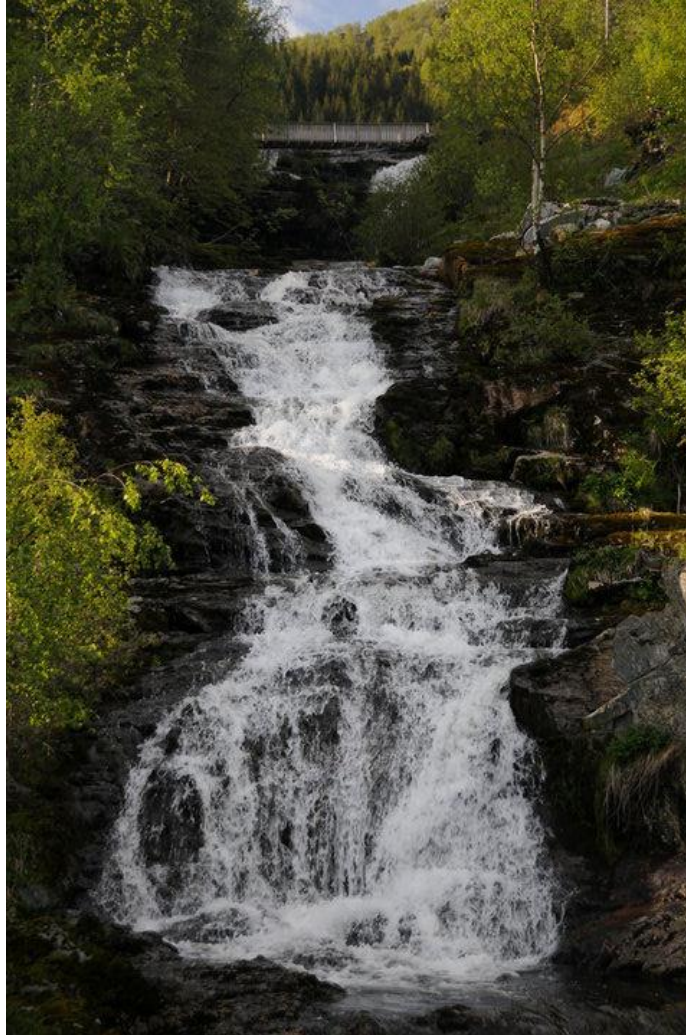
Figur 14: Terskel ved Ålasundet [32]

Saltvatn har høgare tetthet enn ferskvatn, slik at saltholdigheita aukar ned til eit visst djup. Fjorden innafør Ålasundet har ikkje så god kontakt med dei djupaste saltholdige laga. Vi konkluderte dermed med at vi måtte finne ei elv på utsida av Ålasundet for å være sikre på at sjøvatnet var salt nok. Vårt val blei då Storelva i Vevring. Her er forholda gode, sidan fjorden blir raskt djup utafør elveutløpet, slik at vi kan finne sjøvatn med høg saltkonsentrasjon nærme land. Lågaste terskel i mellom Vevring og kysten utanfor er på ca. 300 m [20], slik at fjorden her har god kontakt med dei lågare saltholdige laga heile vegen utover.



Figur 15: Utløp Storelva [32]

Storelva er ei lita elv med ei middelvassføring i området $0,26 \text{ m}^3/\text{sekund}$. Elva har tidlegare vært greia ut av SFE (Sogn og Fjordane Energi) for nokre av grunneigarane med tanke på eit tradisjonelt mini vasskraftverk, slik at vi hadde nokre tal å samanlikne målingane våre med.



Figur 16: Storelva, Vevring

Vi måtte og velje kva for ein teknologi vi skulle legge til grunn for saltkraftverket, PRO eller RED.

Det einaste vi har funne på evaluering av dei to metodane er frå 2007 [21]. Denne er gjort i Nederland og antyder at PRO har høgast potensiale ved høge saltkonsentrasjonar mens RED er betre egna ved lågare konsentrasjonsforskjellar. I norske rapportar er det PRO som blir heldt fram som mest lovande. Energipotensialet er likt ved begge metodane, begge opererer på omlag 50 % av teoretisk maksimum for å få høgast mogleg effekttettleik på membranen.

Vi har valt å bruke PRO som grunnlag for vår utgreiing, mest fordi dette er ein teknologi med mykje fagkompetanse i Norge. Statkraft er leiande på PRO i verdssamheng, noko som gjorde det lettare for oss å få tak i naudsynte data for utgreiinga. Spesielt i forbindelse med praktisk berekning av effektpotensiale var det til stor hjelp å ha fagpersonar i Statkraft å spørje.

7.1 – Måling av vassføring og saltkonsentrasjon

I dette delkapittelet skal vi gå inn på korleis vi utførte målingane av vassføringa i Storelva og saltkonsentrasjonen i Førdefjorden i nærleiken av utløpet til Storelva.

Vassføring i Storelva

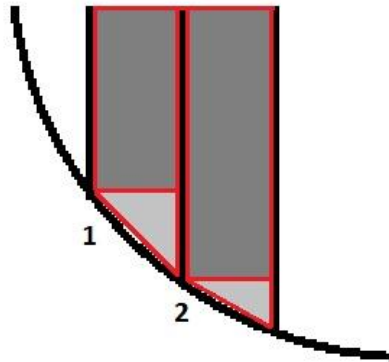
For å finne vassføringa i elva trengje vi å finne eit tilnærma tverrsnitt, og vasshastigheita. Utfordringa er at vasshastigheita ikkje er lik i alle punkt i tverrsnittet. Vår metode tek høgde for horisontal variasjon, men ikkje vertikal.

Det første vi ville finne ut var eit tilnærma tverrsnitt av elva. For å finne dette målte vi djupna av elva med 25cm mellom kvart målepunkt. *Tabell 1* viser verdiane vi enda opp med. Målepunkt viser kvar målinga vart gjort i elva og djup viser kor djupt det er ved kvart målepunkt.

Tabell 1: Djupn ved kvar 25. cm.

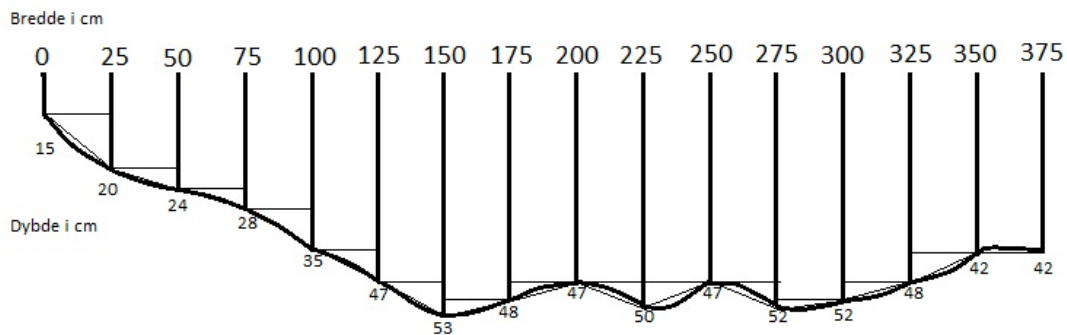
Målepunkt (cm)	Djup (cm)
0	15
25	20
50	24
75	28
100	35
125	47
150	53
175	48
200	47
225	50
250	47
275	52
300	52
325	48
350	42
375	42

Måten vi rekna ut tverrsnittet på var å ta djupet av elva i *punkt1* og multipliserte talet med bredda mellom *punkta 1 og 2* (25cm). Deretter tar vi djupet av elva i *punkt2* minus djupet i *punkt 1*, multipliserte det med bredda og dividerte det på 2. Då endar vi opp med arealet av eit rektangel og ein trekant, som vist på *figur 16* Dette gjorde vi for kvar av verdiane fram til vi sat att med eit tilnærma tverrsnitt av elva.



Figur 17: Illustrasjon av tverrsnittsutrekning

For å få ei mest mogleg riktig vassføring valte vi å avslutte målingane 50 cm frå land på den eine elvebreidda. Grunnen til dette var at det i dette partiet var det ei bakevje der netto vasstraum var tilnærma null.



Figur 18: Tverrsnitt av Storelva

Etter å ha utført utrekningane som forklart ovanfor endar vi opp med verdiane i *tabell 2* Vi har og vald å slå saman elva i 7 delar for å forbetre utrekningane av vassføringa.

Tabell 2: Tverrsnitt av elva pr. 25cm

Måleområde	Tverrsnitt pr. 25cm (cm ²)	Måleområde	Inndelt tverrsnitt (cm ²)
0-25	437,5	0-75	1637,5
25-50	550		
50-75	650		
75-100	787,5	75-125	1812,5
100-125	1025		
125-150	1250	125-175	2512,5
150-175	1262,5		
175-200	1187,5	175-225	2400
200-225	1212,5		
225-250	1212,5	225-275	2450
250-275	1237,5		
275-300	1300	275-325	2550
300-325	1250		
325-350	1125	325-375	2175
<u>350-375</u>	<u>1050</u>		
Totalt	15537,5		

Om ein adderer alle desse verdiane får ein det totale tilnærma tverrsnittet av elva, som er 15537,5cm² eller 1,55375m². Grunnen til at vi har delt inn elva i 7 tverrsnitt er at det vil strøyme meir vatn gjennom dei delane der elva er djupare, slik at utrekningane blir meir nøyaktige i forhold til om vi berre to eit gjennomsnitt.

For å måle ei tilnærma fart på vatnet måla vi ein avstand nedover elva på 1,9m. Deretter slapp vi ein isoporbit ved kvar 50cm og målte tida den brukte på å bevege seg 1,9 meter nedover elva. Ved hjelp av formelen $fart = \text{strekning} / \text{tid}$ enda vi opp med følgjande fart i dei 7 inndelte tverrsnitta.

Tabell 3: Fart i inndelte tverrsnitt

Punkt	Tid (s)	Fart (m/s)
50	6,2	0,306
100	4,8	0,396
150	2,7	0,704
200	1,8	1,056
250	1,4	1,357
300	1,7	1,118
350	8,2	0,232

Til slutt brukte vi følgjande formel til å finne vassføringa: $vassføring = fart * tverrsnitt$. Sjå tabell 4 på neste side for resultatata frå utrekningane.

Tabell 4: Vassføring

Måleområde	Inndelt tverrsnitt	Fart	Vassføring (m ³ /s)
0-75	1637,5	0,306	0,050
75-125	1812,5	0,396	0,072
125-175	2512,5	0,704	0,177
175-225	2400	1,056	0,253
225-275	2450	1,357	0,332
275-325	2550	1,118	0,285
<u>325-375</u>	<u>2175</u>	<u>0,232</u>	<u>0,050</u>
Total vassføring			1,220

Vassprøver frå Førdefjorden

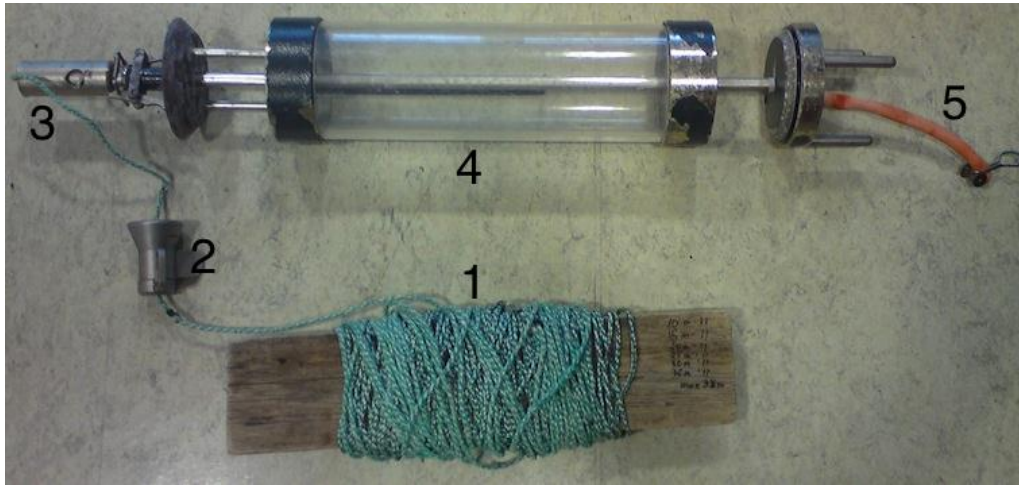
Vassprøvene frå målingane i fjorden vart henta frå 10, 20 og 30m djup ved tre forskjellige punkt nær utlaupet av elva. Sjå figur 18 for posisjonen til dei forskjellige punkta.



Figur 19: Vassprøver på tre punkt

Vassprøvetakar

Då vi skulle ta prøver for å måle salttettleiken i fjorden nytta vi eit apparat som let oss ta vassprøver frå eit bestemt djup (sjå figur 19).



Figur 20: Vassprøvetakar

(Forklaring av apparatet)

- 1 - Tau med merking av lengde.
- 2 - Lodd.
- 3 - Låsemekanisme.
- 4 - Behaldar for vassprøve.
- 5 - Tappeslange.

Ein opnar opp vassprøvetakaren og senkar den ned til det djupet ein skal måle saltkonsentrasjonen på. Deretter festar ein loddet (2) til tauet og slepp det ned. Når loddet treff låsemekanismen (3) vil behaldaren (4) verte lukka. Slik kan ein hente opp vatn frå eit spesifikt djupn. Når ein har dratt opp apparatet brukar ein tappeslangen (5) til å tømme vassprøva over på ein annan behaldar, opnar opp vassprøvetakaren og ein er klar for ei ny måling.

Vi tok med oss dei ni vassprøvene tilbake til høgskulen for å måle saltkonsentrasjonen i vatnet. Til denne målinga nytta vi eit Aerometer. Eit aerometer er ei flytevekt som blir brukt til å måle tettleiken eller *densiteten* til ei væske. Det består av ein lukka glassylinder med lodd i eine enden som gjer at aerometeret står loddrett i væska. Kor høgt i vatnet aerometer flyt kjem an på tyngda til væska. Med ei "lett" væske flyt aerometret høgare enn i ei tung væske. Tettleiken til væska kan ein lese av ved hjelp av ein skala som er plassert inne i sylindern og ein kan samstundes lese av temperaturen frå eit termometer. Tettleiken vi leste av brukte vi vidare til å samanlikne med ein skala for salttettleik ved ulik densitet og temperatur. Denne skalaen er gjengeve i vedlegg nr.3



Figur 21: Aerometer

Prøveresultata for saliniteten i fjorden ved Vevring er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Salinitet

Tettleik	Temp.	Målepunkt	Salinitet	Djupn
1,0232	16,4	1	31,8	10
1,0240	15,5	1	32,5	20
1,0240	15,7	1	32,6	30
1,0230	14,5	2	31,5	10
1,0240	14,9	2	32,4	20
1,0246	15	2	33	30
1,0230	14,5	3	31,5	10
1,0240	15,1	3	32,5	20
1,0250	15,2	3	33,65	30

Sjå vedlegg nr. 3 for Aerometerskalaen som var brukt for å finne saliniteten.

Måleusikkerheit

Vi har ikkje mykje grunnlag for å uttale oss om nøyaktigheita i målingane våre. Når det gjeld måling av saltinnhald er nok den relativt nøyaktig, men det er større usikkerheit i forhold til våre anslag på vassføringa. Vi har berre målt vassfarten i overflatelaga, for å fått betre nøyaktigheit skulle vi ha målt farten gjennom heile tverrsnittet. Med våre tilgjengelege ressursar trur vi likevel at vi har fått eit brukbart resultat. I neste kapittel bereknar vi tilnærma vassføring over tid, og dette stemmer godt med SFE sine berekningar som er gjort tidlegare.

7.2 Tilnærma vassføring og temperatur

Tilnærma vassføring

For å finne vassføringa til ei elv vil ein normalt sett foreta kontinuerleg loggingar av elva over ein periode på 1-3 år. I samband med vårt prosjekt er dette umogleg grunna avgrensa ressursar i både tid og økonomi. For å få det nødvendige datagrunnlaget til prosjektet vårt har vi difor valt å tilnærme dei data som vi har behov for dersom vi ikkje kan få tilgang til dei via eksterne kjelder.

Gjennom kontakt med Leif Johnny Bogetveit i Norges vassdrags- og energidirektorat(NVE) fikk vi tips om å nytte data frå deira målestasjon ved Nautsundvatn som referanse. Nautsundvatn ligg på same lengdegrad som vår lokasjon i Vevring og er samanliknbar for geografiske- og hydrologiske-parameter. Ved denne målestasjonen har NVE kontinuerlege målingar av vassføring og vasstand. Vi har på grunnlag av dette valt å basere tilnærmingane våre for vassføring på data frå denne målestasjonen[22].

Ved å samanlikne målingane vi gjorde i Storelva med vassføringa i Nautsundvatn for same tidspunkt kunne vi regne ei tilnærming for vassføringa. Av tabell 6 ser vi at den 07.10.2010 var Storelva si vassføring 1,48 % av vassføringa i Nautsundet.

Tabell 6: Forhold Storelva: Nautsundet

Stad	Dato	Klokkeslett	Vassføring
Nautsundvatn	07.10.2010	10:30:00	82,2113 m ³ /s
Storelva	07.10.2010	10:30:00	1,2190 m ³ /s
Forhold Storelva/Nautsundvatn:			
$\frac{\text{Storelva}}{\text{Nautsundvatn}} * 100 = \frac{1,2190}{82,2113} * 100 = 1,48$			

Dette forholdstalet nytta vi vidare for å komme fram til ei gjennomsnittleg vassføring for Storelva.

Frå NVE fikk vi tilgang til vassføringa i Nautsundet for tiårs perioden 1999-2009. Ved å multiplisere gjennomsnittet av denne vassføringa med forholdstalet kom vi fram til ei middelvassføring for Storelva. Av tabell 7 ser ein at middelvassføringa i Storelva varierer frå 0,17 m³/s til 0,33 m³/s og har eit gjennomsnitt på 0,26 m³/s[23]. Sogn og Fjordane Energi har tidlegare utreda Storelva med tanke på tradisjonelt småkraftverk og kom i denne samanheng fram til ei middelvassføring på 0,29 m³/s, noko som samsvarar godt med våre målingar.

Tabell 7: Gjennomsnittleg vassføring

Gjennomsnitt Vassføring pr år											
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Nausta	18,90 m ³ /s	19,28 m ³ /s	14,45 m ³ /s	11,65 m ³ /s	17,18 m ³ /s	17,70 m ³ /s	22,55 m ³ /s	15,84 m ³ /s	22,39 m ³ /s	16,97 m ³ /s	15,39 m ³ /s
Storelva	0,28 m ³ /s	0,29 m ³ /s	0,21 m ³ /s	0,17 m ³ /s	0,25 m ³ /s	0,26 m ³ /s	0,33 m ³ /s	0,23 m ³ /s	0,33 m ³ /s	0,25 m ³ /s	0,23 m ³ /s
Gjennomsnitt vassføring 1999-2009											
Nausta	17,48 m ³ /s										
Forholdstal Storelva/Nausta	0,0148										
Storelva	0,26 m ³ /s										

Tilnærma temperatur.

I både PRO- og RED-kraftverk vil temperaturen i vatnet stå i samanheng med effektutaket. Vi er difor avhengig av årsgjennomsnitt for temperatur i sjø og elv i tillegg til vassføringa.

Data for vasstemperatur i Storelva har vi tilnærma ved å ta utgangspunkt i NVE sine målingar i Nausta ved Hovefoss [24]. Denne elva ligg i relativ nærleik til Storelva, men har eit mykje større volum. Denne volumforskjellen kan gjere at temperaturen kan vere ulik grunna friksjon og djupne, men vi antar at desse variasjonane vil ha mindre innverknad.

Ved bearbeiding av data frå Hovefossen oppdaga vi at i store delar av perioden 2000 til 2001 var temperaturmålarer ved stasjonen inaktiv. Dette har også vore tilfelle i fleire periodar, men då i mykje mindre omfang.

For perioden 00/01 var dei målte data utfyllande for kvarandre og vi valte difor å slå desse saman som eit samla år. Denne samanslåinga er det punktet i tilnærminga som er knytt størst usikkerheit til, sidan vi ikkje har grunnlag for å avgjere om temperaturane i desse 2 åra var samsvarande. I periodar med mindre grad av datatap har vi i dei kortaste periodane (mindre enn eller lik 3 dagar) tilnærma temperatur basert på temperaturen i tilstøytande målingar. I dei lengre periodane (frå 4 dagar til 2 veker) har vi valt å bruke eit gjennomsnitt av tilsvarende temperaturar gjennom heile måleperioden. På bakgrunn av dette anslår vi at temperaturen i Storelva vil ha eit årsgjennomsnitt på ca. 6,5 °C

Tabell 8: Gjennomsnittstemperatur for Storelva.

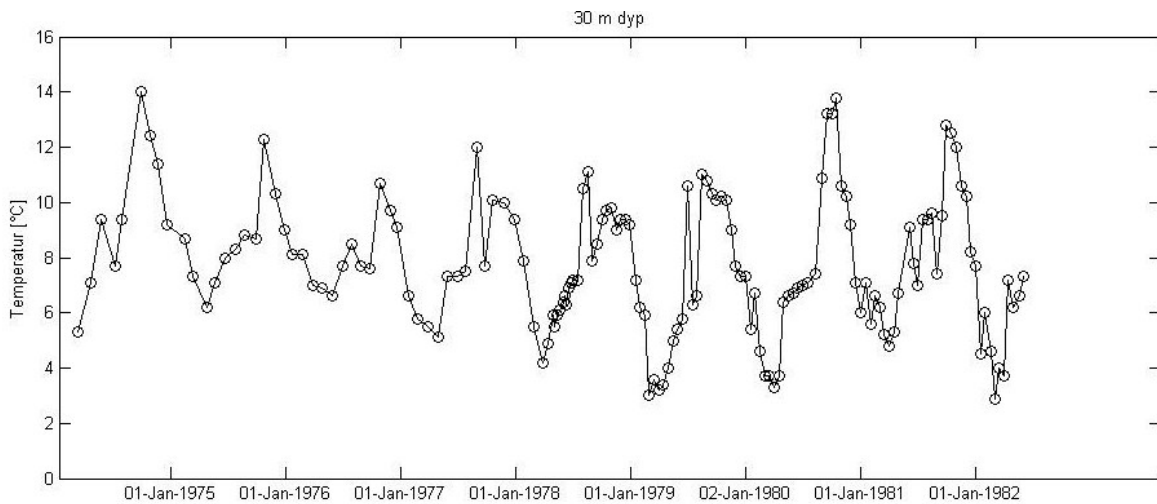
Gjennomsnittstemperatur pr. Ar									
1999	2000 og 2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	
5,88 °C	6,80 °C	6,11 °C	7,00 °C	7,50 °C	5,52 °C	7,14 °C	5,70 °C	6,07 °C	
Gjennomsnittstemperatur									
6,54 °C									

Då vi skulle tilnærme gjennomsnittstemperaturen for sjøvatn tok vi kontakt med André Staalstrøm ved Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA). Gjennom han fikk vi tilgang til målingar som NVE har utført ved Leknes i perioden 1974-1982. Leknes ligg 2,3 Km søraust for utløpet av Vevring(sjå figur 7.1) og forskjellane i vasstemperatur vil såleis vere minimale.



Figur 22: Kartutsnitt frå Vevring/Leknes [32].

Målingane var tatt med 70 meters som største djup og vi kunne gå direkte inn på 30 meter for å hente ut relevante data. Dette gav oss ein gjennomsnittstemperatur på 7,71 °C på 30 meter djup(sjå figur 22)[25].



Figur 23: Temperaturmålingar på 30m i Førdefjorden ved Leknes 1974-1982 [23]

Usikkerheita knytt til denne tilnærminga er at målingane vart avslutta for snart 30 år sidan. Det vil ikkje vere usannsynleg at ein har hatt endringar i temperaturen sidan 1982, men vi har ikkje klart å få tilgang til målingar av ein nyare dato.

Dersom ein legg til grunn nyare tids forskning på global oppvarming vil ein kunne anta at eventuelle endringar frå 1982 vil har ført til ei auke i temperaturen.. Dette vil i så fall berre ha ei positiv innverknad på effekten som ein kan ta ut frå eit eventuelt saltkraftverk.

Felles for temperatur i både sjø og elv er at det er desse parameterane som har minst innverknad på effekten og ein kan difor tillate eit større slingringsmonn enn ved t.d. vassføring.

7.3 Effektpotensial

I eit vanleg vasskraftverk der ein utnyttar den mekaniske fallenergien i vatnet bereknar ein effekten utifrå vassmengde og fallhøgde. Vassmengda i liter svarar til kg, då vatn har ein tilnærma tettheit på 1 kg pr. liter.

(effekt = (masse * akselerasjon * strekning)/tid), med formelen:

$$w = J_w * 9.81 * h$$

der:

w = effekt (watt)

J_w = vasstraum (liter/sekund)

9.81 = tyngdekraftas akselerasjon (meter/sekund²)

h = fallhøgde (meter)

Fallhøgde tilsvarar trykket i eit osmotisk kraftverk. 1 meter fall tilsvarar 9.81 kilopascal, eller 0.0981 bar [27,SI-systemet]. For å finne effekten bruker vi da formelen:

$$w = J_w * P$$

der:

J_w = vassmengde (liter/sekund)

P = trykk i kilopascal (KN/m²)

For å berekne effektpotensialet til eit tenkt saltkraftverk i Storelva treng vi verdiar for vassmengde og trykk.

Vassmengde

Som vist i 7.2 har vi funne at middelvassføringa er 0.26 m³/sek, eller 260 liter/sekund. Det er ikkje realistisk å bruke heile middelvassføringa som grunnlag, det hadde betydd at vi hadde utnytta all vassføringa i elva til ein kvar tid. Det er ikkje økonomisk lønsamt å dimensjonere eit kraftverk etter maksimal vassføring, då vil vi i størstedelen av tida få ein unødvendig overkapasitet. I tillegg må ein halde seg til lovpålagte minstevassføringskrav. Vi forutset at vi får nytte 54 % av middelvassføringa etter samanlikning med utredning av ei elv i Redalen i same område og omlag same storleik [27]. Vi kan da utnytte ei vassmengde på $0.26 * 0,54 = 0.14$ m³/sekund.

Samla vasstraum blir då 0.14 ferskvatn + 0.28 sjøvatn = 0.42 m³/sekund.

Av dette går 2/3 til å trykksetje det innkomande sjøvatnet [28], slik at vasstraumen som treff turbinen til slutt er lik straumen av ferskvatn; 0.14 m³/sekund.

Trykk

Då gjenstår det å berekne trykket på denne vasstraumen. Som vist i kapittel 5.3 kan vi bruke Van Hoff sin formel til å berekne maksimalt osmotisk trykk. Grunnlaget for trykkberekninga er skilnaden i saltkonsentrasjonen mellom ferskvatnet og sjøvatnet og temperaturen. I rekneeksempelet i 5.3 har vi rekna ut eit ideelt maksimalt osmotisk trykk utifrå typiske verdiar på temperatur og salinitet på sjøvatnet. Denne utrekninga tek ikkje omsyn til at saliniteten i sjøvatnet vil minke etterkvart som ferskvatnet strøymar gjennom membranen, eller sagt på ein annan måte: vi forutset der at ferskvatnet blir blanda med uendelege mengder saltvatn. I praksis må vi ta omsyn til ein gjennomsnittleg salinitet som ligg på omlag 5/6 av saliniteten i sjøvatnet [28] med eit ferskvatn/sjøvatn forhold på 1/2. Dette kan vi vise med følgjande måte: I byrjinga er saliniteten i sjøvatnet 1 (før noko av ferskvatnet har trengt gjennom membranen). Etter at alt ferskvatnet har trengt inn i saltvatn delen, er konsentrasjonen berre 2/3 av opphavleg, fordi saltvatnet har no blitt uttynna med ein tredjedel ferskvatn. Gjennomsnittleg salinitet i sjøvatn delen blir då: $(1+2/3)/2 = 5/6$.

Vår beste måling på salinitet i sjøen utanfor utløpet til Storelva var på 3.365 % (kap. 7.1) Det kan førekomme variasjonar i saltinnhaldet gjennom året, så vi forutset at vi har ein gjennomsnittleg salinitet på minimum 3.3 %.

Vi treng også ein temperatur i Kelvin grader å sette inn i Van Hoff sin formel. Middelttemperaturen i elvevatnet fant vi i kap. 7.2 på 6.5°C . Middelttemperaturen i sjøen er 7.71°C på 30 m djup (kap. 7.2).

Blandingstemperaturen med 1 del ferskvatn og 2 deler sjøvatn blir då $(2*7.71+6,5)/2 = 7.3^{\circ}\text{C}$

Tabell 9: Maksimalt osmotisk trykk, Storelva

	Ideelt		2 sjøvatn/1 ferskvatn	
Maksimalt osmotisk trykk,				
Netto salinitet:	33	gram/liter	27,50	gram/liter
molaritet:	1,1282	mol/liter	0,9402	mol/liter
middelttemperatur :	7,307	C	7,307	C
Maksimalt osmotisk trykk:	25,977	bar	21,648	bar

Effektberekning

Når vi har funne vasstraum og trykk har vi grunnlaget for å berekne effekten. Som sagt får vi høgast effekt pr. membranareal ved å nytte eit trykk på halvparten av det maksimale.

I tillegg til desse faktorane har vi ei rekke ulike ledd som fører til effekttap i systemet, som pumper, mottrykk i systemet, virkningsgrad på trykkvekslar, virkningsgrad på turbin etc. Ved å kontakte Statkraft fekk vi eit anslag på total virkningsgrad på 75 % [28].

Tabell 10: Effekt Storelva

Effektberekning	verdi	enhet
middelvassføring ferskvatn:	260	liter/sekund
utnyttelsegrad	53,8	prosent
netto ferskvannsstraum:	139,88	liter/sekund
Vasstraum sjøvatn:	279,76	liter/sekund
vannstraum til trykkveksler (2/3 av total):	-279,76	liter/sekund
Total vannstraum til turbin:	139,88	liter/sekund
Trykk på vannstraum (0.5 * maks osmotisk trykk)	1082,395	KiloPascal
brutto effekt (vannstraum*trykk)	151 405	watt
Total virkningsgrad	75	prosent
netto effekt	113 554	watt

Vi kan altså rekne med ei praktisk effektutvinning på i snitt 114 KW frå eit PRO kraftverk i Storelva. For å finne årsproduksjonen gangar vi då opp med antal timar i eit år:

Tabell 11: Årsproduksjon Storelva

Årsproduksjon	verdi	enhet
middeleffekt:	113,55	KW
timar (365*24):	8760	timar
Middel årsproduksjon:	994 733,50	KWh

Total forventa årsproduksjon er altså omlag 995 MWh.

7.4 Økonomi

For å kunne foreta ei analyse av lønnsmda til eit saltkraftverk treng vi opplysningar om kraftproduksjon, inntekt, investeringskostnadar, kraftpris og vedlikehaldskostnadar.

Som nemnt i kapittel 5 er trykkretardert osmose brukt i kraftverk ein teknologi som fortsett er på forsøksstadiet og det er difor vanskeleg å kunne sei noko om kostnadar knytt til investeringar og vedlikehald. I vår analyse har vi difor fokusert på bruttoinntekt knytt opp mot kraftprisar og noverdianalyse. Vi har valt å analysere inntekt opp mot kraftprisar i området 0,20kr - 0,65 kr sidan det er realistisk å tru at prisane vil ligge på dette nivået, basert på spottprisen i dagens marknad[29].

Tabell 12: Utrekning av inntekt pr. år ved forskjellige kraftprisar

Kraftpris pr. Kwh i kroner	Kraftproduksjon	Inntekt
kr 0,20	994 733 kWh	kr 198 946,60
kr 0,25	994 733 kWh	kr 248 683,25
kr 0,30	994 733 kWh	kr 298 419,90
kr 0,35	994 733 kWh	kr 348 156,55
kr 0,40	994 733 kWh	kr 397 893,20
kr 0,45	994 733 kWh	kr 447 629,85
kr 0,50	994 733 kWh	kr 497 366,50
kr 0,55	994 733 kWh	kr 547 103,15
kr 0,60	994 733 kWh	kr 596 839,80
kr 0,65	994 733 kWh	kr 646 576,45

Noverdi er verdien av eit framtidig beløp eller ein framtidig betalingsstraum målt i dag.

Det framtidige beløpet blir diskontert med ein rentesats som svarar til avkastningskravet til investorane. Avkastningskravet vil variere med risikoen og alternativkostnaden (avkastning med alternativ investering). Dess høgare forventa risiko, dess høgare avkastningskrav vil ein normalt sette.

I alle tilfelle vil ein krevje ein avkastning som er høgare enn risikofri plassering (eksempelvis bankinnskot).

Noverdimetoden seier at alle uavhengige prosjekter med positiv nettonoverdi kan akseptast, medan prosjekter med negativ netto noverdi skal forkastast.

Sidan vi ikkje har reelle tal på forventa investeringskostnadar og såleis ikkje kan berekne nettonoverdi, vil vi berre rekne ut ein samla noverdi av dei framtidige kontantstraumane. Investeringskostnaden kan då ikkje overstige denne summen dersom prosjektet skal være lønsamt.

For å berekne netto kontantstraum treng vi inntekter og utgifter. Inntektene bereknar vi frå effekt og kraftpris, men når det gjeld utgifter har vi ikkje noko grunnlag for finne ein reell sum pr. år. Vi anslår då berre ei vedlikehaldsutgift på kr 25.000 pr. år (reinsing / byting av filtre etc.). På år 10 har vi satt ein kostnad på 200.000 til ei større utskifting av utstyr og membran etc.

Tabell 13: Netto kontantstraum for 0,30 Kr/kWh og 10 % rente

	Årleg	År 10
Inntekt	kr 298 419,90	kr 298 419,90
Utgifter	kr 25 000,00	kr 200 000,00
Netto kontantstraum	kr 273 419,90	kr 98 419,90

Vi valde å bruke rentesatsar på 8 %, 9 % og 10 % som avkastningskrav. Dersom vi tenker at vi skal hente pengar til investeringa frå banklån må vi ta omsyn til rentekostnaden. Lånerenta er pr. dags dato relativt låg (4 %) og ein reknar med at denne renta vil halde seg noko lunde stabil dei neste åra. Ein må likevel ta høgde for ein viss auke i renta sidan våre berekningar er basert på renter for dei neste 20 åra.

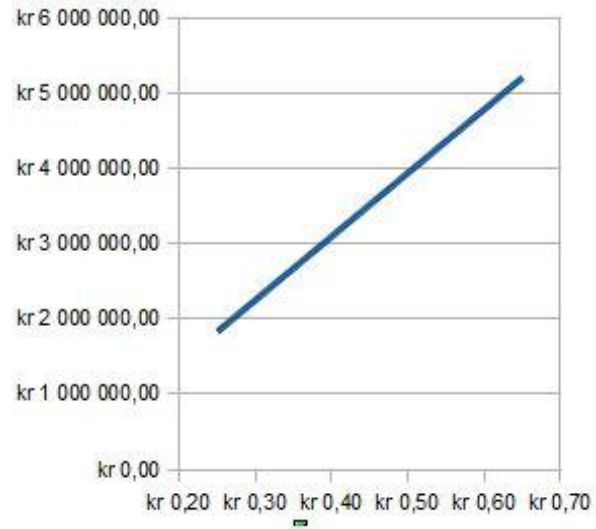
Ved å summere noverdiane for 20 år med rentesatsane 8 %, 9 % og 10 % kan vi berekne samla noverdi. Dette vil sei at for ein produksjon på tilnærma 1GWh, ein kraftpris på 0,30 kr/kWh og ei rente på 10 %, kan ikkje den maksimale investeringskostnaden overstige 2 260 307 kr for at det skal vere lønsamt.

Tabell 14: Noverdianalyse

Kraftpris pr. Kwh i kroner	Noverdi 8 % rente	Noverdi 9% rente	Noverdi 10% rente
kr 0,20	kr 1 626 774,50	kr 1 513 957,59	kr 1 413 435,39
kr 0,25	kr 2 115 096,26	kr 1 967 980,87	kr 1 836 871,53
kr 0,30	kr 2 603 418,02	kr 2 422 004,15	kr 2 260 307,67
kr 0,35	kr 3 091 739,78	kr 2 876 027,43	kr 2 683 743,80
kr 0,40	kr 3 580 061,54	kr 3 330 050,71	kr 3 107 179,94
kr 0,45	kr 4 068 383,31	kr 3 784 074,00	kr 3 530 616,08
kr 0,50	kr 4 556 705,07	kr 4 238 097,28	kr 3 954 052,22
kr 0,55	kr 5 045 026,83	kr 4 692 120,56	kr 4 377 488,36
kr 0,60	kr 5 533 348,59	kr 5 146 143,84	kr 4 800 924,50
kr 0,65	kr 6 021 670,35	kr 5 600 167,12	kr 5 224 360,64

I dagens marknad ligg spottprisen på kraft mellom 0,30 - 0,40 Kr pr. kWh. Vi antar at framtidige prisar ikkje vil verte noko lågare enn dette og at 0,30 Kr difor vil vere ei minste sannsynleg inntekt.

Vi har valt 10 % avkastning på dette prosjektet som eit rimeleg krav. Det kan diskuteras om denne burde vært noko høgare grunna risikoen knytt til ny teknologi. I tillegg er det ein del usikkerheit knytt til grunnlaget for produksjonen, spesielt våre anslag på middel vassføring.



Figur 24: Noverdi ved 10 % rente

8. Framtida

Saltkraft er ein teknologi med stort potensiale, men der er fortsett store utfordringa som må overvinnast før teknologien kan kommersialiserast. Med så ny teknologi er det mange ting som ikkje er utforska nok enda. I dette kapittelet vil vi ta for oss nokre av utfordringane og moglegheitene innan saltkraft.

8.1 Utfordringar

Økonomi er ein av dei største utfordringane ved saltkraft. Membranane som ein må ha i både RED og PRO er svært dyre, og ein må ha millionar kvadratmeter med membran for å få noko særleg effekt. I tillegg til membranen sin kostnad kjem utbygging av sjølve kraftverket, reparasjonar, turbin og andre ting som ekstra kostnader. At teknologien er så ny som den er, og at den er forholdsvis lite utforska, gjev oss enda ei utfordring.

Innan både PRO og RED har ein sett eit mål på effekttettleik på omlag 5 w/kvadratmeter for lønsam drift. Pr 2009 var status på RED 0,41 W energi, men med bruk av ledande spacerar er ein teoretisk effekt på 4 w/kvadratmeter innan rekkevidde [18]. PRO har komme noko lenger med ei effekt på 3,5 w/kvadratmeter [10]. For at teknologien skal vere lønsam og gje ut ein tilfredstillande mengde energi, må den forskast på og vidareutviklast.

Den største teknologiske utfordringa er utforminga av membranen. I PRO må ein ha ein membran som i størst mulig grad slepp gjennom vatnet, men ikkje saltet. I RED er det motsett, her skal membranen, i størst mogleg grad, sleppe igjennom saltet og ikkje vatnet. Membranen må ha jamn fordeling av saltvatn og ferskvatn i tillegg til at membranane må ha ein viss avstand. Ved både PRO og RED er det ei stor utfordring å få vatnet reint nok. Dersom vatnet ikkje er reint vil det legge seg smuss og skit i kraftverket og ein må ha reparasjonar, noko som igjen kan gje ekstra kostnader.

8.2 Moglegheiter

Moglegheitene er mange ved ein slik type fornybar energi, som nemnt tidlegare skal ein i teorien kunne få ut 600MW dersom vi utnyttar energien som kjem av at Rhinen blandar seg med Nordsjøen. Ein vil kunne hente ut energi nok til husstandar i heile Nord-Europa, dersom teknologien får eit framsteg.

Ein veldig positiv eigenskap ved saltkraft er at ein slepp lange rørgater. Det vil sei at ein kan bygge ut slike kraftverk utan for store inngrep i naturen. Mindre inngrep i naturen vil kanskje opne for moglegheita til utbygging på stader der ein i dag har fått avslag på konsesjon, som f.eks. ved verneverdige vassdrag. I tillegg til dette kan sjølve kraftverket byggast i ein kjellar som allereie eksisterer, med andre ord, ein treng ikkje bygge ut store nye bygg, dersom det allereie er eit på staden.

Det er få sideeffektar med saltkraft, sidan det er ein prosess som vil skje i naturen uansett., Ein treng ingen store demningar, og ein vil ikkje få flom i dalar og liknande. Ein vil utnytte seg av ein helt naturlig prosess i naturen.

Eit saltkraftverk kan i teorien kombinerast med eit vanleg vasskraftverk. Dette fordi dei utnyttar to forskjellige typar energi (mekanisk og kjemisk energi). Medan ein ved vasskraft treng stor fallhøgde, vil ein i eit saltkraftverk berre utnytte seg av volumet på vatnet, noko som er det same før og etter vasskraftverket. Dette fører til at ein kan utnytte elva to gonger og få dobbelt opp med energi.

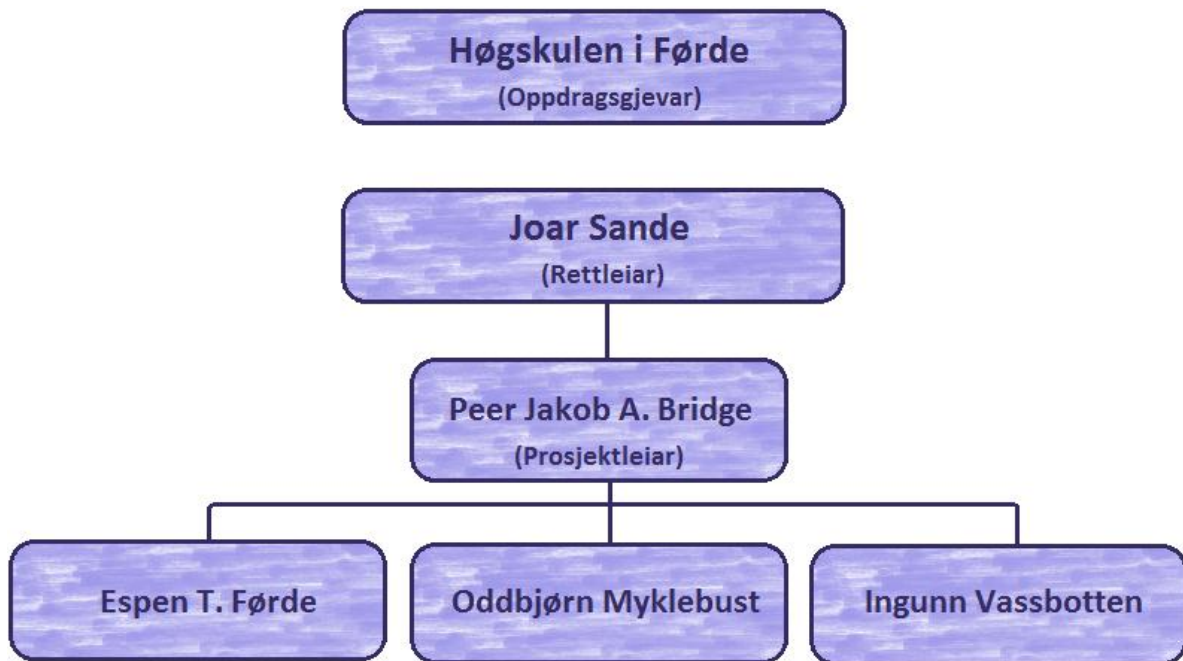
Fornybar energi kan vere framtida innan energiutvikling. I Noreg og andre land satsar ein stort på dette. Saltkraft er ei viktig kjelde til fornybar energi i framtida, fordi ein i grunn berre treng ei elv/dam og saltvatn. I vanlege kraftverk er det vanskeleg å få kontinuerlig drift, fordi sola må skinne på solcellekraftverk og vinden må blåse i vindkraft. Saltkraft vil gje ein meir vær uavhengig og stabil kraftforsyning som er godt egna til å komplementere ei fornybar energiforsyning. I Nederland satsar dei stort på denne typen energi, fordi dei til no brukar mykje kol, noko som både er miljøskadeleg og vil ta slutt. [30]

Som sagt i innleiinga kan ein samanlikne kvart einaste elveutløp i havet med ein foss på over 100 meter. Dette er store mengder energi som til nå har vært ubrukt, og som kan gje eit viktig bidrag til eit stadig meir energikrevjande verdsamfunn.

9 – Prosjektadministrasjon

9.1 – Organisering

Organiseringa av prosjektet vårt har bestått av 3 nivå. Øvst har vi oppdragsgjevar, under ligg styringsgruppa og nedst ligg prosjektleiar og prosjektgruppa (sjå figur 25).



Figur 25: Organisasjonskart

Oppdragsgjevar

Oppdragsgjevaren for prosjektet vårt er Høgskulen i Førde, som har gjeve studentane i tredje klasse på ingeniør elektro i oppdrag å gjennomføre eit prosjekt i samband med faget Prosjektstyring med prosjekt.

Styringsgruppa

Styringsgruppa vår består av Joar Sande som fungerer som prosjektansvarleg og fagleg rettleiar.

Kontaktinformasjon:

Medlem:

Joar Sande

E-post:

joar.sande@hisf.no

Telefon:

57 72 26 29 / 41 44 05 91

Prosjektgruppa

Prosjektgruppa består av Peer Jakob Aukland Bridge, Oddbjørn Myklebust, Ingunn Vassbotten og Espen Tordal Førde. Gruppa er delt inn slik at kvar enkelt har sitt eige ansvarsområde.

Peer: Prosjektleder og hovudansvar for kommunikasjonen med NVE og Statkraft

Ingunn: Ansvar for kommunikasjon med NIVA og grunneigar.

Oddbjørn: Ansvarleg for innkjøp av diverse utstyr og kommunikasjon med leverandørar.

Espen: Rapport ferdigstilling og administrative oppgåver.

Kontaktinformasjon for prosjektgruppa:

Medlem:	E-post:	Telefon:
Peer Jakob A. Bridge	peerjakob@hotmail.com	47 23 49 07
Oddbjørn Myklebust	myklebustod@hotmail.com	99 16 13 25
Ingunn Vassbotten	ingunn_vass@hotmail.com	99 16 66 63
Espen T. Førde	etforde@gmail.com	97 00 32 03

9.2 – Gjennomføring i forhold til plan

Det gjekk litt tid før vi kom skikkelig i gang med prosjektbeskrivelsen vår, då gruppa ikkje var fastsett på førehand og vi ikkje hadde bestemt oss for kva vi ville at prosjektet vårt skulle omhandle. Etter at prosjektgruppa var bestemt, kom vi fram til at saltkraft var noko vi kunne tenke oss å jobbe vidare med. Prosjektbeskrivelsen hadde vi klar i relativt god tid før fristen. I prosjektbeskrivelsen hadde vi eit planlagt tidsforbruk på om lag 120 timar per person.

Disposisjon og problemstilling vart tidleg ferdige slik at vi kunne jobbe vidare med dei meir omfattande delane av prosjektet. Det skulle også vere eit Gantt-skjema der vi skulle organisere framdrifta av prosjektet. Dette var noko vi hadde lite erfaring med frå før, men det førte ikkje til nokon utsettingar.

Då vi tok til på hovuddelen av prosjektet fann vi ut at det var ein del utfordringar med tanke på at saltkraft er ein ny teknologi og det er lite handfast informasjon om emnet. Det meste av informasjonen som er tilgjengelig baserar seg på teoretiske berekningar, og vi innsåg fort at det var ei linje vi også måtte legge oss på. Vi fekk mykje nyttig hjelp frå NVE og noko frå Statkraft også.

Måling av tilnærma vassføring i elva og saltkonsentrasjon i fjorden vart gjort med omsyn til det vi hadde bestemt på førehand i Gantt-skjemaet. Vi hadde planlagt ein del parallelt arbeid i Gantt-skjemaet, noko som gjorde det litt meir komplisert å jobbe med. Det var til tider ein god del ballar i lufta, og dette er ei erfaring vi tek med oss vidare inn mot hovudprosjektet til neste år.

Ei utfordring på slutten vår å ha eit grunnlag for å berekne det praktiske effektpotensialet til eit saltkraftverk ved Storelva. Vi hadde det teoretiske grunnlaget, men var usikre på praktiske tal på virkningsgrad og kva for ein salinitet vi skulle rekne med. Dette kapitlet var avgjørande for å ha grunnlag til den økonomiske vurderinga. Løysninga her var å kontakte fagpersonar i Statkraft med praktisk erfaring frå saltkraftprototypen på Tofte.

Ei anna utfordring var å få grunnlag for investeringskostnaden til eit saltkraftverk. Teknologien er ikkje kommersielt utbygd enda, så det er ikkje mykje samanlikningsgrunnlag å bruke. Dette blei løyst ved å sjå vekk frå investeringskostnaden, og heller sjå på noverdien av framtidige inntekter og utgifter. Denne summen antyder då kor stor investering prosjektet vil tåle for å kunne være lønsamt.

Vi hadde som sagt planlagt å bruke om lag 120 timar per person på prosjektet. Dette var inkludert feltarbeid med vassmålingar og saltmålingar. Timeforbruket enda til slutt på mellom ca. 120-130 timar, noko som passa bra med det vi hadde planlagt på førehand.

Vi hadde planlagt å ha prosjektmøte kvar veke og styringsmøte kvar 14 dag, i alt 8 prosjektmøte og 4 styringsmøte. Det vart i alt gjennomført 3 styringsmøte i løpet av prosjektet, og desse vart haldne etter planen. Prosjektmøta følgde planen nokolunde, men det førekom at prosjektmøta vart flytta nokre dagar av praktiske årsaker. Trass i flytting av prosjektmøta så vart alle møta gjennomførte.

Timelister, statusrapportar, møteinnkallingar og møtereferat ligg som vedlegg til rapporten.

I vedlegg 1 finn ein den oppdaterte versjonen av Gantt-skjemaet. Der ser ein dei forskjellige oppgåvene og kven som var hovudansvarlege for dei. Pilene mellom nokon av oppgåvene betyr at den føregåande oppgåva må vere ferdig før vi kunne begynne på neste oppgåve. Dette gjaldt blant anna innhenting av måledata som måtte vere gjort før vi kunne ta til med å jobbe med utredning av kraftverk.

9.3 – Økonomi

Vi hadde i utgangspunktet eit budsjett på 1000kr. Dette vart kraftig overstege og vi enda til slutt på 2168kr der vi kjøpte to Aerometer (775kr) og ein membran (618kr). Grunnen til at det vart overstege så mykje var at vi i ettertid bestemte oss for å gå til innkjøp av ein membran i håp om å illustrere teknologien for publikum under framføringa av prosjektet. Vi fekk til å lage ein modell som viste prinsippet ved saltkraft, men sidan membranoverflata på modellen er såpass liten, så tok det om lag ein time før vi såg noko reaksjon, og då var det snakk om eit par millimeter stigning. Over natta steig vasstanden innafor membranen med nokre få cm, så vi gjekk vekk i frå modellen då vi ikkje vil kunne vise noko på ein halvtime. Vi kjøpte også to aerometer, dette er noko skulen kan nytte i framtidige prosjekt om det skulle vere aktuelt.

9.4 – Generell prosjektevaluering

Etter å ha gjennomført ein god del prosjektarbeid i løpet av utdanninga, har vi begynt å meistre det å jobbe med prosjekt ganske bra. Tidlegare har det vore litt meir frie milepælar i prosjekta, medan dette prosjektet er det første der vi har nytta Gantt-skjema, noko som gjer det lettare å planlegge meir spesifikt. Vi brukte kanskje litt lite tid på å tenke gjennom dei forskjellige arbeidsoppgåvene og kor lang tid dei ville ta, så det enda opp med å bli eit par hektiske periodar under prosjektet. Dette er erfaringar som kjem godt med i seinare tid.

I startfasen var vi flinkare med loggføring enn det vi var seinare i prosjektet. Prosjektdagboka vart gløymd vekk i periodar, men sidan vi hadde et bra system med loggføring av dato, timar og type arbeid, så var det lettare å gå tilbake å sjå kva vi hadde gjort på dei forskjellige tidspunkta. Dette er eit system vi kjem til å bruke på nytt i framtidige prosjekt.

Gruppa vår er relativt ny, og berre to av medlemmane i prosjektgruppa har jobba i lag med prosjektarbeid før. Dette bydde ikkje på store problem då alle gruppemedlemmane er lette å jobbe med og vi hadde eit godt arbeidsmiljø i gruppa. Det var nokre delar av prosjektet som sette oss tilbake tidsmessig, men med tanke på at tidsfristane vi hadde sett oss sjølv var noko ambisiøse så vart det ikkje nødvendig med "skippertak" mot slutten av prosjektet. Vi skreiv på rapporten fortløpande gjennom heile prosjektet og dette førte til at slutføringa av rapporten for det meste gjekk ut på å rette skrivefeil og å formatere teksten.

Vi har hatt stor nytte av fagområde som for eksempel elektronikk, økonomi og prosjektstyring i dette prosjektet. I tillegg har vi hatt nytte av grunnleggande matematikk, fysikk og kjemi til å forstå korleis teknologien bak eit saltkraftverk fungerer. I etterkant ser vi for oss at faget prosjektstyring som vi har hatt i dette semesteret som det vi kjem til å dra mest nytte av fram mot det siste semesteret i utdanninga. Vi har lært mykje om kor mykje god planlegging har å seie, og at det lønner seg å ha rom for feilskjær. Vi lærte og mykje om nytta ved å ha fastsette møter med møteinnkalling og statusrapportar.

Eit verktøy som vi har nytta mykje i arbeidet med prosjektet er Google Docs. Dette er eit enkelt webbasert Office program der vi kan ha fleire som skriv på same dokumentet samtidig. Dette kunne fort føre til noko rot i dokumenta, men vi hadde klare førehandsreglar på korleis vi skulle jobbe med det. Dette ser vi at i ettertid var ein god ide. Vi slapp også vekk i frå problem med lagring av dokumenta, då alle dokument blir lagra fortløpande i Google Docs. Vi har ikkje bestemt oss for om vi vil bruke Google Docs i same grad i framtidige prosjekt på grunn av begrensingane det har i forhold til Microsoft Office. Vi har i tillegg opplevd ein del "bugs" med Google Docs der vi har hatt problem med å få lasta inn heile dokumentet. Vi ser aktivt etter alternativ til Google Docs i framtidige prosjekt, der vi kan integrere bruk av Microsoft Office i større grad.

I ettertid ser vi at vi kunne brukt enda litt meir tid på å planlegge Gantt-skjemaet og definere oppgåvene litt betre slik at dei var lettare å sette i gang med til rett tidspunkt. Vi kunne gjerne brukt litt meir tid på den prosjektadministrative delen av prosjektet, men med tanke på at gruppa berre består av fire stykk der alle samarbeida bra, så vart dette litt nedprioritert i forhold til delen om saltkraft og målingar. Sjølv om Gantt-skjemaet ikkje vart brukt så aktivt som vi burde ha brukt det, så låg det alltid i bakgrunnen som noko vi kunne sjå tilbake på for å sjå om vi hadde oversett noko, eller om vi hadde glømt noko i planleggingsfasen så var det ein enkel sak å legge det til i ettertid.

10. Konklusjon

Målet med denne rapporten har vært å gje ei innføring i teorien bak saltkraft, og i tillegg lage ei utgreiing av eit mini saltkraftverk. Vi synes rapporten dekker godt innfor dei avgrensingane vi har satt. Grappa måtte tileigne seg ein god del kunnskap som ligg utanfor pensum i studiet. Saltkraft er eit emne som omfattar fleire fagfelt innan hydrologi, kjemi og fysikk.

Innan reversert elektrodialyse var det ei utfordring at ein del av stoffet var skrive på nederlandsk, utanom nokre rapportar vi fann på Science Direct. Dette blei løyst ved å nytte online oversettingstenester.

Kjeldematerialet til trykkretardert osmose var lettare tilgjengeleg, sidan dette er eit fagfelt som har eit aktivt forskingsmiljø i Noreg.

Ei utfordring i utgreiinga av eit mini saltkraftverk var å finne ein brukbar metode til å måle vassføringa i Storelva. Vi valde å bruke ein kombinasjon av fysiske målingar i elva og teoretiske tilnærmingar, der vi samanlikna med måledata frå Nautsundet. Svakheita med vår metode å måle vassføringa på er at vi ikkje tok omsyn til variasjonar i vasshastigheita vertikalt. Optimalt sett burde vi brukt eit såkalla flygel, eit instrument med propell som målar hastigheita på ulike djup i tillegg til horisontalt. Vi synes likevel det ser ut som vi har fått realistiske resultat, når vi samanliknar med SFE sitt anslag frå same elva. SFE nytta ein metode der dei berekna nedbørsfelt og avrenning, og kalkulerte ei vassføring frå dette. Dei opererer med ein feilmargin på +/- 20 % på slike anslag, noko som sannsynlegvis er overførbart til vår metode.

I den økonomiske delen fann vi ikkje grunnlag for å berekne investeringskostnad. Vi har nytta ei noverdianalyse, der vi diskonterer dei framtidige kontantstraumane med eit tenkt avkastningskrav. Rentesaften kunne nok kanskje vert sett noko høgare, med tanke på at risikoen ved eit slikt prosjekt (ny teknologi etc.) er ein del større enn ved ei tradisjonell vasskraftutbygging.

Vi har hatt eit godt utbytte av prosjektet, både fagleg med å sette oss inn i eit relativt nytt og ukjent fagfelt, og det å jobbe saman med eit prosjekt. Erfaringane vi har gjort oss i løpet av dette prosjektet vil vi ta med oss vidare inn i arbeidet med hovudprosjekt i vårsemesteret.

11 – Referanseliste:

1. <http://www.bookrags.com/research/rene-joachim-henri-dutrochet-scit-0512/> 31.09.2010
2. <http://www.yar.no/1020913/> 01.10.2010
3. <http://www.statkraft.no/energikilder/saltkraft/slik-virker-osmose/> 01.10.2010
4. http://www.renatesenteret.no/topaatur/Saltkraft/osmose_kjemisk_potensial.html 02.10.2010
5. <http://www.ingeniornytt.no/index.php/Artikler/Verdens-foerste-saltkraftanlegg-aapnet-paa-Tofte> 02.10.2010
6. www.statkraft.no/Images/Saltkraft_09_NO_nov09_1711_tcm10-11470.pdf, 21.10.2010
7. Øystein S. Skråmestø, Stein Erik Skilhagen, Werner Kofod Nielsen: "Power Production based on Osmotic Pressure". *Journal of Membrane Science* 343 (2009) s. 42–52
8. Artikkel Teknisk Ukeblad, <http://www.tu.no/nyheter/energi/article26448.ece>, 9.10.2010
9. <http://energikontakten.elkraft.ntnu.no/uploads/Tidevann-og-saltkraft.pdf> 21.10.2010
10. Karen Gerstandt, K.-V. Peinemanna, Stein Erik Skilhagen, Thor Thorsen, Torleif Holta: "Membrane processes in energy supply for an osmotic power plant". *Desalination* 224 (2008) s. 64–70
11. Andrea Achilli, Tzahi Y. Cath, Amy E. Childress. "Power generation with pressure retarded osmosis: An experimental and theoretical investigation". *Journal of Membrane Science* 343 (2009) 42–52
12. Helen Knight, "Green machine: A salty solution for power generation", 19.07.2010.
<http://www.newscientist.com/article/dn19191-green-machine-a-salty-solution-for-power-generation.html> (20.10.2010)
13. "Eerste stappen gezet voor Blue Energy centralt Afsluitdijk" 17.10.2007
http://landustrie.eu/nl/home/nieuws/?tx_ttnews%5Bpointer%5D=2&tx_ttnews%5Btt_news%5D=79&tx_ttnews%5BbackPid%5D=57&cHash=ed21221048 (20.10.2010)
14. Sven de Jong, "Meer energie uit Blauwe Bron" 18.10.2009. <http://www.kennislink.nl/publicaties/meer-energie-uit-blauwe-bron> (20.10.2010)
15. Piotr Długołęck, "Power generation by Reverse Electro Dialysis: Membrane Design", Wetsus, centre of excellence for sustainable water technology.
16. Joost Veerman, "Power generation by Reverse Electro Dialysis (RED): System Design", Wetsus
<http://www.wetsus.nl/includes/downloadFile.asp?id=138>, 13.10.2010
17. <http://www.onr.navy.mil/Focus/ocean/water/salinity1.htm>
18. Jan Willem Post, "Blue Energy: electricity production from salinity gradients by reverse electro dialysis", Phd oppgave Nov 2009, : <http://www.edepot.wur.nl/12605> (15.10.2010)
19. Arild Sundfjord, Birger Bjerkgeng: "Strøm, turbiditet og hydrografi i fjordbassenget utenfor Engebø, Førdefjorden. Målinger utført for konsekvensutredning for deponi av gruveavgang" NIVA rapport 5662-2008
20. Jan W. Post, Joost Veerman, Hubertus V.M. Hamelers, Gerrit J.W. Euverink, Sybrand J. Metz, Kitty Nymeyer, Cees J.N. Buisman: "Salinity-gradient power: Evaluation of pressure-retarded osmosis and reverse electro dialysis". *Journal of Membrane Science* 288 (2007) 218–230
21. Leif Johnny Bogetveit, "Vannføring Nautsund 13.08-12.10.2010.xls", Målestasjonsid Nautsund: 82.4.0, NVE
22. Leif Johnny Bogetveit, "vannføring Nautsund99-09.xls", Målestasjonsid Nautsund: 82.4.0, NVE
23. Leif Johnny Bogetveit, "Nausta_vanntemp døgnmiddelverdi.xls", Målestasjonsid Hovefoss: 84.11.0, NVE
24. Andre Staalstrøm, "Fordefjord_NVE.mat" Målestasjon ved Leknes, Niva.
25. <http://www.convertworld.com/no/trykk/Meter+vanns%C3%B8yle.html>, 29.10.2010

26. Kristina Hovland, Magnus Pilskog Stein, Stian Veum.. "Prosjektering av småskalakraftverk". Bacheloroppgåve 2009, *Høgskulen i Sogn og Fjordane*
27. Øystein Skråmestø Sandvik (Business Development Manager, Osmotic Power), Johan Wergeland Brekke. Epost 28-29.10 2010, *Statkraft*.
28. Nord Pool, <http://www.nasdaqomxcommodities.com/> (05.11.10)
29. Sven de Jong, "Meer energie uit Blauwe Bron" 18.10.2009. <http://www.kennislink.nl/publicaties/meer-energie-uit-blauwe-bron> (20.10.2010)
30. "World's first salt power plant opens tomorrow", 23.10.2009
<http://www.renewablesathome.com/energy-sources/worlds-first-salt-power-plant> (01.10.10)
31. www.statkraft.com 01.10.10
32. Statens Kartverk, <http://kart.statkart.no/> 10.10 2010

12 – Figurliste

Figur 1 - Osmose i sukkerløysing	8
Figur 2 - Osmose, Volum forskjell etter 36 timar.....	10
Figur 3 - Statkraft sin prototype på Tofte.....	11
Figur 4 - Osmose.....	12
Figur 5 - Straum frå osmose.....	12
Figur 6 - Prinsipp for PRO kraftverk.....	13
Figur 7 - Prinsippskisse.....	14
Figur 8 - Membranrack.....	14
Figur 9 - Underjordisk vasskraft/pro- kraftverk.....	15
Figur 10 - Prinsippskisse av RED.....	17
Figur 11 - Cellestack RED.....	18
Figur 12 - Eksempel på RED kraftverk.....	19
Figur 13 - Prinsippskisse av RED.....	20
Figur 14 - Terskel ved Ålasundet.....	22
Figur 15 - Utløp Storelva.....	23
Figur 16 - Storeelva, Vevring.....	24
Figur 17 - Illustrasjon av tverrsnittsutrekning.....	26
Figur 18 - Tverrsnitt av Storelva.....	26
Figur 19 - Vassprøver på tre punkt.....	29
Figur 20 - Vassprøvetakar.....	30
Figur 21 - Aerometer.....	31
Figur 22 - Kartutsnitt frå Vevring / Leknes.....	34
Figur 23 - Temperaturmålingar på 30m i Førdefjorden ved Leknes i 1974 – 1982.....	34
Figur 24 - Noverdi ved 10% rente.....	41
Figur 25 - Organisasjonskart.....	44

Tabelliste

Tabell 1 - Djupn ved kvar 25. cm.....	25
Tabell 2 - Tverrsnitt av elva per 25 cm.....	27
Tabell 3 - Fart i inndelte tverrsnitt.....	28
Tabell 4 - Vassføring.....	29
Tabell 5 - Salinitet.....	31
Tabell 6 - Forhold Storelva: Nautsundet.....	32
Tabell 7 - Gjennomsnittleg vassføring.....	33
Tabell 8 - Gjennomsnittstemperatur for Storelva.....	33
Tabell 9 - Maksimalt osmotisk trykk: Storelva.....	37
Tabell 10 - Effekt Storelva.....	38
Tabell 11 - Årsproduksjon Storelva.....	38
Tabell 12 - Utrekning av inntekt per år ved forskjellige kraftprisar.....	39
Tabell 13 - Netto kontantstraum for 0.30kr / kWh 10% rente.....	40
Tabell 14 - Noverdianalyse.....	40

13 – Vedleggsliste

- Vedlegg 1: Gantt
- Vedlegg 2: Timeforbruk
- Vedlegg 3: Aerometerskala
- Vedlegg 4: Prosjektbeskrivelse
- Vedlegg 5: Innkallingar
- Vedlegg 6: Statusrapportar
- Vedlegg 7: Møtereferat
- Vedlegg 8: Avisoppslag i Firda 30. Nov 2010

ID	Task Name	Duration	Start	Finish	Predecessors	Resource Names	30 Aug '10							0
							M	T	W	T	F	S	S	
1	✓ Prosjektbeskrivelse	18 days?	Tue 31.08.10	Thu 23.09.10		Alle								
2	✓ Teoridel	59 days?	Wed 15.09.10	Fri 03.12.10		Alle								
3	✓ Ferdig disposisjon	6 days?	Wed 15.09.10	Wed 22.09.10		Alle								
4	✓ Problemstilling	5 days?	Mon 20.09.10	Fri 24.09.10		Alle								
5	✓ Skrive om Osmose	33 days?	Thu 30.09.10	Fri 12.11.10		oddbjørn								
6	✓ Trykkretardert saltkraft	33 days?	Thu 30.09.10	Fri 12.11.10		Peer + Espen								
7	✓ Reversert elektrodialyse	33 days?	Thu 30.09.10	Fri 12.11.10		Ingunn + Oddbjørn								
8	✓ Utredning av minikraftverk	25 days	Tue 12.10.10	Fri 12.11.10	10	Alle								
9	✓ Utredning minikraftverk	22 days?	Fri 01.10.10	Mon 01.11.10		Alle								
10	✓ Utføre målinger	6 days?	Fri 01.10.10	Fri 08.10.10		Alle								
11	✓ Saltkonsentrasjon	6 days?	Fri 01.10.10	Fri 08.10.10		Alle								
12	✓ Vannføringer	6 days?	Fri 01.10.10	Fri 08.10.10		Alle								
13	✓ Beregninger	16 days?	Mon 11.10.10	Mon 01.11.10		Alle								
14	✓ Interpolere gjennomsnittsgraf	5 days?	Mon 11.10.10	Fri 15.10.10		Alle								
15	✓ Innhente temp. data, dimensjonering av kraftverk	6 days?	Mon 11.10.10	Mon 18.10.10		Alle								
16	✓ Beregne effektpotensiale	5 days?	Tue 19.10.10	Mon 25.10.10	15	Alle								
17	✓ Økonomi	5 days?	Tue 26.10.10	Mon 01.11.10	16	Ingunn + Oddbjørn								
18	✓ Sluttredigering rapport	6 days?	Fri 12.11.10	Fri 19.11.10		Espen								
19	✓ Lage modell	9 days?	Mon 15.11.10	Thu 25.11.10		Alle								
20	✓ Framføring	5 days?	Fri 19.11.10	Thu 25.11.10		Alle								
21	✓ Powerpoint	5 days?	Fri 19.11.10	Thu 25.11.10		Alle								
22	✓ Konklusjon	5 days?	Mon 29.11.10	Fri 03.12.10		Alle								
23	✓ Referanser	5 days?	Mon 29.11.10	Fri 03.12.10		Alle								
24	✓ Prosjektstyring	44 days?	Tue 28.09.10	Thu 25.11.10		Alle								

Project: Gantt_04
Date: Thu 16.12.10

Task



Milestone



External Tasks



Split



Summary



External Milestone



Progress

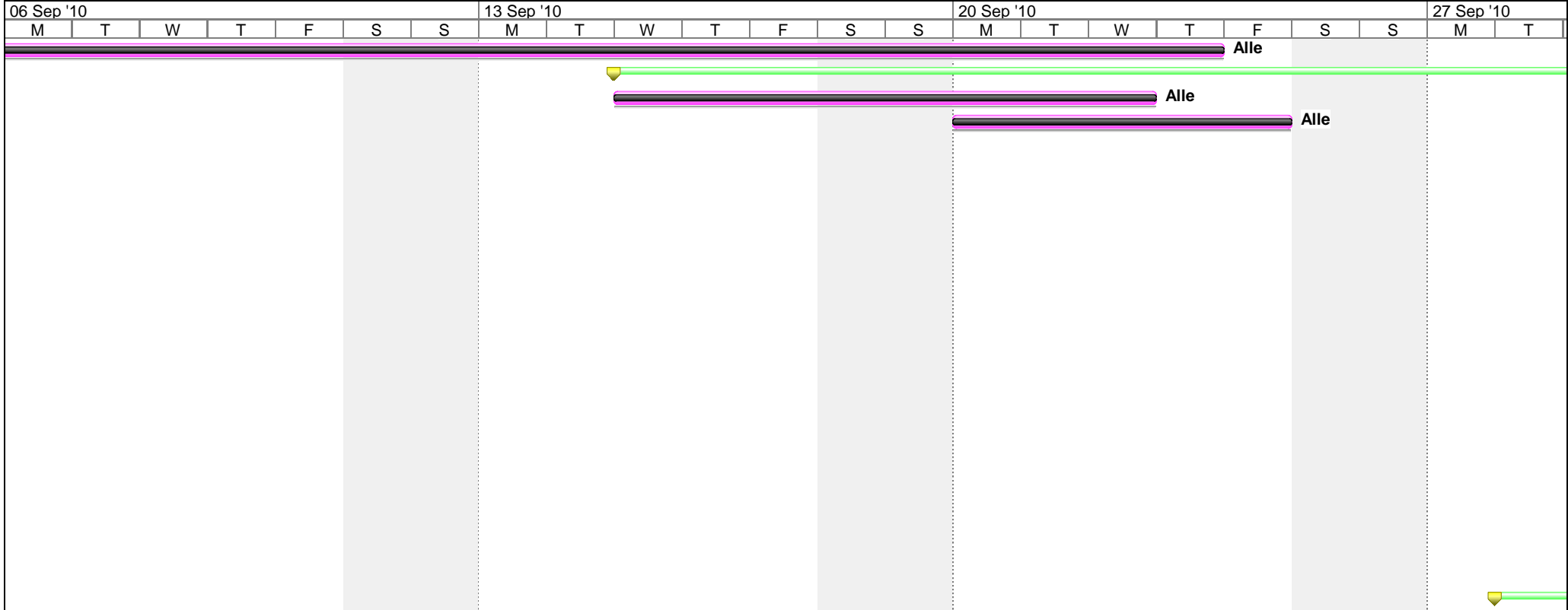


Project Summary

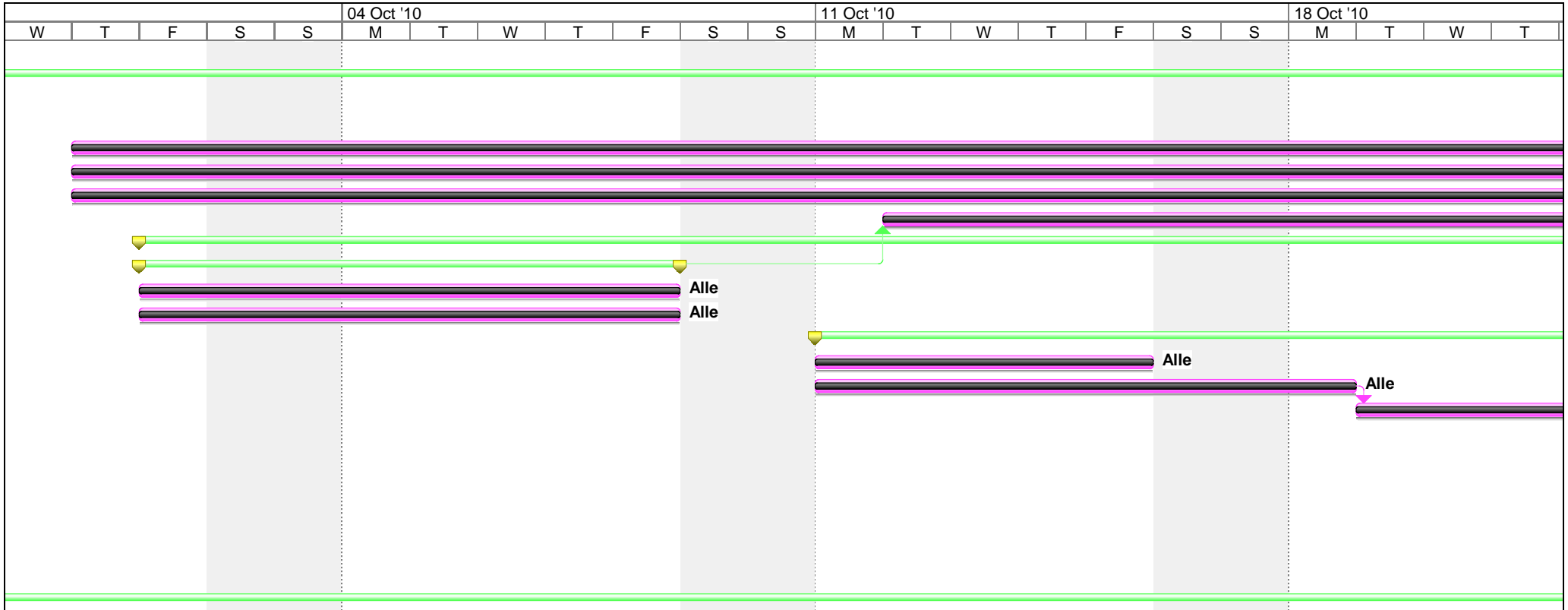


Deadline

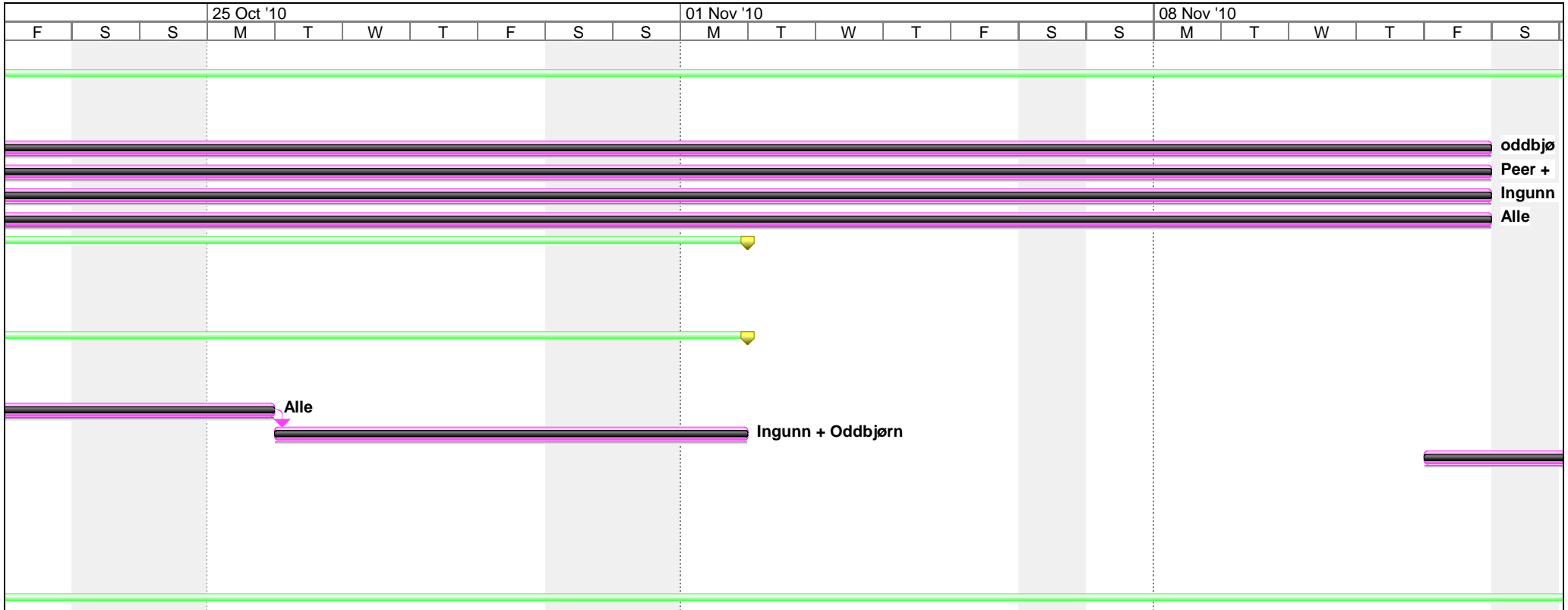




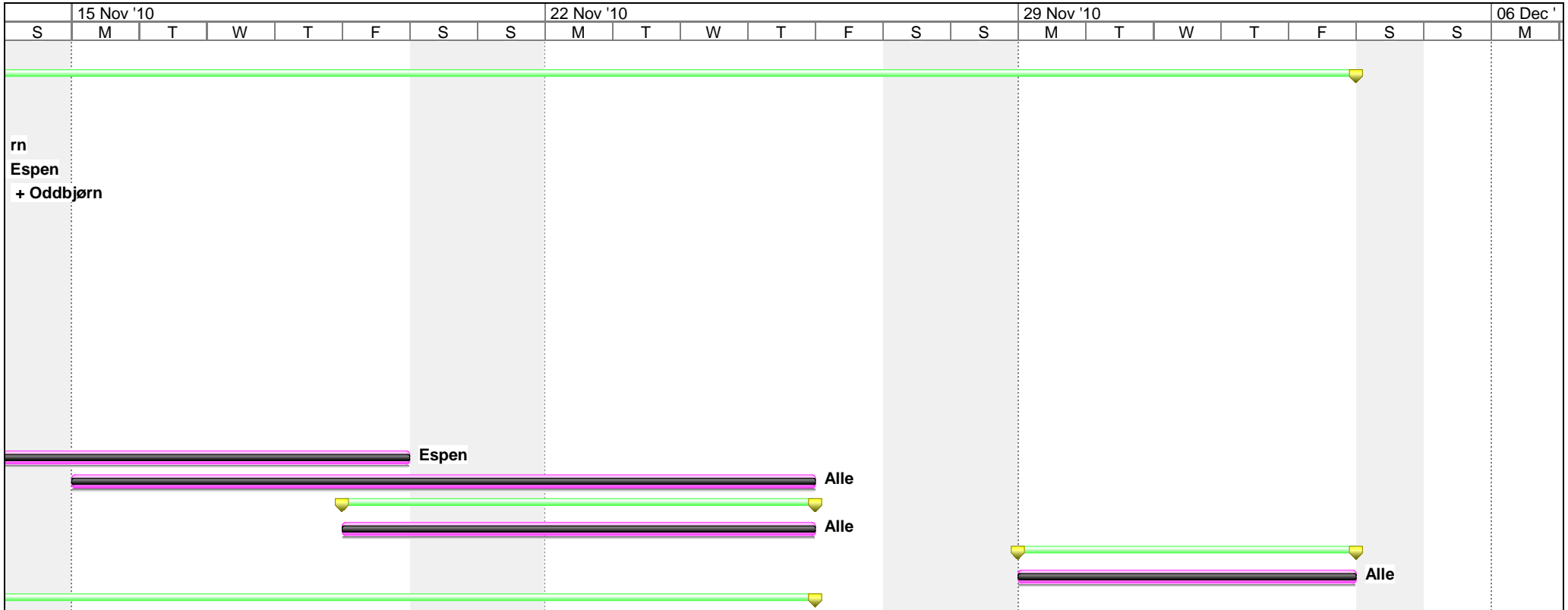
Project: Gantt_04 Date: Thu 16.12.10	Task		Milestone		External Tasks	
	Split		Summary		External Milestone	
	Progress		Project Summary		Deadline	



Project: Gantt_04 Date: Thu 16.12.10	Task		Milestone		External Tasks	
	Split		Summary		External Milestone	
	Progress		Project Summary		Deadline	



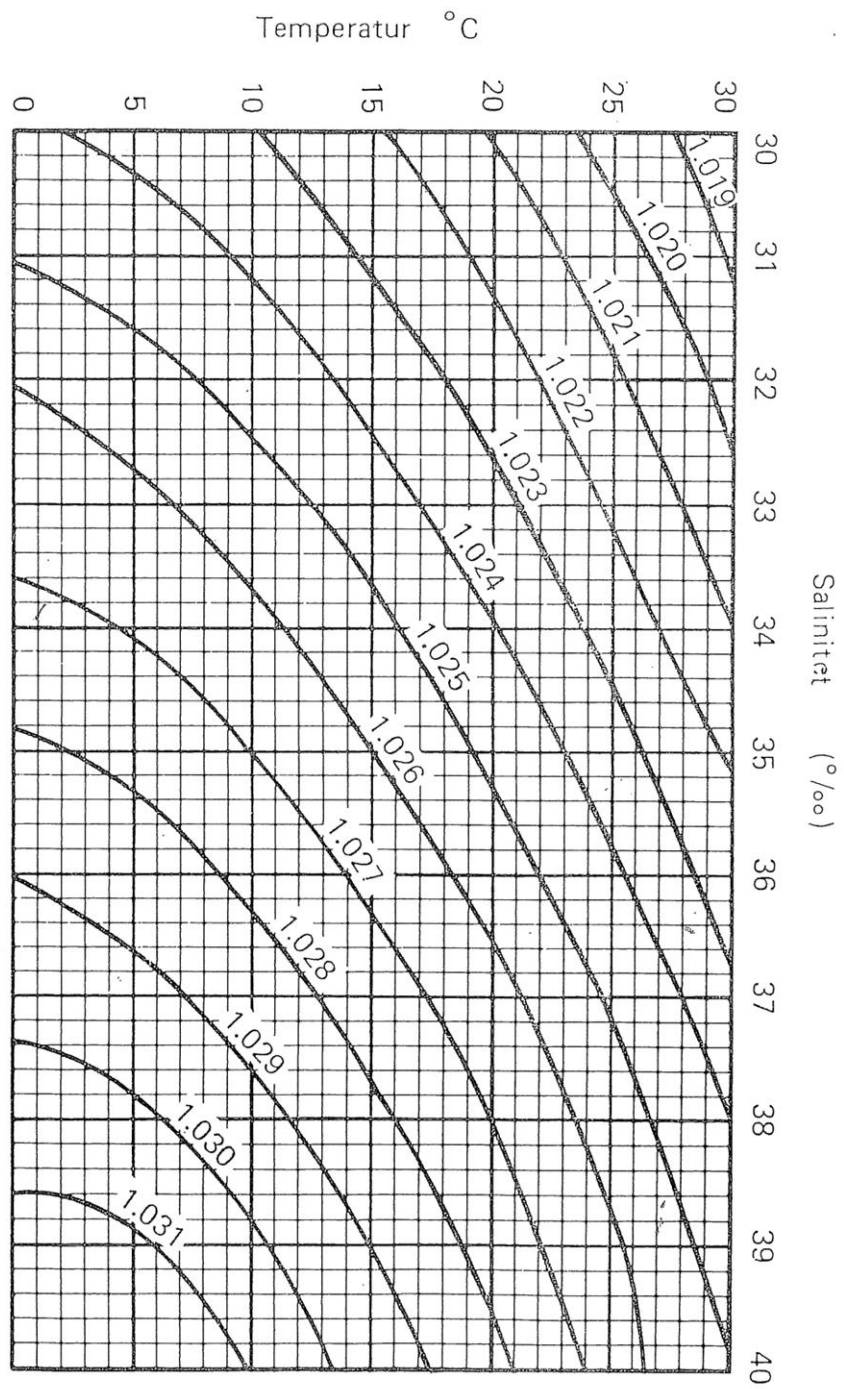
Project: Gantt_04 Date: Thu 16.12.10	Task		Milestone		External Tasks	
	Split		Summary		External Milestone	
	Progress		Project Summary		Deadline	

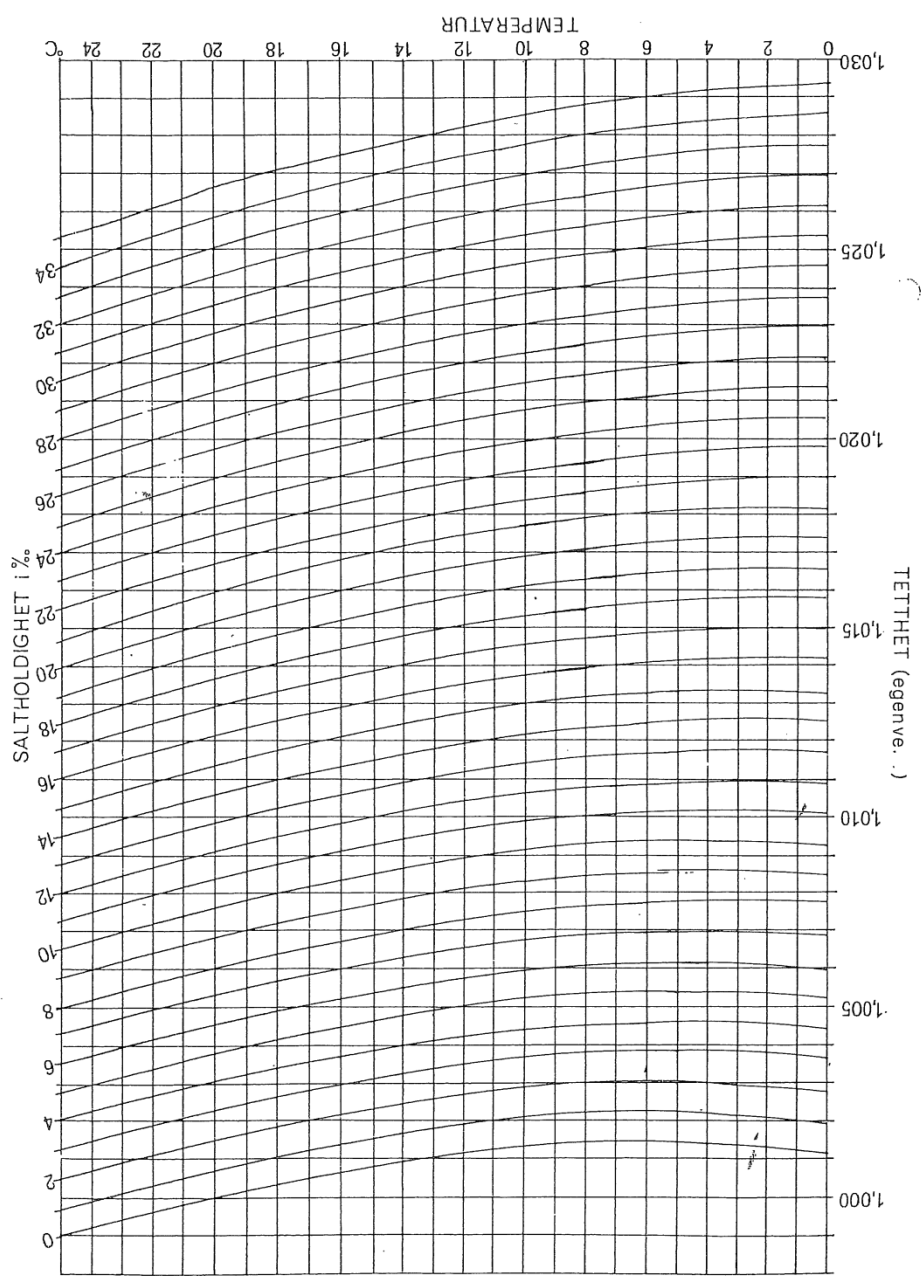


Project: Gantt_04 Date: Thu 16.12.10	Task	Milestone	External Tasks
	Split	Summary	External Milestone
	Progress	Project Summary	Deadline

Oddbjørn		
Dato	Aktivitet	Timer
02.09.2010	Prosjektmøt	2
07.09.2010	Prosjektmøte	2
08.09.2010	Ringerunde (NVE)	3
14.09.2010	Prosjektbeskrivelse	3
15.09.2010	Prosjektbeskrivelse	4,5
16.09.2010	Prosjektbeskrivelse	2
21.09.2010	"Møte" med Eli	0,75
23.09.2010	Ferdig prosj.beskr.	2
26.09.2010	Osmose	1
01.10.2010	Osmose(les/skriv)	1,5
04.10.2010	Osmose(les/skriv)	1
06.10.2010	Ferdigstilt Osmose	1,25
07.10.2010	målinger	7,5
11.10.2010	Statusrap.og utrekn.	3
12.10.2010	Statusmøte m.m	4
13.10.2010	RED. les/oppstart skriv.	5
15.10.2010	RED formel og div.	2,5
18.10.2010	Søk etter membran	1
20.10.2010	RED div.	2
21.10.2010	Research og RED	6,5
22.10.2010	Membran søk og mailing	1
25.10.2010	Statusrap.og møteinnkall.	2
27.10.2010	Tilnærma temp.	4,5
28.10.2010	Møte og div.	5
29.10.2010	Effekt/pumpe/membran/epost	2
01.11.2010	mail/memb./temp	1,5
02.11.2010	membran best./mail/temp.	1
03.11.2010	Ferdigstilt 7.2	6
04.11.2010	Økonomi	6,5
05.11.2010	Økonomi + div	2
08.11.2010	Prosjekt administrativt.	5
09.11.2010	Retting av tekst osv.	5,5
10.11.2010	Retting av tekst osv.	3,5
11.11.2010	Tekst/møte/handling	5,5
12.11.2010	modell	3,5
15.11.2010	Modell	2
16.12.2010	Modell	4
17.11.2010	Modell m.m	5,5
18.11.2010	Rapport red.	2,5
19.11.2010	Endringer i rapport	1
22.11.2010	Framføring	1
23.11.2010	Framføring	6
TOTALT		132

3 – Aerometerskala





Prosjektbeskrivelse / Plan Prosjekt OR2-300

Prosjekt (tittel): Saltkraft.

Dato, signatur:

Peer Jakob A. Bridge

Oddbjørn Myklebust

Ingunn Vassbotten

Espen T. Førde

Bakgrunn (problemstilling/behov):

I sammenheng med faget OR2-300 "Prosjektstyring med prosjekt" fikk vi i oppgave å gjennomføre et teknologisk prosjekt. Siden miljøvennlig energi er noe som er svært aktuelt i tiden ønsket vi å gjennomføre et prosjekt innenfor dette temaet. Etter vurderinger av ulike muligheter valgte vi derfor å gjennomføre et prosjekt innen saltkraft. Dette er et felt innenfor energiutvinning som fortsatt er på utviklingsstadiet, men som vi tror vil kunne bidra til en vesentlig del av verdens energibehov i fremtiden. Gjennom prosjektet vil vi belyse temaet "saltkraft" og i tillegg se på mulighetene for et slikt kraftverk i småskala.

Mål:

Hovedmål:

Prosjektet skal gi innføring i prosjektarbeid og økt kompetanse innen saltkraft. Sluttrapporten skal inneholde en teoretisk innføring i saltkraft og en utredning av saltkraftverk i liten skala ved Storelva i Vevring.

Delmål:

Teori/kompetanse:

- Lese litteratur om saltkraft på tildelt emne (litteraturstudie).
- Gi de andre i gruppa en overordnet innføring i sitt emne .
- Gjøre ferdig en disposisjon av rapporten.
- Skrive rapport om hver sitt delemne.
- Vurdere om prosjektet kan videreutvikles til et hovedprosjekt.

Utrede småskala saltkraftverk:

- Ta saltmålinger i sjøen og vannføringsmålinger i Storelva.
- Beregne effektpotensialet for Storelva.
- Foreta økonomisk analyse knyttet opp mot lønnsomhet.
- Dokumentere utredningen i sluttrapporten.

Prosjektstyring:

- Bruke prosjektstyringsverktøy som "MS project".
- Gjennomføre regelmessige møter, skrive referat.
- Bruke maler og verktøy fra teoriundervisningen.

Faser/oppgaver (omfang og avgrensing):

Vi vil dele dette prosjektet inn i 4 hovedfaser:

- Planleggingsfase
- Kartleggingsfase
- Analyse
- Konklusjon

I kartleggingsfasen vil vi i tillegg til egne målinger av vannføring basere oss på allerede eksisterende målinger. Siden vi har begrenset tilgang på tid vil vi ikke kunne foreta nøyaktige målinger av vannføringen over tid. Dette vil vi løse ved å nytte måldata som NVE har for Nausta som referanse i forhold til Storelva i Vevring. Selv om vi ikke får spesifikke målinger vil dette gi tilnærmede data siden nedfallsfeltet og nedbør er sammenlignbart.

Vi vil også foreta målinger av saltkonsentrasjonen selv om det allerede foreligger data på dette etter utredningen tilknyttet rutil-utvinning i Vevring.

I analysedelen vil vi måtte begrense de økonomiske vurderingene noe. Spesielt vanskelig er det å finne grunnlag for utbyggings/investeringskostnader siden dette er en teknologi som ikke er utbygd enda.

Arbeidsmetodene vil bestå av møter for å diskutere fremdrift, delegere oppgaver og individuelt arbeid med rapportskrivning og research. Vi har valgt "Google docs" som samarbeidsverktøy for rapportskrivning, disposisjon etc og laget en felles folder i "Fronter" for enkelt å dele kildemateriale. De målingene som vi utfører selv vil bli foretatt med deltakelse av hele gruppen.

Organisering:

Oppdragsgiver: HSF

Styringsgruppe: Prosjektansvarlig: Joar Sande. Prosjektleder Peer Bridge

Fremdriftsplan:

*Ligger som vedlegg.

Kostnader/budsjett:

Arbeidsinnsats: Ca 125 timer pr person

Budsjett

<i>Transportkostnader</i>	<i>400,-</i>
<i>Div. utstyr til målinger</i>	<u><i>1 000,-</i></u>
<i>Totale kostnader</i>	<i>1400,-</i>

Utgiftene som vi vil påløpe oss i sammenheng med prosjektet vil i hovedsak begrense seg til transportkostnader og innkjøp til målinger. Vi har i utgangspunktet en ramme på kr 1000, men vi dekker inn eventuelle kostnader utover rammene selv.

Risikoanalyse og kvalitetssikring:

Innhenting av kildemateriale: Avgjørende faktor for teoridelen. Vi har allerede en del materiale, og regner med at denne delen går greit. Utfordring her er å få tilgang på mest mulig oppdatert informasjon.

Målinger: Avgjørende betydning for å utrede et kraftverk. Vi regner med at vi skal klare greit å måle en tilnærmet vannføring, utfordringen er å lage en tilnærming over tid basert på noen få målinger. Planen er da å bruke data fra en sammenlignbar elv i området som grunnlag. Når det gjelder måling av saltkonsentrasjon har NIVA utført noen målinger i Førdefjorden som vi kan bruke, avhengig av hvilken elv vi ønsker utrede. Dersom vi ønsker å utrede en annen elv enn der NIVA har målinger må vi få tak i en CTD sonde og utføre egne målinger.

Rapport/dokumentasjon: Her er en risiko datatap som følge av harddiskkrasj etc. Vi har valgt å skrive rapporten i Google docs slik at vi eliminerer denne risikoen. Vi går utifra at Google har tilstrekkelig sikkerhet på sine servere. En viktig faktor er også at de enkelte gruppe medlemmene bidrar med sin del. Denne delen renger vi med å ivareta gjennom jevnlig møter med tilbakemelding i tillegg til nettbasert kommunikasjon. Hvis et gruppe medlem blir indisponibelt vil resten av gruppa ta over, eventuelt avgrense oppgaven ytterligere.

5 – Møteinnkallingar

Til: Espen T. Førde, Peer J. Bridge, Ingunn Sande, Joar Sande
Frå: Oddbjørn Myklebust
Kopi:
Dato: 11.10.2010

Møteinnkalling til møte nr. 1
12.10.2010 kl. 14.00
Gruppe: Saltkraft
Stad: Rumohr

Sakliste

1. Status framdrift
2. Ressurssituasjon og økonomi
3. Risikovurdering
4. Avvik og endringar
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg: Statusrapport til sak 1
 Framlegg til vidare framdrift sak 5

Til:Espen T. Førde, Peer J. Bridge, Ingunn Vassbotten,Joar Sande
Frå:Oddbjørn Myklebust
Kopi:
Dato:15.10.2010

Møteinnkalling til møte nr. 2
28.10.2010 kl. 13.00
Gruppe:Saltkraft
Stad: Sivle

Sakliste

1. Godkjenning av referat frå forrige møte
2. Status framdrift
3. Ressurssituasjon og økonomi
4. Avvik og endringar
5. Oppsummering
6. Neste møte

Vedlegg:

Referat fra forrige møte
Statusrapport til sak 2
Framlegg til vidare framdrift sak 6

Til:Joar Sande
Frå:Espen T. Førde
Kopi:Oddbjørn Myklebust, Peer J. Bridge, Ingunn Vassbotten
Dato:08.11.2010

Møteinnkalling til møte nr. 3
Møtedato 11.11.2010
Stad: Anga
Prosjekt: «Saltkraft»

Sakliste

1. Godkjenning av referat frå førre møte
2. Status framdrift
3. Ressurssituasjon og økonomi
4. Risikovurdering
5. Avvik og endringar
6. Oppsummering
7. Neste møte

Vedlegg:

Statusrapport til sak 2

Framlegg til vidare framdrift sak 6

Statusrapport møte 1, saltkraft

pr 11 oktober 2010

Planlagt mot utført	<p>Vi er i rute i forhold til planlagt framdrift så langt. Målingar er utført av vassføring og saltkonsenstrasjon. Vi har mottatt data for vassføring i Nausta med snittverdiar over ein 10-års periode, og har da grunnlag for å berekne ei tilnærma snittvassføring i Storelva over tid. Desse berekningane vil vi starte på i henhold til Gantt skjema.</p> <p>Når det gjeld teoridelen er vi grovt sett og i rute, men det er ikkje produsert mykje skriftlig til rapporten enda, med unntak av osmosedelen.</p>
Avvikshandtering	<p>Avvik:</p> <p>1. Har ikkje tatt med i bereikningane av vi treng temperatur for elv og sjø.</p> <p>Årsak:</p> <p>1. Var ikkje oppmerksomme på at dette var ei nødvendighet for å rekne ut effekten.</p> <p>Tiltak:</p> <p>1.1 Innhente data for temperatur eksternt.</p> <p>1.2 Nytte hypotetiske anslag</p> <p>1.3 Kombinasjon av 1.1 og 1.2, dvs bruke temperaturdata frå ein annan stad/fjord.</p> <p>Konsekvensar av tiltak:</p> <p>1.1: Er ikkje sikre på at det forelegg slik målingar. Dei målingane som i tilfelle er utførte vil mest sannsynleg ikkje vere tatt på våre lokasjon.</p> <p>1.2: Eit reint hypotetisk anslag vil gje mindre kvalitet på utreikningane våre.</p> <p>1.3: Ved å tilnærme verdiar for vår lokasjon ved hjelp av eksterne kjelder vil vi få høgare kvalitet på utreikningane, men dei vil like vel vere dårlegare enn for tiltak 1.1.</p>
Kritiske suksessfaktorar	<p>Fleire kritiske faktorar er allerede under kontroll, blant anna utførte målingar. Videre kritiske faktorar er at dei enkelte gruppemedlemmene tilegnar seg nødvendig kunnskap for å skrive rapporten.</p> <p>Vi har ikkje kontroll på heile grunnlaget for å utrede eit småskala saltkraftverk enda, vi mangler temperaturdata og dimensjonering av kraftverket (kor mykje av vassføringa får vi utnytta i praksis).</p>
Plan for neste periode	<p>Se vedlagt Gantt skjema. Dette er oppdatert med dei nye oppgåvene vi må løyse, og i tillegg er dato for sluttredigering skyvd noko fram i tid.</p>

Statusrapport møte 2

saltkraft

pr 25 oktober 2010

Planlagt mot utført	<p>Vi er i rute i forhold til planlagt framdrift så langt. Vi er godt igang med den skriftlege rapporten, med ca 12 sider (inkl figurer og tabeller) produsert så langt. Når det gjelder avvikshandtering frå sist: Temperatur i elv og sjø: Har mottatt samanliknbare måledata frå Nausta,døgnmiddeltemperatur frå 10 siste år (NVE). Har framleis ikkje funne noke data på temperatur i fjorden på 30 meters djup,mulig vi må benytte eit anslag her.</p>
Avvikshandtering	<p>Avvik 1: Vi kan berekne teoretisk effekt,men har ikkje godt nok grunnlag for å berekne praktisk effekt (tap i ulike ledd etc). Årsak: Vanskelig å få tilgang på slike data PRO kraftverk enda berre fins på forsøksstadiet. Tiltak: Forsøke å kontakte ansatte i statskraft som har kunnskap om prototypen som er lokalisert i Hurum,evt nytte egne anslag. Ansvarleg: Peer og Espen</p> <p>Avvik 2: Det virker som våre målingar av vassføringa i Storelva avviker vesentlig frå dei SFE har lagt til grunn då dei utreda eit minikraftverk der. Årsak: Ukjend,kan være ein kombinasjon av feil i våre målingar og SFE sine grunnlagsdata. Tiltak: Prøve å beregne vannføring ved hjelp av av samme metoder som SFE for å beregne vassføring (nedslagsfelt og avrenning) for å samanlikne verdiar. Ansvarleg: Ingunn og Oddbjørn</p> <p>Avvik 3: Vi innser at vi har veldig dårlig grunnlag for å kunne berekne investeringskostnader og driftsutgifter til eit saltkraftverk Årsak: Som i avvik 1. Tiltak: Begrense økonomidelen til å berekne nåverdi av framtidig kontanstraum av kraftsal basert på prognose for framtidig kraftpris, evt med fratrekk for ein estimert vedlikehaldskostnad. Slik kan vi få eit tal på kor stor investeringskostnad prosjektet kan tåle. Ansvarleg: Ingunn og Oddbjørn</p>

Kritiske suksessfaktorar	<p>Fleire kritiske faktorar er allerede under kontroll,blant anna utførte målingar. Gruppemedlemmene har også tilegna seg god teoretisk kunnskap som grunnlag for å skrive rapporten.</p> <p>Vi har ikkje kontroll på heile grunnlaget for å utrede eit småskala saltkraftverk enda,vi mangler temperaturdata og dimensjonering av kraftverket (kor mykje av vassføringa får vi utnytta i praksis).</p>
Plan for neste periode	<p>Se vedlagt Gantt-skjema. Dette er oppdatert med dei nye oppgåvene vi må løyse,og i tillegg er dato for sluttredigering skyvd noko fram i tid.</p>

Statusrapport møte 3

saltkraft

pr 11 november 2010

Planlagt mot utført	<p>Vi ligg noko etter planen når det kjem til rapportskriving sidan vi hadde satt generell sluttdato til 5. November, men det er mindre delkapittel som gjenstår før fyrste utkastet er ferdig.</p> <p>Avvik frå sist møte:</p> <ul style="list-style-type: none">-Teoretisk effekt: Peer har fått nødvendige data frå Statkraft og vi har komt fram til ei effekt på ca 1Gwh-Har gjennom samanlikningar med SFE og komt fram til at våre målingar samstemmer bra.-Har begrensa økonomi delen til kun å omhandle noverdi. <p>Kritiske suksessfaktorar under kontroll:</p> <ul style="list-style-type: none">-Har fått tilgang på data for praktisk effektberegning og temperaturdata for 30 meter i Førdefjorden. Temperaturdataen kan vere noko utdatert sidan dei er tekne mellom 1974 & 1982.
Avvikshandtering	<p>Avvik 1: Ligg noko etter med rapportskriving.</p> <p>Tiltak: Intensiverar prosessen med skriftlege og utvidar frist for ferdigstilling av fyrsteutkast til Fredag 12.11.2010</p> <p>Ansvar: Alle</p>
Kritiske suksessfaktorar	<p>Den faktoren som det for augenblinken er knytt mest usikkerheit til er modellen. Membran er bestill frå USA, men vi har ikkje eksakt dato for levering. Er likevel igang med å planlegge løysingar knytt til modellen.</p> <p>Rapportmessig ligg vi bra an og er begyndt å nærme oss ei fyrste utkast, men det gjenstår fortsatt mykje arbeid med redigering, retting o.l.</p>
Plan for neste periode	<p>Sjå vedlagt Gantt-skjema. Har oppdatert skjemaet med modell bygging, ein aktivitet som ikkje var med i den opprinnelege planen.</p>

7 – Møtereferat

Til: Joar Sande, Oddbjørn Myklebust, Peer J. A. Bridge og Ingunn Vassbotten

Frå: Espen Førde

Kopi:

Dato: 16.okt.2010

Møtereferat frå møte nr. 1 12.okt.2010 Saltkraft

Sakliste

- 1. Godkjenning av referat frå førre møte**
Ikkje aktuelt (første møte).
- 2. Status framdrift i forhold til plan**
Vi ligg greit an i forhold til gantt skjemaet. Det var ingen særskilde tilbakemeldingar bortsett frå at vi ikkje har fått tilegna oss temperaturdata frå området vi har utført målingane på. Vi jobbar aktivt med å få tilgang til dette. Ellers er planen å få kontakt med Statkraft (ang. Saltkraftverket deira) og å ta kontakt med NIVA for å spørre om råd til å finne temperaturen i fjord/elv.
- 3. Ressurssituasjon (timeforbruk) og økonomistatus**
Vi reknar med vi har brukt mesteparten av ressursane vi har bruk for i dette prosjektet. Eventuelle innkjøp vil isåfall ikkje vere av større betydning.
- 4. Risikovurdering**
Dei einaste risikoane vi ser for oss er mangelen på temperaturdata og at vi ikkje kjem fram til realistiske tal angående effektberekning, med tanke på at saltkraft framleis er på eit litt eksperimentielt stadie.
- 5. Avvik og endringar. Avvikshandtering**
Vi har ikkje hatt nokon avvik i betydande skala.
- 6. Planar for neste periode. Kven er ansvarleg(e)**
Planen for neste periode vil i all hovudsak vere å skrive på den teoretiske delen av rapporten, utføre nødvendige utrekningar og innhenting av temperaturdata.
- 7. Neste møte**
Neste møte vert 28.10.2010

Til: Joar Sande
Frå: Espen T. Førde
Kopi: Peer Jakob A. Bridge, Oddbjørn Myklebust, Ingunn Vassbotten
Dato: 8.nov.2010

**Møtereferat frå møte nr. 2
28.10.2010
Prosjekt saltkraft**

Sakliste

1. Godkjenning av referat frå førre møte

Referat frå møte 1 er godkjent.

2. Status framdrift i forhold til plan

Vi ligg litt på etterskudd med tekstproduksjon. Årsaken til dette er mest sannsynleg at vi har satt litt for ambisiøse tidsfristar, men vi reknar med å vere klare i god tid før innleveringsfrist sidan vi har gitt oss sjølve i overkant mykje tid til å fokusere på innleveringar og liknande. Vi hadde ikkje planlagt å lage ein modell, så vi må finne plass til dette i planen vår.

3. Ressurssituasjon (timeforbruk) og økonomistatus

Vi har brukt ein del meir pengar enn det vi hadde planlagt. Årsaken til dette er at vi har gått til innkjøp av ein membran, slik at vi kan lage ein enkel modell. Dette var ikkje planlagt då prosjektet starta, og har resultert i at vi har brukt omtrent 100 USD meir enn vi egentleg hadde tenkt.

Timeforbruket vårt ligg litt etter skjema. Vi reknar med at dette skal auke litt når vi får membranen.

4. Risikovurdering

Vi er ikkje 100% sikker på om vi får til modellen vår, men i teorien skal det fungere bra. Vi vil vurdere å «jukse» litt med saltkonsentrasjonen dersom dette vil gje eit forbetra resultat slik at vi får vist fram prinsippet med eit saltkraftverk betre. Eit anna risikoelement er leveringstida til membranen. Vi treng denne til modellen vår, men vi vil prøve å planlegge nøyaktig konstruksjon av resten av modellen i mellomtida. Ellers har vi fått risikoelementa i rapporten under kontroll.

5. Avvik og endringar. Avvikshandtering

Vi har ikkje godt nok grunnlag til å berekne praktisk effekt med effekttap o.l. Dette er vanskeleg å finne ut av sidan PRO kraftverk berre er i forsøksstadiet. Vi vil prøve å kontakte statkraft for å høre om dei har noko informasjon som kan vere til nytte for oss.

Målingane til SFE i storelva ser ut til å avvike i forhold til våre målingar. Vi kan prøve å berekne vassføring på same metodar som SFE for å samanlikne verdiar.

6. Planar for neste periode. Kven er ansvarleg(e)

Vi skal begynne som smått å slutføre delar av rapporten. Espen har hovudansvar for dette, samt kontroll av rettskriving o.l.

Elles skal vi forhåpentligvis komme i gang med modellen vår. Dette avhenger litt av kortid vi får membranen vi har bestilt.

7. Neste møte

Neste møte vert 11.nov.2010

Til: Joar Sande, Oddbjørn Myklebust, Peer J. A. Bridge og Ingunn Vassbotten
Frå: Espen Førde
Kopi:
Dato: 18.nov.2010

Møtereferat frå møte nr. 3
11.Nov.2010
Saltkraft

Sakliste

- 1. Godkjenning av referat frå førre møte**
Referat frå forrige møte, godkjent.
- 2. Status framdrift i forhold til plan**
Ligg noko etter planlagt framdrift på rapport skrivning, men vi trur likevel det ikkje vil by på utfordringar å få denne ferdigstilt til leveringsfristen.
Vi har no innhenta alle grunnlagsdata for effektberegning og er i rute med beregningane.
- 3. Ressurssituasjon (timeforbruk) og økonomistatus**
Timeforbruket følger fortsatt den oppsette planen.
Joar informerte om prosedyrer for å få refundert utlegg som vi har hatt i samband med innkjøp av diverse utstyr.
- 4. Risikovurdering**
Annser risikoen for å ikkje få ferdigstilt rapporten for å vere minimal. Det er fortsatt noko risiko knytt til levering av membran og bygging av modellen, men dette er faktorar som ikkje er kritisk for ferdigstilling av prosjektet.
- 5. Avvik og endringar. Avvikshandtering**
Avvik: Ligg noko etter med rapportskrivning
Tiltak: Intensivering i arbeidet med rapporten.

Endringar: Vi ser at vi ikkje har nok grunnlag til å berekne investeringskostnad på eit saltkrafterk. Vi begrensar difor økonomidelen til kun å omhandle noverdianalyse.
- 6. Planar for neste periode. Kven er ansvarleg(e)**
Sjå vedlagt Gantt-skjema. Vi har utvida med bygging av ein modell. Hovudansvarleg er Oddbjørn.
- 7. Neste møte**
Neste møtet er etter planen 25/11 men vil sannsynlegvis nyttas til gjennomgang av presentasjonen som skal holdes dagen etter.

Høgre og Ap like store i ny måling

POLITIKK: Ei ny meningsmåling om kommunestyrevalet i 2011 viser at Høgre og Ap er like store.

Høgre blir eit sterkt forhandlingsparti ved neste års kommunestyreval, medan Ap står fram

som eit byparti, seier valforskar Frank Aarebrot (biletet).

Målinga som Norfakta har utført Landslaget for Lokalaviser (LLA), går Høgre tilbake 1,5 prosentpoeng frå LLA-målinga i september, men partiet har likevel ein auke på 6,6 prosentpoeng

i forhold til førre kommunestyrevalet. Senterpartiet går framleis i motbakke, medan Frp har ei oppslutning omtrent som under det førre valet.

Målinga viser at Høgre og Ap no ville ha fått like stor oppslutning dersom det hadde vore

kommunestyreval i dag. I 2007 var Ap over 10 prosentpoeng større. Aarebrot trur at Ap har rota seg inn i sentrumperiferien, og at Ap blir oppfatta som meir vennleg overfor miljøvernungdom i byane enn industriarbeidarane i distrikta. (©NPK)



FORNYANDE STUDIUM: Gjennom prosjektoppgåvene sine om vindmøller og saltkraftverk har studentane blant anna funne ut at eldre er dei mest skeptiske til vindmøller, og kor overraskande salt Storelva i Naustdal er. Bak f.v. Ole Jacob Seime, Jan-André Førde Systad, Oddbjørn Myklebust, Peshawa Galali, Ingunn Vassbotten og Tomas Eikelid. Framme f.v. Peer Jakob A. Bridge og Espen Tordal Førde.

Freistar løyse energikrisa

FØRDE: Bør privatpersonar satse på vindkraft? Og er det grunnlag for saltkraftverk i Naustdal? Faste er det ingeniørstudentar i Førde som sit på.

JANNE G. SØRGULEN tekst og foto

FORNYBAR ENERGI

- Ein stor del av energiforbruket i landet vert i dag dekt av fornybar energi.
- Blant det som vert rekna som fornybar energi, er bølge-, vass-, og vindkraft, sol-, bio- og havenergi og hydrogen.

I det siste halvåret har komande ingeniørar ved Høgskulen i Sogn og Fjordane i Førde klatra i tre med vindmålarar og vassa i sjø for å måle saltinnhald. Alt for å

■ – Må kombinere fleire former for fornybar energi

fordjupe seg i fornybar energi for framtida. For når straumprisane går opp og olje- og gasslageret tomt, er det desse som skal løyse energikrisa.

Kombinasjon av fleire

I samband med eit større prosjektarbeid, har tredjeårsstudentane blant anna studert om det er lønsamt med eit saltkraftverk i Storelva i Naustdal. Noko som har gjort dei medvitne på den framtidige energiutfordringa.

– Å tenkje fornybar energi er viktig for både oss i Norge, Europa og for resten av verda, konstaterer Ingunn Vassbotten. – Kilowattprisen vil ikkje gå ned, og når Norge knyter seg til andre land i Europa for å få energi, vert det heilt klart dyrare straumprisar og viktigare å satse på fornybar

energi, seier Oddbjørn Myklebust.

Løysinga meiner studentane derimot ikkje berre er eitt alternativ.

– Dei ulike alternativa utfyller kvarandre. Saltkraftverk er til dømes eit stødig val, medan ein kan ta ut vasskraft når ein treng det, seier Peer Jakob A. Bridge.

Allereie innanfor bransjen

Prosjektarbeidet av dei til saman 30 studentane ved elektroingeniør med spesialisering i automasjon, er eit av fleire i utdanningsløpet deira. Denne oppgåva er eit forprosjekt til hovudoppgåva som dei skal skrive til våren.

– Vi merkar at ingeniørstudentar vert rekrutterte i jobbar der dei ikkje har kvalifikasjonar fordi dei har erfaring som prosjektlearar, forklarar studie-

leiar ved avdeling for ingeniør og naturfag, Eli Nummedal.

Gjengen som har jobba med vindmøller, har via studentverksemda SFJ Automasjon allereie sneke seg inn i næringslivet.

Studentverksemd

– Vi driv med kartlegging av vindforhold, der finn ut om det er lønsamt å setje opp vindmøller, seier Ole Jacob Seime.

” Ingeniørstudentar vert rekruttert i jobbar der dei ikkje har kvalifikasjonar fordi dei har erfaring som prosjektlearar

Eli Nummedal, studieleiar ved avd. for ingeniør og naturfag Høgskulen i Sogn og Fjordane, Førde

Verksemda samarbeider med Stavanger-baserte Solvind og driv med vindkraft.

– Så om nokon treng vindmålingar etter jul ..., seier Jan-André Førde Systad og let tipset henge i lufta.

Store investeringar

Er det så lønsamt med saltkraftverk i Naustdal eller vindmøller for privatpersonar?

– Per i dag vil ein ikkje kunne få stor nok inntening i forhold til investeringane på eit saltkraftverk der. Men med høgare straumprisar kan det vere mogeleg i framtida, konkluderer Oddbjørn Myklebust.

Vindmøller vil ein sjå meir av i framtida.

– Om ein kan gjere ein del av arbeidet med å setje opp vindmølla sjølv, kan det løne seg, seier Jan-André Førde Systad.