

Turbinopprustinger kan øke produksjonen i norske vannkraftverk med fire terawattimer

Energiavdelingen – Mette Eltvik Henriksen, Nanna Moland Wahl, Carl Andreas Veie og Fredrik Arnesen

Når man skifter ut løpehjulet i et eldre vannkraftverk vil kraftproduksjonen øke fordi komponentene som skiftes ut er slitt og fordi ny turbinteknologi gir høyere virkningsgrad. Dersom man skifter ut løpehjulene i alle norske vannkraftverk over 10 MW, kan man øke den årlige vannkraftproduksjonen med litt over 4 TWh på grunn av forbedret turbinteknologi alene.

Opprusting og utvidelse er tiltak i eksisterende kraftverk som gir varig økning i produksjon. Utvidelser vil ofte medføre nye naturinngrep, mens opprusting sjelden gjør det. Å bytte løpehjul er et eksempel på opprusting. NVE har registrert over 200 opprustings- og utvidelsesprosjekter de siste 20 årene. Disse prosjektene har bidratt med en samlet produksjonsøkning på ca. 4,5 TWh. Omtrent 100 løpehjul ble byttet i perioden, og utgjorde om lag 1 TWh i økt kraftproduksjon.

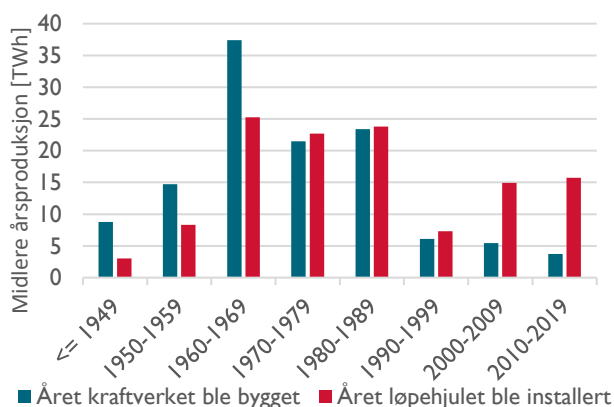
Virkningsgrad er et mål på effektiviteten til en komponent eller et system, og er definert som forholdet mellom nyttbar energi og tilført energi. Hvis virkningsgraden er 90 %, betyr dette at 90 % av den tilførte energien blir utnyttet. 10 % av tilført energi tapes i prosessen. Ettersom komponentene blir eldre, minker virkningsgraden på grunn av slitasje. Hvor mye er avhengig av mange faktorer som blant annet turbintype, variasjon i produksjon, vannkvalitet, vedlikehold med mer.

Vannkraftproduksjonen i Norge kan økes ved å oppruste eller utvide eksisterende kraftverk. Man kan gjøre dette ved å overføre nytt vann fra andre nedbørsfelt, øke fallhøyden eller redusere den mengden vann som renner forbi kraftstasjonen uten å bli brukt til kraftproduksjon. Man kan også utnytte hver liter vann som går gjennom kraftstasjonen mer effektivt, hovedsakelig ved å øke virkningsgraden til turbinen. Bytte av løpehjul er en miljøvennlig måte å øke kraftproduksjonen i et eksisterende vannkraftverk på, ettersom det ikke medfører noen nye naturinngrep.

Kraftverkene i analysegrunlaget utgjør 90 prosent av norsk vannkraftproduksjon

Vi har sett på potensialet for turbinopprustinger i kraftverk over 10 MW. Disse kraftverkene står for 120 TWh av den norske vannkraftproduksjonen, som er på 135,6 TWh i et normalår. Dette tilsvarer om lag 90 prosent av årlig vannkraftproduksjon.

Alle kraftverkene som er med i analysen er fordelt på kraftverkbyggeår og løpehjulsårgang i figur 1. Figuren viser at mange av kraftverkene som ble bygget før 1970 allerede har skiftet ut løpehjulene. Samtidig ser vi at mange av kraftverkene som ble bygget etter 1970 ennå ikke har byttet løpehjul.



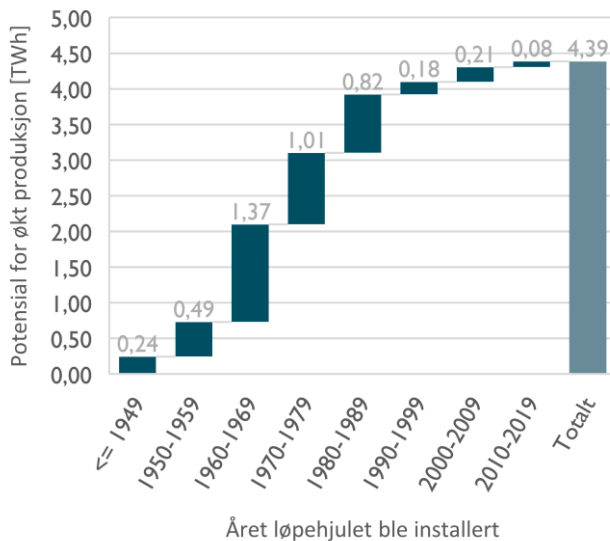
Figur 1: Norsk kraftproduksjon i store vannkraftverk fordelt på året kraftverket ble bygget og året løpehjulet ble installert

NVE har ansvar for å forvalte landets vann- og energiresurser, utvikle samfunnets evne til å håndtere flom- og skredfare og varsle om naturfare. NVE har hovedkontor i Oslo og regionkontor i Narvik, Trondheim, Hamar, Førde og Tønsberg. I tillegg har vi senter for fjellskredovervåking i Stranda og Kåfjord.

NVE hovedkontor
Middelthunsgate 29
Postboks 5091, Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 2295 95 95
nve@nve.no

Mange løpehjul har nådd sin tekniske levealder

Det er vanlig å anslå en teknisk levealder på 50 år for vannkraftturbiner. Ofte er tilstanden til turbinene i norske kraftverk så god at levetiden i praksis er lengere enn dette. Figur 2 viser potensialet for økt kraftproduksjon fordelt på året løpehjulet ble installert. Hvis man bytter ut alle løpehjulene som er installert før 1970 vil dette gi 2,1 TWh økt produksjon. NVE forventer at mye av dette opprustingspotensialet kan bli utløst de kommende årene etter hvert som disse kraftverkene bytter ut løpehjulene.



Figur 2: Potensial for økt produksjon ved bytte av løpehjul

Figuren viser at det totale potensialet for økt produksjon er 4,4 TWh hvis man skifter ut alle løpehjulene over 10 MW.

Vannkraftturbiner har blitt mer effektive det siste århundret

Jo eldre en vannkraftturbine er, jo større virkningsgradsøkning kan man oppnå ved å skifte den ut. Et moderne løpehjul kan være ti prosentpoeng mer effektiv enn et løpehjul fra 1910. Til sammenligning har generatoreffektiviteten bare økt med rundt tre prosentpoeng i samme periode. Dette betyr at når man skifter ut turbiner og generatorer i et vannkraftverk, er det turbinen som står for mesteparten av produksjonsøkningen.

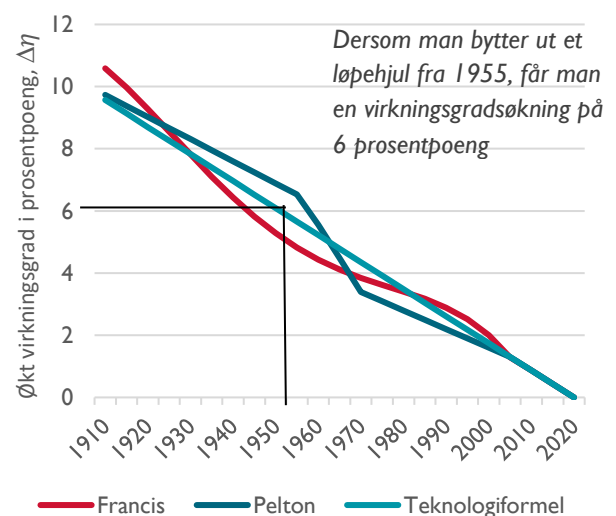
I forbindelse med elsertifikatordningen ble det utarbeidet en forenklet formel for historisk utvikling av turbineffektivitet. Dette ble gjort i samarbeid med vannkraftbransjen. Formelen beregner virkningsgradsforbedring basert på alderen til løpehjulet som byttes ut. Økt vannmengde eller slitasje blir ikke tatt hensyn til. NVE bruker formelen til å anslå hvor mye virkningsgraden øker på grunn av bedre teknologi når man skifter løpehjul. Vi kaller den «Teknologiformelen».

Teknologiformelen

$$\Delta\eta = 0,087 \cdot X$$

$\Delta\eta$ = virkningsgradsøkning i prosentpoeng
 X = alder på løpehjulet som skiftes ut

Norske vannkraftverk har vanligvis en av de tre turbintypene: Francis, Pelton eller Kaplan. Omtrent to tredjedeler av kraftproduksjonen i Norge genereres i vannkraftverk med Francis-turbiner. Deretter følger Pelton og Kaplan som henholdsvis nest og tredje mest vanlige turbintype. Figur 3 illustrerer utviklingen i virkningsgrad for Francis og Pelton. Figuren viser også teknologiformelen, som NVE bruker for alle turbintyper.



Figur 3: Potensial for økt virkningsgrad for løpehjul på grunn av teknologiforbedring det siste århundret, oppgitt i prosentpoeng

Vi har brukt økningen i turbinvirkningsgrad til å regne ut potensialet for økt produksjon

Vi estimerte produksjonsøkningen som følge av turbinopprusting ved å gange løpehullets midlere årsproduksjon med forholdet mellom økning i virkningsgrad og gammel virkningsgrad.

$$\Delta Prod = Prod_{midlere} \cdot \left(\frac{\Delta\eta}{\eta_{ny} - \Delta\eta} \right) \quad (1)$$

For nye Francis-turbiner kan man oppnå en virkningsgrad på over 95 %. Tilsvarende tall for Pelton og Kaplan er rundt 92 % og 93 %. I analysen har vi brukt en forventet virkningsgrad, η_{ny} , på 94 % for alle nye løpehjul da dette er mest representativt for datagrunnlaget. Dette er basert på forventet ny virkningsgrad per turbintype og andelen av kraften som produseres i kraftverk med de ulike turbintypene. Ved å summere produksjonsøkningen for alle løpehjul over 10 MW, kommer vi frem til 4,4 TWh.

Analysen inkluderer bare bytte av løpehjul

Denne analysen ser bare på opprusting av turbiner ved løpehjulsbytte. Kraftproduksjonen kan økes ytterligere ved å rehabilitere andre komponenter i turbinen, generator, transformator, kontrollanlegg, vannvei og inntak. Potensialet er enda høyere hvis man inkluderer utvidelser, som for eksempel overføring av vann fra andre nedbørsfelt.



Figur 4: Francisløpehjul utenfor Hemsil 2
Foto: Thomas Mo Willig / NVE

Vi har mye data, men det finnes noen mangler

Informasjon om kraftverkene er hentet fra NVEs vannkraftdatabase og Fosweb (Statnetts kraftsystemdatabase). Som følge av elsertifikatorordningen har vi god oversikt over opprustingsprosjekter som er gjort i norske vannkraftverk de siste ti årene. I tillegg er mange løpehjul skiftet ut i forbindelse med større utvidelsesprosjekter. Disse har gjerne måttet søke om konsesjon. NVE har derfor god informasjon om disse – også bakover i tid. De tiltakene vi derimot ikke har så godt dokumentert, er rene opprustingsprosjekter som ble gjennomført før elsertifikatorordningen og som ikke hadde konsesjonsplikt.



Figur 5: Peltonløpehjul under revisjon i Nore I
Foto: Thomas Mo Willig / NVE

Elsertifikatorordningen er en støtteordning som gjør det mer lønnsomt for utbyggere å investere i fornybar energi. Man kan få elsertifikater når man øker produksjonen i et eksisterende vannkraftverk, for eksempel ved å øke virkningsgraden.
Les mer [HER](#).

Dette er en del av NVEs kraftmarkedsanalyse
Hvert år publiserer NVE en langsiktig kraftmarkedsanalyse som beskriver utviklingen av energi- og kraftsystemet fremover i tid. I 2020 har vi lagt til grunn 3,9 TWh økt produksjon ved opprustning av kraftverk mot 2040. Les mer [HER](#).

ER DU KRAFTPRODUSENT?

Dersom du har et kraftverk som er opprustet eller utvidet utenfor elsertifikatorordningen, ville vi satt stor pris på å få oppdatert informasjonen i databasene våre. Send inn skjema for idriftsettelse av opprusting- og utvidelsestiltak i [Altinn](#).