

Veileder om elsertifikater ved oppgradering og utvidelse av vannkraftverk

Innhold

1	Generelt	2
1.1	Elsertifikatberettigede tiltak	2
1.2	Søknaden	2
2	Data som skal oppgis	3
3	Hvordan beregne tildelingsfaktoren	4
3.1	Bedret virkningsgrad for turbin	4
	Slitasje	4
a)	Modelltester	5
b)	Feltmålinger	5
c)	Bruk av formel	6
3.2	Oppgradering av transformator eller generator	7
3.3	Andre tiltak	7
4	Simulering av produksjonen	8
4.1	Informasjon som skal oppgis ved simulering av produksjonen:	8
4.2	Hydrologisk grunnlag	8
5	Opprustning og utvidelse av vannkraftverk i flere trinn	10

1 Generelt

1.1 Elsertifikatberettigede tiltak

Kraftverk som er opprustet og/eller utvidet, og som følge av dette har utvidet sin produksjonskapasitet, kan søke om rett til elsertifikater for den varige produksjonsøkningen i anlegget. Tiltakene som er gjort i anlegget må ha idriftsettelsesdato mellom 1.1.2012 og 1.1.2022 for å være elsertifikatberettiget. Dette gjelder for alle kraftverk, uansett installert effekt.

Opprustning og utvidelse av vannkraft består av tiltak for å:

- Redusere falltap i vannveier
- Øke virkningsgraden
- Øke slukeevnen til kraftverket
- Øke magasinkapasitet
- Øke fallhøyden
- Tilføre nytt vann fra nabovassdrag

1.2 Søknaden

Det skal fremlegges dokumentasjon på investeringer og tiltak som er gjort, samt beregninger som viser produksjonsøkningen som følge av tiltakene. Basert på produksjonsøkningen skal søker selv beregne tildelingsfaktoren for kraftverket. Med tildelingsfaktor menes den delen av et anleggs totale produksjon av elektrisk energi som kvalifiserer for rett til elsertifikater. Beregningene vil bli kontrollert av NVE ved innsending av søknaden. Formel for tildelingsfaktor (TF):

$$TF = \frac{\text{Netto økt produksjon i kraftverket som følge av tiltaket}}{\text{Total produksjon for kraftverket etter tiltaket}}$$

Søknaden kan sendes inn først når prosjektet er realisert og idriftsatt. Hvis søknaden ikke er fullstendig vil den kunne sendes i retur eller avslås på bakgrunn av for dårlig søknad eller dokumentasjon. Alle tilfeller av økt slukeevne i kraftverket må være avklart med konsesjonsavdelingen i NVE før søknaden kan behandles.

Historisk snittproduksjon skal som hovedregel ikke brukes for å beregne produksjonsøkningen og deretter tildelingsfaktoren for elsertifikater. Dersom det er tilført mer vann til systemet eller slukeevnen økes skal som hovedregel simuleringsmodeller brukes for å beregne produksjonsøkningen. Simuleringsmodellene bruker hydrologidata og data om vannkraftverket. Dette er nærmere omtalt i kapittel 4. NVE tar ikke stilling til modellen som den enkelte aktør vil bruke, men vår kontroll vil foregå ved bruk av NVEs modeller, som i hovedsak er Vansimtap og i noen tilfeller Samkjøringsmodellen.

2 Data som skal oppgis

I tabellen under er det listet opp hvilke verdier som skal oppgis for produksjonsanlegget både før og etter investering. Bruk gjerne tabellform som vist under. Sammen med disse dataene, skal det også legges frem detaljerte beregninger og forklaringer på hva søker mener den varige netto produksjonsøkningen er, slik at NVE kan foreta en kontrollberegning og vurdere om søkers tall virker rimelige.

	Før tiltak	Etter tiltak
Middeltilsig [millioner m ³ /år]		
Middelproduksjon [GWh/år]		
Midlere brutto fallhøyde [m]		
Magasinvolum [mill. m ³]		
Slukeevne, Qmaks [m ³ /s]; Største vannføring gjennom kraftverket ved midlere brutto fallhøyde.		
Maksimal effekt [MW]; Maksimal effekt ved maksimal vannføring, Qmaks, og midlere brutto fallhøyde.		
Energiekvivalent ved Qmaks [kWh/m ³]; Spesifikk energiproduksjon ved kraftverkets slukeevne		
Alder på komponenter som skiftes ut		

3 Hvordan beregne tildelingsfaktoren

I avsnittene under beskrives noen av tiltakene som gir rett til elsertifikater i nærmere detalj.

3.1 Virkningsgradsforbedringer for turbin

Aktører i bransjen har mange tiårs erfaring med statistikk for teknologiutvikling og slitasjeutvikling. For turbiner av alle slag (Pelton/Francis/Kaplan) har NVE basert seg på et notat fra GE¹ for å få fram enkle modeller for beregning av teknologiutvikling og slitasje. GE overtok alle data fra Kværner slik at notatet er basert på Kværners historie. I samråd med bransjen har NVE også kommet fram til hvilken dokumentasjon som er akseptabel for å beskrive gevinst ved oppgraderinger og utvidelser av vannkraftverk.

Følgende standarder som er i bruk av bransjen vil bli akseptert:

- a) **Modelltester i henhold til IEC 60193**
- b) **Feltmålinger i henhold til IEC 60041**
- c) **Bruk av vedlagte formel**

Modelltester eller feltmålinger som grunnlag for fastsettelse av virkningsgradsøkningen er kjent og akseptert i bransjen. Begge metoder blir normalt benyttet ved oppgraderinger i forbindelse med dokumentasjon av garantiopptak.

Virkningsgradsforbedringen varierer med vannmengden som går gjennom turbinen. Derfor må det måles på minst 4 punkter for å få fram kurven mellom 20 prosent og 100 prosent av maksimum slukeevne da det er viktig at virkningsgradsforbedringen vektet etter kraftverkets kjøremønster.

Formelen gir virkningsgradsforbedringen ved utskifting av turbin/løpehjul basert på alderen til turbinen som byttes ut. Den gir ikke gevinst for økt slukeevne. Formelen vil gi liten virkningsgradsforbedring hvis utstyret som byttes ut er av nyere dato.

Slitasje

I forskrift for elsertifikater med kommentarer (§11) går det fram at utbedring på grunn av elde og slitasje ikke kvalifiserer for rett til elsertifikater. All utvidelse inkluderer elementer av vedlikehold og tiltak for å oppgradere deler som er slitt. Dette må det tas hensyn til ved beregning av tildelingsfaktor.

Formelen for slitasje skal brukes dersom en velger modelltester eller feltmålinger. Unntak fra dette er i de tilfeller der virkningsgraden fra den tiden da anlegget var nytt kan dokumenteres.

Formel for slitasje:

$$Z = 0,043X$$

Z er slitasje i prosent fra siste oppgradering og X er alder på turbinen siden siste oppgradering.

¹ ordre nr 215770, ORom 2005 -12-01

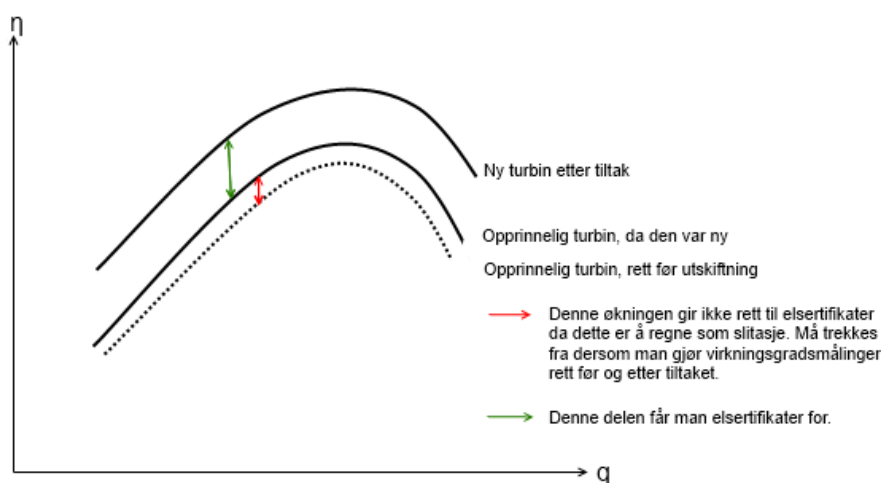
Eksempel:

Virkningsgradsmålinger av turbinen gir virkningsgrad før og etter tiltaket. Løpehjulet ble byttet ut i 2012. Det opprinnelige løpehjulet var fra 1970, men det mangler dokumentasjon på virkningsgraden fra da dette løpehjulet var nytt. Formelen for slitasje gir da:

$$X = 2012 - 1970 = 42$$

$$Z = 0,043 * X = 0,043 * 42 \sim 1,8 \%$$

For å kompensere for at noe av virkningsgradsforbedringen skyldes slitasje på løpehjulet, skal en derfor trekke 1,8 prosent fra den målte virkningsgradsforbedringen.



a) Modelltester

For større anlegg vil normalt kraftverkseier bruke modelltester. Modelltester koster i størrelsesorden 3-5 mill. kr. Modelltestene må utføres av anerkjente firmaer med dokumenterbar kompetanse. Et laboratorium bør tilfredsstillere kravene i henhold til IEC 60193 eller nyere. Levert turbin bør være likeformet (homolog) som modell-turbinen som har blitt testet i lab. I tilfeller der opprinnelig virkningsgrad fra da turbinen var ny ikke kan dokumenteres, men det foreligger dokumentasjon på oppgradert eller ny turbin, må formel for slitasje brukes til å angi fratrekk på gevinsten. Alternativt kan formel for teknologiutviklingen brukes alene (se del c om bruk av formel).

b) Feltmålinger

Feltmålinger brukes som grunnlag for fastsettelse av virkningsgradsøkningen og er en kjent og akseptert metode i bransjen. Feltmålinger koster anslagsvis mellom 30 - 300 000 kr pr. måling, avhengig av type måling som utføres. Dette kan være målinger av typen; termodynamisk, gibson, akustisk og flygel.

Målingene må utføres før og etter tiltaket, og må gjennomføres av anerkjente firmaer med dokumenterbar kompetanse som anses som tredjepart. Prisen på måling kan ligge lavere eller høyere enn NVEs anslag, og aktørene anmodes derfor om å kontakte ulike firmaer for å få en prisvurdering. Med kompetanse mener NVE personell som kan levere en målerapport i henhold til hensikten med

IEC 60041. Rapporten skal følge med søknaden og den skal inneholde en beregning av måleusikkerhet i henhold til IEC 60041. Utføres målingen etter hensikten med IEC 60041 dekkes også forhold som kalibrering av det utstyret som brukes.

Formålet med målingene er å dokumentere om økt produksjon kommer fra økning i virkningsgrad, økning i maksimal slukeevne eller begge deler. Generelt er det derfor en fordel om samme målemetode og samme utstyr benyttes for begge målingene. Det er også mulig å benytte metoder som ikke gir et mål på absolutt virkningsgrad. Disse metodene er navngitt som indeksmetoder i IEC 60041. Eksempler på indeksmetoder er Winter-Kennedy og akustisk. I tillegg kan prinsipper fra absolutte metoder benyttes for å gjøre indeks, for eksempel Gibson-måling som gjøres uten å måle areal og lengde mellom trykkuttakene. Winter-Kennedy må brukes med forsiktighet, gjerne sammen med en annen indeksmetode. Akustisk måling av vannføring bør gjøres i minst to plan à ett spor. For den akustiske metoden er det viktig å velge måletverrsnitt der oppgraderingen ikke vil gi endringer i strømningsprofilen, med lang avstand mellom måletverrsnitt og endringer i rørgemetrien. I tillegg må utstyret monteres på eksakt samme sted for målinger før og etter oppgradering. Hvis installasjonen gjøres på et egnet sted, kan akustisk måling også gjøres som en permanent installasjon som gir eier av kraftverket en god måling av vannføring. Monteres utstyret permanent kan det også gi eier av kraftverket bedre innsikt i driftsforhold.

Internasjonalt aksepteres ikke akustisk målemetode for beregning av eksakt oppnådd virkningsgrad, men standarden IEC 60041 er under revisjon og den akustiske metoden er planlagt lagt inn i den nye standarden. For NVEs beregning av elsertifikater der turbinteknologi er forbedret, gir den akustiske målemetoden tilfredsstillende resultat forutsatt utført av kompetent personell.

I de tilfellene der opprinnelig virkningsgrad ikke kan dokumenteres skal formel for slitasje brukes, se del om slitasje over.

c) **Bruk av formel**

Som nevnt innledningsvis har NVE i samråd med bransjen laget en formel som kan brukes der kraftverkseier selv prioriterer dette.

For Kaplan-, Francis- og Pelton-turbiner har NVE laget følgende enkle formel for vurdering av virkningsgradsforbedringer basert på teknologiutviklingen:

$$Y = 0,087X$$

Y er bedret virkningsgrad i prosent og X er alder da turbinen sist ble oppgradert.

Eksempel:

Er turbinen sist oppdatert i 1960 og tiltaket gjennomført i 2012 blir $X = 52$ år og $Y = 4,5$ %.

Formelen inkluderer slitasje og gir virkningsgradsforbedringen ved oppgradering av én turbin. Hvis kraftverket kun har én turbin vil dette da bli tildelingsfaktoren for anlegget.

I tilfeller hvor en ikke bytter alle turbinene i kraftverket, vil virkningsgradsforbedringen kun gjelde for deler av produksjonen. Dette må det tas høyde for ved beregning av den totale tildelingsfaktoren for anlegget.

3.2 Oppgradering av transformator eller generator

Ny hovedtransformator gir et fast påslag på ett prosentpoeng for kraftverk under 10 MW. For større kraftverk må bedret virkningsgrad dokumenteres.

Ny generator gir et fast påslag på ett prosentpoeng.

Investeringer i annen type fast utstyr i kraftverket, som gir økt virkningsgrad, kan også komme i betraktning dersom NVE finner at det er gitt tilfredsstillende dokumentasjon på dette.

3.3 Andre tiltak

Tilføres det mer vann til systemet, eller slukeevnen økes, må man gjøre simuleringer for å finne hva produksjonsøkningen er. Dette beskrives nærmere i kapittel 4. Produksjonsøkninger som følge av tiltak som økning av fallhøyde og reduksjon av falltap, vil kunne beregnes på ulike måter. Tildelingsfaktoren skal også i disse tilfeller beregnes og fremlegges med søknaden.

4 Simulering av produksjonen

Produksjonen før og etter tiltaket må i mange tilfeller simuleres for å fastsette produksjonsøkningen og dermed tildelingsfaktoren for kraftverket. Simulering av produksjonen gjøres for årene 1981-2010.

4.1 Informasjon som skal oppgis ved simulering av produksjonen:

- Type simuleringsmodell/metode
- Produksjon-vannføringskurven som er brukt før/etter tiltaket, samt virkningsgradskurvene denne kurven er basert på
- Dersom det er flere aggregater i kraftverket skal maksimal/minimal slukeevne og maksimal effekt oppgis for hvert aggregat
- Kort beskrivelse av strategi for disponering av eventuelle magasiner i modellen
- Hydrologisk grunnlag (se kap. 4.2 for mer informasjon)

4.2 Hydrologisk grunnlag

Ved simulering av produksjonen før og etter tiltaket skal som hovedregel følgende hydrologiske data legges til grunn:

1. Vannmerke (tilsigsserie)
Det må velges representativ(e) vannmerke(r). Dette skal i utgangspunktet være en av NVEs årsserier (se beskrivelse under). Vannmerket gir fordelingen av tilsiget over året i simuleringen.
2. Midlere årstilsig for kraftverket for 1961-1990
Midlere årstilsig for kraftverkets nedbørsfelt (T) finnes ved hjelp av NVEs avrenningskart. Referanseperioden i avrenningskartet er 1961-1990.
3. Skalering av midlere årstilsig fra periode 1961-1990 til 1981-2010
Midlere årstilsig (T) skaleres ved hjelp av vannmerket. Vannmerket brukes til å beregne vannmengdeendring fra 1961-1990 til 1981-2010.

$$T_{1981-2010} = T_{1961-1990} \cdot \frac{V_{1981-2010}}{V_{1961-1990}}$$

T er midlere årstilsig for simuleringen

V er midlere årstilsig for vannmerket

4. Tilsvingsvariasjon
Tilsvingsvariasjonen Q fra vannmerket i perioden 1981-2010 brukes for å representere tilsvingsvariasjonen i simuleringen. Vannmerket skaleres slik at midlere årstilsig i simuleringen tilsvarer $T_{1981-10}$.

$$Q_{simulert} = Q_{vannmerke} \cdot \frac{T_{1981-2010}}{V_{1981-2010}}$$

Q er tilsig i time/døgn/ukesoppløsning avhengig av simuleringsmetode.

I mange simuleringsmodeller gjøres trinn 3 og 4 automatisk.

NVEs årsserier består av vannføringsdata fra 82 stasjoner som brukes til å beskrive tilsiget i det norske vannkraftsystemet. Seriene går tilbake til 1958 og blir oppdatert årlig innen utgangen av august med siste års observasjoner. Seriene er tilgjengelige på NVEs nettsider:

<https://www.nve.no/hydrologi/hydrologiske-data/historiske-data/historiske-vannforingsdata-til-produksjonsplanlegging/>

Hydrologisk avdeling i NVE kan bli trukket inn ved kontroll av søkers hydrologiberegninger. Imidlertid kan avklaring om vannmerke diskuteres med Hydrologisk avdeling på forhånd. Disse 82 seriene vil ikke gjenspeile alle lokale variasjoner like godt. Om søker mener at NVEs årsserier og/eller referanseperioden i avrenningskartet ikke representerer kraftverket på en tilfredsstillende måte kan det benyttes alternative vannføringsserier med dokumentasjon som så vil bli kontrollert av NVE.

Eksempel på bruk av NVEs hydrologiske grunnlag

- a) Finner kraftverkets midlere årstilsig i avrenningskartet referert perioden 1961-1990

I dette eksempelet brukes $T_{1961-1990} = 140$ millioner $m^3/\text{år}$

- b) Velger et representativt vannmerke med målinger fra 1961-2010. Henter ut data for valgt vannmerke fra NVEs nettsider

Bruker vannmerket 26.20 Aardal i dette eksempelet

- c) Skalrer årstilsiget ($T_{1961-1990}$) med forholdet mellom periodene 1961-1990 og 1981-2010 for vannmerket

Midlere årstilsig for 1961-1990: $V_{1961-1990} = 165,1$ millioner $m^3/\text{år}$

Midlere årstilsig for 1981-2010: $V_{1981-2010} = 182,2$ millioner $m^3/\text{år}$

$$T_{1981-2010} = T_{1961-1990} \cdot \frac{V_{1981-2010}}{V_{1961-1990}} = 140 \cdot \frac{182,2}{165,1} = 154,5$$

- d) Vannmerkets fordeling over året skaleres med forholdet mellom midlere årstilig for kraftverket ($T_{1981-2010}$) og midlere årstilig vannmerke ($V_{1981-2010}$):

$$Q_{\text{simulert}} = Q_{\text{vannmerke}} \cdot \frac{T_{1981-2010}}{V_{1981-2010}} = Q_{\text{vannmerke}} \cdot \frac{154,5}{182,2} = Q_{\text{vannmerke}} \cdot 0,85$$

- e) Bruker det skalerte tallet for midlere årstilig og vannmerke inn i simuleringen og simulerer for perioden 1981-2010

5 Opprustning og utvidelse av vannkraftverk i flere trinn

I utgangspunktet anbefales det at alle tiltak som gjennomføres i et anlegg, samles i en søknad. Dette forenkler prosessen både for NVE og søker betraktelig.

Hvis søker velger å søke for ett og ett tiltak må gebyret på 60 000 kr betales for hver søknad. Et tiltak må kunne stå alene og gi en produksjonsøkning som gir rett på elsertifikater for at søknaden skal bli godkjent.