

Hvor stor andel av vannkraften i Norge er fleksibel?

Fleksibiliteten (eller regulerbarheten¹) til vannkraften vil få en viktigere rolle i fremtidens kraftsystem når det forventes mye ny variabel kraftproduksjon fra vind og sol i systemet. Men hvor fleksible er egentlig norske vannkraftverk? Er det nok at et kraftverk er tilknyttet et reguleringsmagasin før vi kan klassifisere det som fleksibelt, eller må det kunne lagre en viss mengde vann?

MAGASINER GIR FLEKSIBILITET

Reguleringsmagasiner² gjør det mulig å kontrollere vannet som kommer til vannkraftverkene. De kan spare vann over ulike tidsperioder til det er et større kraftbehov. De kan også bidra til å regulere vannføringen til kraftverket og elva.

Magasiner gir fleksibilitet til å ...

- produsere kraft i et tørrår
- produsere kraft om vinteren
- produsere kraft kun på dagtid
- stabilisere kraftnettet
- dempe flom
- slippe minstevannføring

Det er egenskapene ved magasinene og kraftverkene som avgjør hvilken type fleksibilitet de kan levere. For å kunne flytte produksjon til tørrår eller til vinteren er det viktig at magasinene som er tilknyttet kraftverket er store nok til å kunne spare vann over lengre perioder. For å levere fleksibilitet på kortere sikt er det derimot viktigere med kort avstand fra magasinet til kraftverket for å kunne respondere raskt. Da er det også viktig at vannveier, turbiner og nettilknytningen er dimensjonert for et variabelt

driftsmønster. Hvis ikke kan rask regulering gi mer slitasje, kortere levetid og høye driftskostnader.

Drift av vannkraftverk er sammensatt. Kraftverk og magasiner inngår ofte i kompliserte vassdragssystemer, og strømmen selges i et komplekst kraftmarked. I tillegg må man ofte ta miljøhensyn, som for eksempel erosjon, gjengroing, fisk, biodiversitet og rekreasjon. Disse faktorene påvirker fleksibiliteten, for eksempel gjennom betingelser fastsatt i konsesjoner. I dette faktaarket fokuserer vi derimot kun på fleksibiliteten som magasiner gir.



Figur 1: Blåsjø er Norges største kraftmagasin målt i energiinnhold. (Foto: Thomas Mo Willig, NVE)

¹ Regulerbarhet og reguleringsevne brukes ofte istedenfor fleksibilitet i vannkraftsammenheng.

² Manøvreringen av reguleringsmagasinene er spesifisert i konsesjonen gjennom grensene for høyeste og laveste regulerte vannstand. For å bedre forholdene for ulike brukerinteresser kan det gis vilkår som gir sesongmessige restriksjoner innenfor disse grensene.

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.

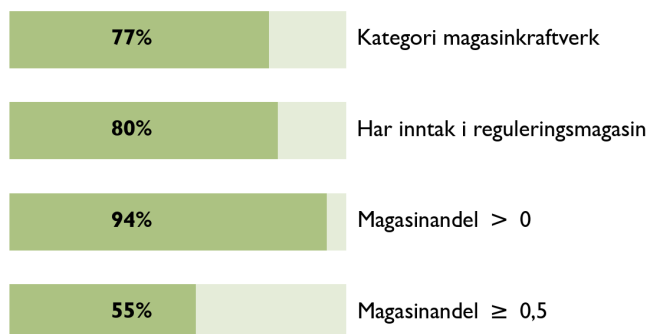
NVE hovedkontor
 Middelthunsgt. 29
 Postboks 5091, Majorstuen
 0301 Oslo
 Telefon: (+47) 22 95 95 95
 nve@nve.no

Kontaktpersoner
 Energi- og konsesjonsavdelingen
 Julien Cabrol: jgrc@nve.no
 Carl Andreas Veie: cave@nve.no
 Seming Skau: shs@nve.no

VANNKRAFTVERKENE I NORGE KAN KATEGORISERES PÅ FLERE MÅTER

Ulike kategoriseringer av vannkraftverk kan være nyttig når vi jobber med fleksibilitet og vannkraft. Hvilken kategorisering som passer best til formålet vil avhenge av hvilke egenskaper man ønsker å fremheve. [*Datagrunnlaget brukt til kategoriseringen kan lastes ned her.*](#)

Andel fleksibel vannkraftproduksjon



Figur 1: Andel fleksibel vannkraftproduksjon etter ulike kategorisering. Andelen er vektet etter midlere årsproduksjon 1991-2020 til kraftverkene.

Inndeling i magasin kraftverk og elvekraftverk

Vi har delt inn alle kraftverkene i [*NVEs vannkraftdatabase*](#) som enten magasin kraftverk eller elvekraftverk. Inndelingen er blitt gjort skjønnsmessig av NVE, så det finnes ikke noen entydige kriterier for inndelingen. Generelt har magasin kraftverk større frihet til å velge når de produserer kraft, siden de er tilknyttet reguleringsmagasiner. Magasin kraftverk står for 77 % av norsk vannkraftproduksjon. Elvekraftverk derimot, henter oftest vann fra inntaksmagasiner med liten eller ingen regulerbarhet. Produksjonen til elvekraftverk sammenfaller derfor mindre med kraftbehovet og priser i kraftmarkedet, og er mer avhengig av det naturlige tilsiget og reguleringen i eventuelle kraftverk oppstrøms.

I de fleste tilfellene er det enkelt å plassere et kraftverk i en kategori, men det finnes også mange kraftverk hvor det ikke er så lett. For eksempel er Solbergfoss kraftverk i Glomma kategorisert som et elvekraftverk, og det er også det som virker mest intuitivt. Samtidig har Solbergfoss inntak i reguleringsmagasinet Øyeren og kan driftes fleksibelt innenfor sine begrensninger oppgitt i konsesjonen. Solbergfoss drar også nytte av reguleringsmagasinene oppover i Glommavassdraget. Derfor kunne man også ha kategorisert Solbergfoss som et magasin kraftverk.

Kraftverk med inntak i reguleringsmagasin

Vi har brukt kart og satellittbilder til å vurdere hvilke vannkraftverk som har inntak i et reguleringsmagasin. Et kraftverk som er direkte tilknyttet et regulert vannmagasin kan produsere kraft relativt raskt etter at man har sluppet vannet fra magasinet. Dette kriteriet kan derfor være nyttig for å vurdere evnen til korttidsfleksibilitet.

Naturligvis har mesteparten av magasin kraftverkene inntak i reguleringsmagasin, mens kun en mindre andel av elvekraftverkene oppfyller dette kriteriet. Vannkraftverk med inntak i reguleringsmagasin står for 80 % av norsk vannkraftproduksjon.

Magasinandel

Magasinandelen er summen av eget og alle oppstrøms magasin volumer delt på midlere årstilsig for et kraftverk. Midlere årstilsig³ for et kraftverk er mengden vann som renner til kraftverket eller oppstrøms vannmagasiner i løpet av et gjennomsnittlig år.

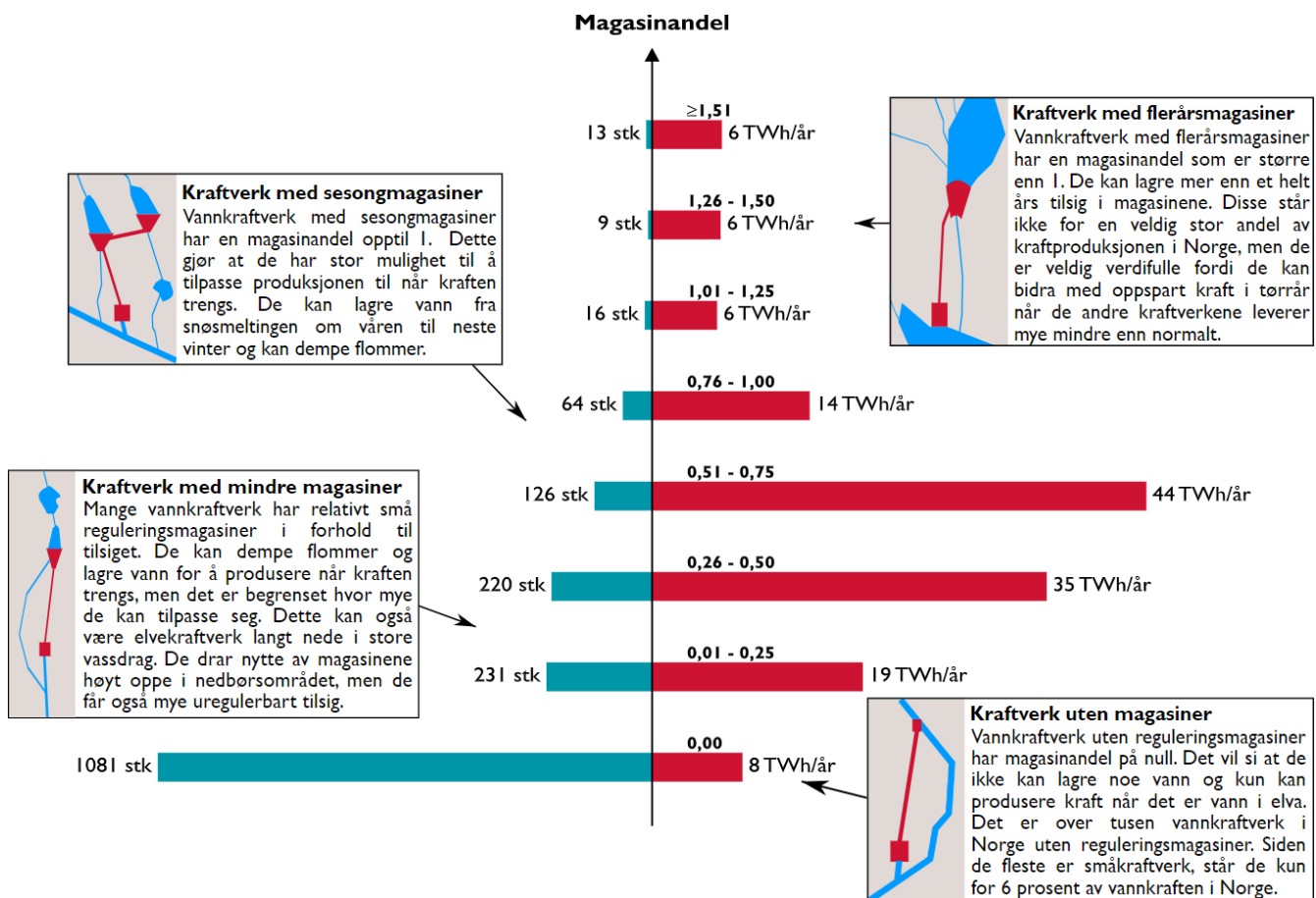
$$\text{Magasinandel} = \frac{\text{Sum eget og alle oppstrøms magasin volum}}{\text{Midlere årstilsig}}$$

Dette kriteriet beskriver evnen et kraftverk har til å spare opp tilsiget over tid. En lav magasinandel betyr i prinsippet at kraftverket er tvunget til å produsere når tilsiget kommer, mens en høy magasinandel betyr at tilsiget kan spares over lengre perioder. Dersom et kraftverk har en magasinandel på 1 kan det lagre et helt årstilsig i magasinene.

De vannkraftverkene med størst magasinandel i Norge har en magasinandel på over 2. Det vil si at de har magasin oppstrøms som kan lagre tilsiget fra flere år, såkalte flerårsmagasiner. I denne sammenhengen bruker vi begrepene sesong- og flerårsmagasiner til å beskrive de totale egenskapene til magasinene oppstrøms. Avhengig av kaskadesystemet kraftverket er en del av, vil antallet, størrelsen og egenskapene til magasinene oppover i vassdraget variere.

Magasinandel er en kontinuerlig parameter med verdier fra 0 og oppover. Dersom man ønsker å dele vannkraftverkene i to kategorier, med og uten god fleksibilitet, er det ikke åpenbart hvor man skal sette grensen. Avhengig av hva man skal bruke resultatet til, kan det være ulike grenser som passer. I dette faktaarket har vi brukt magasinandel på over 0 eller 0,5 som eksempler på kriterier for fleksibilitet.

³ Midlere årstilsig er referert til perioden 1991-2020. Tilsigstallene inkluderer ikke tilsig som blir pumpet opp til magasin oppstrøms for kraftverket. Om man inkluderte dette ville pumpekraftverk, som for eksempel Aurland III, fått lavere magasinandel.



Figur 2: Oversikt over hvor mange vannkraftverk og hvor mye midlere årsproduksjon 1991-2020 som ligger innenfor ulike intervaller for magasinandel. Vi beskriver også hvordan magasinandelen påvirker egenskapene til kraftverkene.

Magasinandelen er derimot avhengig av at man kjenner midlere årstilsig for et kraftverk. Dette må være referert til en referanseperiode (for eksempel 1991-2020). Dermed vil magasinandelen endre seg dersom man refererer tilsiget til en ny periode eller gjør nye beregninger for hva tilsiget er. Med klimaendringene ser det ut til at tilsiget til norske vannkraftverk kommer til å øke, jf. NVE rapport *Vannkraftverkene i Norge får mer tilsig fra 2019*. Dette fører til at magasinandelen til de fleste vannkraftverkene kommer til å synke fremover.

Andre viktige egenskaper ved kraftverk beskrives derimot bedre med andre faktorer. Forholdet mellom magasinivolum og kraftverkets slukeevne sier noe om hvor fort magasinene kan tømmes, mens forholdet mellom årsproduksjon og installert effekt sier noe om hvor mye av produksjonskapasiteten til kraftverket som utnyttes.

Hvorfor er fleksibiliteten til norsk vannkraft viktig?

Strøm er ferskvare, så kraftproduksjonen må alltid være lik forbruket for at kraftsystemet skal være stabilt. Vi trenger derfor nok fleksibilitet i produksjon, energilagring og forbruk for å ivareta forsyningsikkerheten. Historisk har fleksibiliteten i det europeiske kraftsystemet kommet fra fossil kraft, mens i Norge er det regulerbar vannkraft som har balansert kraftsystemet.

EU-kommisjonen har som mål å senke klimagassutslippene med 55 % frem mot 2030, noe som påvirker hvordan kraftsystemet vil utvikle seg fremover. Økende andel produksjon fra uregulerbar vind- og solkraft betyr at fleksibiliteten i kraftproduksjonen minker. Samtidig vil økt elektrifisering og mer variasjon i været sette ekstra press på balansering av det norske kraftsystemet. Dette medfører at fleksibilitet, og dermed norsk vannkraft, blir viktigere og mer verdifullt i fremtiden. Vannkraft er fornybart, har lave start- og stoppkostnader og evne til å lagre energi. Dette er viktige egenskaper for å kunne bidra til fleksibilitet i dagens og fremtidens kraftsystem. Norge har rundt 50 % av Europas kraftmagasinkapasitet, og har dermed en stor andel av den fornybare fleksible produksjonen i Europa. Med økende verdi av fleksibilitet i fremtidens kraftsystem er det ekstra viktig for NVE å ha en oversikt over fleksibiliteten til norsk vannkraft.