



Strømbruddet i Spania og Portugal

Vurdering av hendelsen i en norsk sammenheng

RAPPORT NR. 8 / 2026

SKREVET AV Martha Johanne Pedersen, Lars Eirik Eilifsen, Lars Ekern,
Alexander Uteng Da Silva, Sigrun Kavli Mindeberg, Jonas Bøe og Maren Refsnes Brubæk,
med bidrag fra flere.



Strømbroddet i Spania og Portugal

Vurdering av hendelsen i en norsk sammenheng

RAPPORT NR. 8 / 2026

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat og Reguleringsmyndigheten for energi
Prosjektleder: Maren Refsnes Brubæk
Prosjekteier: Eivind Aksnes Fossland
Forfattere: Martha Johanne Pedersen, Lars Eirik Eilifsen, Lars Ekern,
Alexander Uteng Da Silva, Sigrun Kavli Mindeberg, Jonas Bøe og
Maren Refsnes Brubæk, med bidrag fra flere.
Forsidefoto: Hege Bruvik Kvandal / NVE

ISBN: 978-82-410-2537-2
ISSN: 2704-0305
Saksnummer: 202514434

Sammendrag: Den 28. april 2025 skjedde det største strømbroddet i Europa på over 20 år. Hendelsen fant sted i det spanske kraftsystemet og resulterte i at hele Spania og Portugal i løpet av kort tid ble totalt mørklagt. På oppdrag fra Energidepartementet har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Reguleringsmyndigheten for energi (RME) vurdert om en lignende hendelse kan skje i Norge, og hva vi kan lære av det som skjedde.

Emneord: Drift, Forsyningssikkerhet, Frekvens, Funksjonskrav, Kraftmarked, Kraftsystem, Regelverk, Spenning, Stabilitet, Strømbrodd, Systemkollaps

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: nve@nve.no

Internett: <https://www.nve.no>

Reguleringsmyndigheten for energi

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: 22 95 95 95

E-post: rme@nve.no

Internett: <https://reguleringsmyndigheten.no>

Innholdet kan brukes videre mot kreditering.

Februar, 2026

Sammendrag

Den 28. april 2025 skjedde det største strømbuddet i Europa på over 20 år. Hendelsen fant sted i det spanske kraftsystemet og resulterte i at hele Spania og Portugal i løpet av kort tid ble totalt mørklagt. På oppdrag fra Energidepartementet har Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Reguleringsmyndigheten for energi (RME) vurdert om en lignende hendelse kan skje i Norge, og hva vi kan lære av det som skjedde.

NVE og RME vurderer at det er svært usannsynlig at en tilsvarende, landsdekkende hendelse vil kunne skje i Norge. Vurderingene våre baserer seg på hva vi vet om hendelsesforløpet, samt forskjeller i oppbygning og regulering av det norske og det spanske kraftsystemet. Den viktigste grunnen for våre vurderinger er at Norge har mange og godt distribuerte kraftverk som bidrar til frekvens- og spenningsstabilitet. Norge er også tett knyttet sammen med resten av det nordiske kraftsystemet, noe som styrker forsyningssikkerheten. Generelt stilles det strenge krav som skal sikre stabilitet, redusere sannsynligheten og omfanget av feil, og sikre gjenoppretting ved eventuelle feilhendelser.

Vi har likevel ingen garanti for at det aldri kan skje større strømbudd i Norge som følge av ustabilitet i kraftsystemet. Kraftsystemet i både Norge og Europa gjennomgår nå store endringer på kort tid, blant annet på grunn av økt fornybar kraftproduksjon og økt kraftetterspørsel. Dette gjør at det kan oppstå situasjoner som krever andre virkemidler og tiltak enn de som benyttes i dag. Det er derfor viktig at regelverk, markedsdesign og drift er basert på gjeldende kunnskap og forståelse av hvordan endringene kan påvirke kraftsystemet. Dette er kontinuerlig arbeid som både energimyndighetene og Statnett følger opp.

Med hendelsen i Spania og endringene i kraftsystemet som utgangspunkt, ser vi at det er områder som både energimyndighetene, Statnett og konsesjonærer bør ha økt oppmerksomhet på de kommende årene. Deriblant blir det viktig å:

- sikre at kraftsystemets funksjonalitet følger utviklingen i kraftsystemet
- sikre god kunnskap om hvordan tiltak i drift påvirker systemet som helhet
- teste at viktig funksjonalitet i kraftsystemet fungerer som det skal

Forutsetninger for rapporten

NVE og RME har på oppdrag fra Energidepartementet vurdert systemkollapsen på Den iberiske halvøy i en norsk sammenheng. Rapporten er basert på tilgjengelig offentlig informasjon om hendelsen per februar 2026. Det inkluderer ENTSO-E sin faktarapport¹ som ble publisert 3. oktober 2025 og den spanske systemansvarlige, Red Eléctrica, sin rapport² fra juni 2025. I tillegg har Statnett levert en rapport på bestilling fra NVE og RME. Denne informasjonen er kraftsensitiv og unntatt offentligheten etter offentleglova paragraf 13.

I henhold til europeisk regelverk skal det ved større hendelser, som strømbroddet i Spania, nedsettes et ekspertpanel som skal finne årsaker og foreslå eventuelle tiltak for å forhindre at lignende hendelser inntreffer igjen.¹ Ekspertpanelet etter hendelsen på Den iberiske halvøy ble etablert 12. mai 2025, og er forventet å levere sin endelige rapport i løpet av første kvartal 2026. Vi tar derfor forbehold om at det kan komme informasjon som NVE og RME bør vurdere når rapporten er tilgjengelig. Vi mener likevel vi har nok informasjon til å svare ut oppdraget fra Energidepartementet og publisere en rapport av offentlig interesse. Oppdraget fra departementet er først og fremst rettet mot å vurdere hendelsen i en norsk sammenheng. Dette har vi forutsetninger for å gjøre allerede nå, og vi mener at det er relevant for allmennheten å få innsikt i vurderingene våre. Ekspertpanelets sluttrapport vil inneholde konkrete tiltak for å unngå lignende hendelser. Tiltak kan også være relevante for Norge, og det vil være nødvendig for oss å gjennomgå disse når de publiseres.

Denne rapporten skal på overordnet nivå vurdere om lignende hendelser knyttet til systemstabilitet kan skje i Norge. Rapporten vurderer ikke strømbrodd som kan skyldes andre årsaker. Eksempler på andre årsaker er naturhendelser, sabotasje eller dataangrep.

Både Spania og Portugal ble rammet av hendelsen som inntraff 28. april 2025, men de utløsende hendelsene inntraff i stor grad i det spanske kraftsystemet. Vi mener derfor at det er mest relevant å sammenligne det norske og det spanske kraftsystemet.

¹ [Factual Report on the Grid Incident in Spain and Portugal on 28 April 2025](#)

² [Red Eléctrica presents its report on the incident of 28 April and proposes recommendations | Red Eléctrica](#)

Innhold

SAMMENDRAG	2
FORUTSETNINGER FOR RAPPORTEN	3
INNHold	4
1 STRØMBRUDDET I SPANIA OG PORTUGAL	5
2 KRAFTSYSTEMET ER I ENDRING	7
3 KAN EN TILSVARENDE HENDELSE SKJE I NORGE?	9
4 HVA KAN NORGE LÆRE AV HENDELSEN I SPANIA?	13
5 VEDLEGG	16

I Strømbruddet i Spania og Portugal

Mandag 28. april 2025 klokken 12:33 opplevde Spania og Portugal en total mørklegging av kraftsystemet. De mest kritiske hendelsene som førte til systemkollapsen, skjedde i løpet av kort tid. Det tok under to minutter fra de første utfallene av kraftproduksjon i Spania til hele Den iberiske halvøy var uten strøm.

Hendelsen hadde ikke én enkeltstående årsak, men skyldtes et sammenfall av flere forhold som omhandler både egenskaper ved kraftsystemet og beslutninger som ble tatt ved driften av kraftsystemet.

Hva kjennetegner et kraftsystem i balanse?

For at kraftsystemet skal fungere som det skal, må det til enhver tid være i balanse. Det betyr at det alltid må produseres like mye kraft som forbrukes. For eksempel når en sluttbruker øker sitt forbruk ved å skru på elektrisk oppvarming eller sette elbilen til lading, må produksjonen øke tilsvarende et annet sted i kraftsystemet.

I kraftsystemet er frekvensen en indikator på balansen mellom produksjon og forbruk. Hvis det produseres mer kraft enn det som forbrukes, vil frekvensen i kraftsystemet øke, og i motsatt tilfelle vil frekvensen synke. Når frekvensen ligger stabilt på 50 Hz, er systemet i balanse. I tillegg til frekvens finnes det en rekke andre egenskaper eller verdier som må holdes innenfor fastsatte grenser for å unngå overbelastning og forhindre skade på komponenter. Eksempler på dette er spenning, strøm og temperatur.

Det er systemansvarlig som har ansvar for at kraftsystemet til enhver tid er i balanse. Balansen opprettholdes gjennom ulike kraftmarkeder, reguleringer og krav til produsenter og enkelte forbrukere. I Norge er det Statnett som er systemansvarlig.

BESKRIVELSE AV HENDESESFORLØPET

Samme dag, i perioden før systemkollapsen, ble kraftsystemet driftet som normalt. Driftsbildet og produksjonsmiksen var ikke uvanlig for dagens spanske kraftsystem. Det var høy andel fornybar kraftproduksjon, lave kraftpriser og krafteksport. På formiddagen denne dagen var det en del variasjoner i spenningen i transmisjonsnettet. Den var fortsatt innenfor definerte grenseverdier.

Fra klokka 12:00 oppsto det ustabiliteter i frekvens, kraftflyt og spenning. Som en reaksjon på dette, satte systemansvarlig i Spania inn en rekke forhåndsdefinerte tiltak for å håndtere ustabilitetene. Blant annet reduserte de eksporten fra Spania til Frankrike, koblet inn ledninger i transmisjonsnettet sør i Spania, og koblet ut flere spenningsregulerende enheter. Etter at tiltakene var iverksatt begynte spenningen å stige mer enn forventet.

Økt spenning bidro til en rekke påfølgende hendelser. Flere kraftverk ble automatisk koblet ut, noe som førte til enda høyere spenning, og til at ytterligere kraftverk koblet ut. Like etter klokken 12:30 ble forbindelsene til Frankrike og Marokko automatisk koblet fra for å sikre egne kraftsystemer. Spania og Portugal var etter dette isolert fra resten av kraftsystemet i Europa og Marokko. Noen sekunder senere var hele kraftsystemet i Spania og Portugal totalt mørklagt.

MULIGE ÅRSAKER TIL HENDELSEN

Så langt er det ikke publisert informasjon som viser den fullstendige årsakssammenhengen. Vi har likevel tilgjengelig informasjon til å kunne si noe om de mest sannsynlige årsakene. Hendelsen hadde ikke én enkeltstående årsak, men skyldtes et sammenfall av flere forhold som må ses i sammenheng. Under er en oversikt over hva som til nå er løftet fram som årsaker:

- **Manglende funksjonalitet for spenningsregulering:** I Spania har det ikke vært krav om at omformerbaserte kraftverk (sol- og vindkraft) skal bidra med spenningsregulering. Før systemkollapsen var kraftproduksjonen fra omformerbaserte kraftverk høy. Da spenningen begynte å stige var det dermed en stor andel av kraftverkene som ikke kunne bidra med å regulere spenningen.
- **Manglende kunnskap om hvordan driftstiltak påvirket systemet som helhet:** Systemansvarlig i Spania gjorde tiltak i driften for å håndtere ustabilitetene som oppsto. Dette var forhåndsdefinerte tiltak for å håndtere slike ustabiliteter. Tiltakene tok trolig ikke i tilstrekkelig grad hensyn til hvordan spenningen i kraftsystemet ble påvirket.
- **Mangel på etterfølgelse av regelverk:** Flere av kraftverkene som hadde krav om å bidra med spenningsregulering, bidro ikke som systemansvarlig forventet. I Spania har det vært synkrone kraftverk (vannkraft, kjernekraft og fossile termiske kraftverk) som har krav om å bidra til spenningsregulering.
- **For tidlig utløsning av vern:** Da spenningen begynte å stige, løste overspenningsvernet til flere av kraftverkene ut, og koblet dem fra kraftsystemet. For tidlig utkobling av enkelte kraftverk kan ha bidratt til å forverre situasjonen. Det oppsto en situasjon hvor utkobling av enkelte kraftverk økte spenningen enda mer i resten av kraftsystemet, noe som igjen førte til utkobling av ytterligere kraftverk.

Hva er omformerbasert kraftproduksjon?

Omformerbasert kraftproduksjon er tilknyttet kraftsystemet gjennom kraftelektronikk. De skiller seg dermed fra synkrone kraftverk som er direkte tilknyttet kraftnettet og produserer kraft synkront med frekvensen til resten av kraftsystemet. Dette gjør at omformerbasert kraftproduksjon har andre egenskaper enn synkrone kraftverk. Eksempler på omformerbasert kraftproduksjon er solkraft og vindkraft. Andre eksempler på elektriske anlegg som tilkobles kraftsystemet via kraftelektronikk er likestrømskabler og batterilagringsystemer. Eksempler på synkrone kraftverk er vannkraft, kjernekraft og fossil termisk kraft.

2 Kraftsystemet er i endring

Kraftsystemet i Norden og Europa står midt i en omstilling med overgang fra fossil kraftproduksjon til mer fornybart, økt kraftetterspørsel i forbindelse med elektrifisering av samfunnet og annen samfunnsutvikling, og økt kraftutveksling på tvers av land. I et historisk perspektiv, er endringene som nå skjer omfattende, og de skjer raskt. Dette gjør at sentrale egenskaper ved kraftsystemet endres, og det er derfor avgjørende at aktører i kraftsystemet, regelverket og driften av kraftsystemet tilpasses disse endringene.

Sammenlignet med Norge, har Spania hatt en betydelig endring i sammensetningen av produksjonsteknologier de siste årene. Det spanske kraftsystemet har redusert andelen fossil kraftproduksjon og økt andelen fornybar kraftproduksjon. Fossil og fornybar kraftproduksjon utgjorde omtrent 40 prosent hver i 2015.³ Til sammenligning utgjorde fossil og fornybar henholdsvis omtrent 20 og 60 prosent i 2025. Resterende produksjon er kjernekraft. Vi har sett den samme utviklingen i flere andre europeiske land, og forventer en videre reduksjon av fossil kraftproduksjon og økt fornybar kraftproduksjon i Europa i årene framover. Disse endringene vil også påvirke det norske kraftsystemet gjennom forbindelsene til det nordiske og europeiske kraftsystemet.

Store endringer i produksjonssammensetning kan i seg selv være utfordrende, og det kan påvirke andre deler av kraftsystemet og behovet for å endre måten systemet driftes på. En viktig endring med hensyn til stabilitet i kraftsystemet, er at det spanske kraftsystemet har redusert andelen kraftverk som historisk har hatt krav om å bidra til spenningsregulering (synkrone kraftverk), uten å stille tilsvarende krav til en økende andel omformerbasert kraftproduksjon.

Også i det norske kraftsystemet har sammensetningen av produksjonsteknologier endret seg de siste årene. Endringene har ikke vært like omfattende som i Spania og flere andre europeiske land. I Norge har andelen fornybar kraftproduksjon ligget stabilt på rundt 98 prosent de siste 10 årene, samtidig som samlet kraftproduksjon har økt noe.⁴ Økningen skyldes i hovedsak økt kapasitet i vann- og vindkraften. Norge har fremdeles et vannkraftdominert kraftsystem, men vindkraft utgjør i dag en noe større andel av den totale kraftproduksjonen enn tidligere. I 2025 utgjorde vindkraftproduksjonen i underkant av 10 prosent, sammenlignet med 2 prosent i 2015. I samme periode har det også vært en stor vekst i vindkraftproduksjon i de nordiske nabolandene. Norge har samtidig økt utvekslingskapasiteten med andre land gjennom forbindelsene mot Tyskland og Storbritannia. Disse endringene har bidratt til mer varierende kraftpriser i Norge, og nye driftsbilder. De kommende årene forventer vi en sterk vekst i kraftforbruket, noe som vil svekke den norske kraftbalansen på kort sikt. Norge har også en ambisjon om å tilknytte store mengder

³ Data for det spanske kraftsystemet er hentet fra ENTSO-E.

⁴ Data for det norske kraftsystemet er hentet fra SSB.

havvind de neste tiårene. Dette, sammen med en forventning om mer vindkraft på land, vil øke andelen omformerbasert kraftproduksjon i det norske kraftsystemet.⁵

Ny produksjon, nytt forbruk og økt utveksling mellom land fører også til behov for utbygging og oppgradering av kraftnettet. Mer nett gjør at alt knyttes nærmere sammen elektrisk sett. Dette bidrar til økt kapasitet, fleksibilitet og systemstyrke, men gjør også at systemforstyrrelser og feil lettere spres. Parallelt med disse fysiske endringene, skjer det endringer innenfor IT-systemer og styringssystemer knyttet til driften av kraftsystemet.

Kraftsystemet kan forstås som én stor, sammenkoblet maskin. Produksjon, forbruk, kraftnett, vern, styringssystemer og markeder virker inn på hverandre hele tiden. Endringer i én del av systemet kan få konsekvenser andre steder. God forståelse og kunnskap om hvordan endringene påvirker kraftsystemet som helhet er derfor avgjørende for å opprettholde et driftssikkert kraftsystem gjennom denne omstillingen. Driftstiltak som fungerte godt for noen år siden, fungerer ikke nødvendigvis like godt i dag. Det er viktig at endringene blir fulgt opp med oppdatert regelverk, markedsdesign og tiltak i driften. Eksempler på tiltak som har blitt innført de siste årene i Norge for å tilpasse seg endringene, er beskrevet i kapittel 3.

⁵ Mer detaljer om utviklingen i det europeiske, nordiske og norske kraftsystemet fram mot 2050 kan leses i [NVEs Langsiktig kraftmarkedsanalyse 2025](#).

3 Kan en tilsvarende hendelse skje i Norge?

NVE og RME vurderer at det er svært usannsynlig at en tilsvarende, landsdekkende hendelse vil kunne skje i Norge. Vurderingen har ikke endret seg basert på hendelsen i Spania og Portugal. Vi har likevel ingen garanti for at stabilitetsutfordringer ikke kan gi større strømbrydd i Norge. Systemkollapsen er derfor en viktig påminnelse om at større strømbrydd kan skje, og at det er viktig at både aktører, regelverk og drift følger utviklingen i kraftsystemet.

Dette kapitlet forklarer hva som ligger til grunn for vurderingene våre. Det innebærer en beskrivelse av viktige egenskaper ved det norske kraftsystemet, og der det er relevant vil vi også beskrive forskjeller på det norske og spanske kraftsystemet. For mer detaljer om forskjeller på kraftsystemene, se Vedlegg.

DET NORSKE KRAFTSYSTEMET BESTÅR AV MANGE DISTRIBUERTE KRAFTVERK

I det norske kraftsystemet står vannkraftproduksjon sentralt med over 1 700 kraftverk geografisk distribuert over hele landet. Disse kraftverkene står for omtrent 90 prosent av årlig kraftproduksjon.

Her skiller Norge seg fra Spania og de fleste andre europeiske land. Historisk har andre land hatt store termiske kraftverk som har stått for en stor andel av kraftproduksjonen. Færre og mindre distribuerte kraftverk sammenlignet med det norske kraftsystemet, gir andre forutsetninger for driften av dagens system, og for fremtidens kraftsystem som må håndtere en større andel fornybar kraftproduksjon.

Den geografiske spredningen av norske kraftverk er en viktig forutsetning for flere styrker ved det norske kraftsystemet. Statnett stiller blant annet funksjonskrav til et stort antall av disse kraftverkene, noe som gjør at vi har mange kraftverk over hele landet som kan bidra til systemstabilitet. I tillegg gir distribuert kraftproduksjon bedre mulighet for separatdrift (øydrikt) i flere deler av landet.

KRAV OM FREKVENNS- OG SPENNINGSREGULERING TIL ALLE KRAFTVERK

I Norge stiller Statnett krav til hvilken funksjonalitet alle kraftprodusenter skal ha for å sikre stabiliteten til kraftsystemet. Det innebærer blant annet at alle kraftprodusenter over en størrelse på 1,5 MW skal levere spenningsregulering til kraftsystemet. Dette gjelder uavhengig av produksjonsteknologi. Statnett stiller også krav om frekvensregulering for alle produksjonsanlegg som er større enn 10 MW. Statnett fastsetter slike funksjonskrav gjennom forskrift om systemansvar (fos), med detaljerte krav fastsatt i Nasjonal veileder for funksjonskrav (NVF). Endringer av kravene skal sendes på offentlig høring og må godkjennes av RME. Statnett er også ansvarlig for å følge opp at disse kravene imøtekommes av konsesjonærer.

I Spania er det kun store synkrone kraftverk (vannkraft, kjernekraft og fossile termiske kraftverk) som har lignende krav. Det gjør at det er færre kraftverk og stor geografisk avstand mellom hvert kraftverk som kan bidra til spennings- og frekvensregulering, sammenlignet med i Norge.

MELLOMLANDSFORBINDELSER STYRKER FORSYNINGSSIKKERHETEN

Norge er tett koblet sammen med det nordiske kraftsystemet gjennom forbindelser til Sverige, Danmark og Finland. Å være tett sammenkoblet med resten av Norden gir økt fleksibilitet i balanseringen av kraftsystemet, gjennom å være del av et større kraftsystem. Dette bidrar til økt systemstabilitet og forsyningssikkerhet både i normaldrift og ved feilhendelser. De nordiske systemansvarlige samarbeider i den operative driften av kraftsystemet, og om tiltak som skal sikre stabilitet og forsyningssikkerhet. I tillegg til de nordiske forbindelsene, er Norge tilknyttet det europeiske kraftsystemet gjennom mellomlandsforbindelser til Storbritannia, Tyskland og Nederland. Til sammen har Norge en eksportkapasitet på i overkant av 9 000 MW og importkapasitet på i underkant av 9 300 MW.

Det spanske og portugisiske kraftsystemet er tett knyttet sammen gjennom flere mellomlandsforbindelser, og kan i denne sammenhengen betraktes som ett integrert system. Den iberiske halvøy er knyttet til resten av det europeiske kraftsystemet gjennom Spanias mellomlandsforbindelser til Frankrike. Disse har en samlet kapasitet på rundt 2 800 MW. Halvøyen har også forbindelser til Marokko, med samlet eksportkapasitet på 900 MW og en importkapasitet på 600 MW. I tillegg har Spania en mindre forbindelse til Andorra.

Til forskjell fra Spania, har alle landene Norge er tilknyttet, videre forbindelse til både det nordiske og europeiske kraftsystemet. Norges tette kobling til land i Norden og Europa bidrar til å styrke forsyningssikkerheten vår, og det kan bidra til raskere gjenoppretting ved en feilhendelse.

FLERE DELER AV DET NORSKE KRAFTSYSTEMET HAR EVNE TIL SEPARATDRIFT

En viktig egenskap ved det norske kraftsystemet er at vi har muligheten for separatdrift i store deler av kraftsystemet. Det betyr at hvis et område blir frakoblet fra resten av kraftsystemet, er det mulig å drifte dette området separat. Dette bidrar til at kraftsystemet i sin helhet ikke blir påvirket, og normal drift og forsyning kan opprettholdes. Dette begrenser også konsekvensene ved feil, reduserer risikoen for omfattende utfall og gjør det mulig å gjenoppbygge systemet raskere etter en hendelse. Å kunne drifte et område i separatdrift bidrar til å begrense spredningen av feil og gir et mer robust kraftsystem.

En forutsetning for separatdrift, er at det finnes kraftverk i det aktuelle området og at disse kraftverkene har riktig funksjonalitet. Sammenlignet med Spania, har Norge større mulighet for separatdrift på grunn av god geografisk distribusjon av kraftverk. Statnett har over flere år jobbet for å styrke evnen til å gå over i stabil separatdrift. Dette gjør at feil i kraftnettet i større grad kan håndteres kontrollert. Vi skriver mer om regelverk og krav for separatdrift i neste delkapittel.

Separatdrift (øydrift)

Separatområder oppstår hvis deler av nettet blir koblet fra resten av kraftsystemet og fortsetter driften som et isolert system. Et separatområde kan ha en frekvens som avviker fra resten av kraftsystemet. Separatdrift kan være planlagt eller oppstå som følge av feil eller uforutsette hendelser.

KRAV OM HVORDAN KRAFTSYSTEMET SKAL GJENOPPRETTES VED FEIL

Å gjenopprette et kraftsystem fra total mørklegging er en omfattende prosess. Gitt kompleksiteten og størrelsen på det iberiske kraftsystemet, vurderer vi at gjenopprettingen ble gjennomført relativt raskt. Etter tre timer ble flere deler av kraftsystemet driftet i separatudrift, og etter 16 timer var gjenopprettingen av hele transmisjonsnettet fullført. Gjenopprettingen av kraftsystemet på lavere spenningsnivåer var fullført etter 19 timer.

Vi vurderer at også Norge har gode forutsetninger for å kunne gjenopprette kraftsystemet etter et eventuelt strømbrydd. Det finnes gjenopprettelsesplaner for de ulike delene av landet. Disse lages av nettselskaper som skal melde inn sine gjenopprettelsesplaner til Statnett. Statnett gir retningslinjer for utarbeidelse og koordiner de ulike planene.

Et totalt mørklagt kraftsystem kan gjenopprettes på flere måter. Ofte vil tilgrensede kraftsystemer bidra til å få systemet opp igjen. En annen mulighet, er at kraftverk med svart-start-mulighet starter opp og bidrar til at resten av området gjenopprettes. Ved gjenopprettingen av det iberiske kraftsystemet var svart-start av kraftverk og forbindelsene til Frankrike og Marokko viktige.

I Norge stiller NVE krav etter kraftberedskapsforskriften om at kraftverk som er av høyere klasse (klasse 2 og 3) skal ha evne til svart-start. Dette er viktig for forsyningssikkerheten i landet. Etter det samme regelverket skal de viktigste kraftverkene (klasse 3) også kunne driftes i separatudrift. For nye anlegg, eller ved endringer i eksisterende anlegg, kan i tillegg systemansvarlig pålegge funksjonalitet for både svart-start og separatudrift, dersom de vurderer det som nødvendig. Pålegget gjøres gjennom forskrift om systemansvaret i kraftsystemet.

Svart-start

Svart-start er prosessen der et kraftverk startes opp uten tilgang på strøm fra nettet. Dette gjøres vanligvis ved hjelp av egne nødaggregater eller batterier. Slik funksjonalitet bidrar til at man kan gjenopprette strømforsyningen ved større strømbrydd.

FUNKSJONALITET SOM BESKYTTER KOMPONENTER I KRAFTSYSTEMET VED FEIL

En viktig forutsetning for å kunne gjenopprette et kraftsystem raskt etter en mørklegging, er at det ikke har oppstått skader på sentrale komponenter under hendelsen. Vår forståelse er at det var tilnærmet ingen feil eller skade på fysiske komponenter i kraftsystemet etter systemkollapsen i Spania. Dette skyldtes trolig at automatiske overspenningsvern koblet ut elektriske anlegg raskt. På én side vil hurtig utkobling av elektriske anlegg kunne forverre situasjonen under en feilhendelse, men på andre siden vil dette beskytte komponentene, noe som igjen er viktig for hurtig gjenoppretting. Det vil derfor gjerne være en avveining mellom hvor raskt overspenningsvern skal koble ut elektriske anlegg for å beskytte komponenter, mot at de belastes hardt for å opprettholde balanse i kraftsystemet så lenge som mulig.

Regelverket i Norge tar hensyn til at kraftprodusenter både skal kunne koble ut ved for eksempel overspenninger for å hindre skade på komponenter, samtidig som det stilles krav om å ikke koble ut for tidlig, slik at de bidrar til spenningsregulering. Systemansvarlig kan fatte vedtak om nødvendig funksjonalitet både for nett- og produksjonsanlegg.

TILTAK I MARKED OG DRIFT FOR Å HÅNDTERE ET KRAFTSYSTEM I ENDRING

For å tilpasse systemdriften til framtidens behov og sikre et effektivt system, gjennomføres det i dag en modernisering og automatisering av den nordiske systemdriften og kraftmarkedet.

Blant annet har de nordiske reguleringsmyndighetene vedtatt at det skal innføres nye markedsløsninger. Disse har fellesbetegnelsen ny nordisk balanseringsmodell (NBM). En viktig del av NBM er automatisering av balanseringen i regulerkraftmarkedet (mFRR EAM⁶). Fra mars 2025 gikk balanseringen fra å være en manuell vurdering av behovet for regulerkraft, til en automatisk aktivering av bud. Endringen gjør at aktivering av reserver kan skje hyppigere og balansering av systemet kan skje raskere. I 2025 gikk vi også over fra 60- til 15-minutters tidsoppløsning i engrosmarkedet. Med 15-minutters oppløsning blir det bedre samsvar mellom prognoser og faktisk forbruk og produksjon. Disse endringene har ført til en mer stabil frekvens.

Et annet tiltak, som ble gjennomført i 2022, var etableringen av et nytt nordisk marked for raske frekvensreserver (FFR). Markedet skal bidra til å støtte kraftsystemet, spesielt i perioder med lite roterende masse. De nordiske systemansvarlige har så langt ikke sett behov for å definere et minimumsnivå for roterende masse i det nordiske kraftsystemet.

REGELVERK FOR Å LÆRE AV FEIL SOM SKJER I KRAFTSYSTEMET

Det finnes både norsk og europeisk regelverk som skal sikre at feil og ekstraordinære hendelser i kraftsystemet blir grundig gjennomgått og brukt til læring. Ekspertpanelet og rapportene som ENTSO-E publiserer etter hendelsen på Den iberiske halvøy, følger av krav fra det europeiske regelverket om å lære av feil. Resultatet av denne rapporten vil kunne gi ny lærdom og synliggjøre behov for tiltak.

I Norge skal konsesjonærer rapportere alle driftsforstyrrelser til Statnett, med en analyse av årsak. For å sikre læring, har Statnett ansvar for å distribuere analyseresultater, samt utarbeide og distribuere statistikk over rapporterte driftsforstyrrelser. I tillegg skal aktører som er en del av kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO)⁷ evaluere større hendelser og bruke dem som underlag for tiltak som skal hindre at lignende hendelser gjentar seg. Aktørene skal også øve og evaluere, slik at de vedlikeholder og utvikler sin kompetanse til å håndtere ekstraordinære situasjoner.

⁶ mFRR EAM – manual Frequency Restoration Reserve Energy Activation Market er aktiveringsmarkedet for tertiærreserver, og er et felles nordisk balansemarked.

⁷ [Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon \(KBO\)](#)

4 Hva kan Norge lære av hendelsen i Spania?

Med endringene i kraftsystemet og hendelsen i Spania som utgangspunkt, vil vi beskrive relevante læringspunkter for Norge. Problemstillingene har vært kjente for NVE og RME også fra før hendelsen i Spania. Oppsummert er det viktig at det stilles riktige krav som skal sikre systemstabiliteten både i dagens og framtidens kraftsystem. Videre må det gjennomføres tester som sikrer at kravene gir den ønskede funksjonaliteten.

KRAFTVERKENES FUNKSJONALITET MÅ FØLGE UTVIKLINGEN I KRAFTSYSTEMET

I lys av pågående og forventede endringer av kraftsystemet, er det viktig at egenskaper og funksjonalitet i kraftsystemet er tilpasset disse endringene.

Følgende tiltak kan bidra til at det stilles riktige krav til elektriske anlegg:

- **Vurdere behovet for tilbakevirkende kraft for noen typer funksjonskrav.** I dag gir regelverket mulighet for å stille nye funksjonskrav til anlegg når de tilknyttes kraftsystemet, eller ved endring av eksisterende anlegg. Dette innebærer at eldre anlegg ikke kan pålegges nye funksjonskrav fortløpende. For disse anleggene gjelder kravene som var gjeldene ved tidspunktet de ble tilknyttet. Dersom en stor andel kraftverk ikke har nødvendige egenskaper for å sikre et stabilt kraftsystem, kan et tiltak være å vurdere tilbakevirkende kraft for noen typer funksjonskrav.
- **Vurdere krav om spenningsregulering for mindre kraftverk i distribusjonsnettet.** I dag stilles det ikke krav om funksjonalitet for spenningsregulering for mindre kraftverk (< 1,5 MW). I årene framover er det forventet at det kan komme en økt andel mindre kraftverk, spesielt i distribusjonsnettet. Dersom det skulle bli en storstilt utbygging av for eksempel solkraft tilknyttet distribusjonsnettet, kan disse til sammen utgjøre en stor andel av lokal kraftforsyning. Da kan det bli nødvendig å stille krav om spenningsregulering på lik linje med større kraftverk (>1,5 MW).
- **Nettiltak eller nye funksjonskrav for å sikre frekvens-, spenningsstabilitet og annen funksjonalitet i kraftsystemet.** Når vi går over til et kraftsystem med større innslag av omformerbasert kraftproduksjon, er det viktig å ha kontroll på hvordan dette påvirker frekvens-, spenningsstabilitet og annen funksjonalitet i kraftsystemet. For eksempel er kortslutningsytelse et viktig aspekt ved spenningsstabilitet. Omformerbasert produksjon leverer i utgangspunktet lavere kortslutningsstrøm enn synkrone kraftproduksjon, og dette kan blant annet påvirke spenningsstabiliteten. I tillegg kan lav kortslutningsytelse påvirke funksjonaliteten til vern. For å håndtere et kraftsystem med lavere kortslutningsytelse, kan det for eksempel gjøres tiltak i nettet, som å forsterke nettet eller installere nye typer vern, eller det kan stilles nye funksjonskrav til både omformerbaserte og synkrone kraftverk.

Det er Statnett som er ansvarlig for å kartlegge behovet for eventuelle tiltak eller endringer av funksjonskrav. Forslag om endringer av funksjonskrav skal sendes på offentlig høring og må godkjennes av RME. Enkelte endringer kan kreve forskriftsendringer og må da behandles av

Energidepartementet. For eksempel er det nødvendig med forskriftsendring hvis krav skal ha tilbakevirkende kraft.

Hva er kortslutningsytelse?

Kortslutningsytelse er et mål på evnen kraftsystemet har til å holde spenningen stabil, både i normal drift og ved driftsforstyrrelser. Det omtales gjerne som systemstyrke, og et nett kan bli beskrevet som sterkt eller svakt, ut fra om det har høy eller lav kortslutningsytelse - altså høy eller lav evne til å begrense spenningsforstyrrelser. Et godt utbygd nett, på regional- eller transmisjonsnettnivå, med kortslutningsbidrag fra roterende maskiner, vil gi et sterkt nett med høy kortslutningsytelse. Svakere nett er typisk distribusjonsnett, hvor spenningsnivået er lavere, kraftnettet er svakere, og det kan være stort spenningsfall over en kraftledning.

STATNETT MÅ HA KUNNSKAP OM HVORDAN TILTAK I DRIFT KAN PÅVIRKE KRAFTSYSTEMET SOM HELHET

Flere av tiltakene som systemansvarlig i Spania iverksatte under hendelsen var basert på tidligere erfaringer. At det spanske kraftsystemet har gjennomgått omfattende endring de siste årene kan ha ført til at disse tiltakene var mindre egnet enn tidligere.

Ved større endringer av kraftsystemet er det viktig at tiltak vurderes opp mot dagens kraftsystem og at systemansvarlig har forståelse for hvordan tiltakene kan påvirke kraftsystemet som helhet. At kraftsystemet framover har en større andel omformerbasert kraftproduksjon, mer variabel kraftproduksjon og økt utveksling mellom land, bidrar også til at det er behov for mer avanserte analyseverktøy. Statnett beskriver selv dette behovet i sin rapport om Stabilitet i et kraftsystem i endring.⁸

VIKTIG FUNKSJONALITET I KRAFTSYSTEMET MÅ TESTES

Et viktig tiltak for å sikre at viktig funksjonalitet i kraftsystemet fungerer etter kravene, er å gjennomføre tester. NVE og RME mener at vi bør ha økt oppmerksomhet på dette i de kommende årene, og blant annet bør følgende funksjonalitet testes bedre:

- **Funksjonskrav til kraftprodusenter.** I følge systemansvarlig i Spania var det kraftverk som ikke overholdt kravene til spenningsregulering, noe som bidro til høyere spenning i kraftsystemet enn systemansvarlig hadde planlagt for. Dette er en påminnelse om at det er viktig at systemansvarlig oppdaterer kravene og kontrollerer at de er oppfylt.
- **Vern og verninnstillinger.** For at ikke vern skal koble ut kraftverkene for tidlig ved spenningsubalanser, må vern ha riktige krav til verninnstillinger. Det er også nødvendig å kontrollere at kravene etterfølges, og det må gjennomføres tester ofte nok. Overgang til mer omformerbasert kraftproduksjon kan også bidra til at det er behov for annen funksjonalitet eller andre typer vern. Dette er noe Statnett følger utviklingen av. Det er

⁸ [Stabilitet i et kraftsystem i endring \(Tema rapport Statnetts Systemutviklingsplan 2023\)](#)

Statnett som stiller krav til vern, og konsesjonærene må følge disse og er ansvarlige for egne vern.

- **Svart-start hos kraftprodusenter.** Selv om mange kraftverk i dag har funksjonaliteten for svart-start i Norge, ser både NVE, RME og Statnett behov for at det oftere gjennomføres testing av svart-start. RME og NVE vil ta initiativ til økt testing av svart-start-funksjonalitet. RME kan etter søknad vurdere om det skal gis unntak fra KILE-kostnader ved test av svart-start.
- **Testing av gjenopprettingsplaner og separatdriftsområder.** Gjenopprettelsesplaner må være oppdatert og tilpasset det kraftsystemet vi til enhver tid har. I mange områder har gjenopprettingsplaner og planer for separatdrift blitt brukt ved for eksempel værhendelser eller ved tekniske feil. Det er riktignok ikke alle planer som har blitt brukt og testet. Videre viser erfaring at ikke alle planer fungerer som tiltenkt. NVE og RME vurderer derfor at disse planene bør testes i større grad. Vi vil derfor ta initiativ til at det utvikles et planprogram for gjennomføring av slike tester i samarbeid med Statnett. RME kan etter søknad vurdere om det skal gis unntak fra KILE-kostnader ved test av separatdrift.

5 Vedlegg

I dette vedlegget presenterer vi viktige forskjeller i det spanske og norske kraftsystemet. Dette omhandler både den fysiske oppbygningen av kraftsystemet, produksjonsmiksen og kraftbalansen. Når vi her omtaler det spanske kraftsystemet, henviser vi til kraftsystemet på fastlandet, ekskludert øygruppene som tilhører Spania.

Det norske kraftsystemet er en del av det nordiske synkronområdet, som betyr at kraftsystemene i Norge, Sverige, Finland og deler av Danmark er sammenkoblet og deler frekvens. Det spanske kraftsystemet er en del av det felles-europeiske kraftsystemet. Det vil si at Spania er en del av samme synkronområde og har samme frekvens som det europeiske kraftsystemet. Det nordiske og det europeiske kraftsystemet har samme frekvens (50 Hz), men de har ikke synkronisert svingsyklus. De to synkronområdene er koblet sammen gjennom flere likestrømskabler.

KRAFTPRODUKSJON OG ENDRINGER I PRODUKSJONSTEKNOLOGIER

Tabell 1 viser installert effekt og fordelingen mellom produksjonsteknologier i Norge og Spania. Norge har et vannkraftdominert kraftsystem, og en fornybarandel på 99 % av kraftproduksjonen. Spansk kraftproduksjon er i større grad diversifisert blant ulike teknologier, både fossile og fornybare. Her er fornybarandelen på 58 %.

Tabell 1 Oversikt over installert effekt i GW per produksjonsteknologi i Norge og Spania per 2025. Kilde: ENTSO-E

	NORGE		SPANIA	
Totalt installert effekt	41,7		121,9	
Vannkraft magasinkraft ⁹	27,8	66,6 %	19,2	15,7 %
Vannkraft elvekraft	7,2	17,3 %	1,2	0,9 %
Vindkraft ¹⁰	5,1	12,3 %	30,9	25,4 %
Solkraft ¹¹	0,9	2,1 %	29,0	23,8 %
Kjernekraft	-	-	7,1	5,8 %
Fossil termisk kraft ¹²	0,5	1,1 %	32,4	26,6 %
Annet ¹³	0,2	0,6 %	2,0	1,6 %

⁹ Vannkraft magasinkraft inkluderer også vannkraft med pumpekraft. Inndelingen av vannkraft (vannkraft magasinkraft, vannkraft pumpekraft, og vannkraft elvekraft) er basert på ENTSO-E sine retningslinjer. NVE kan i andre sammenhenger ha en annen inndeling av vannkraftverk.

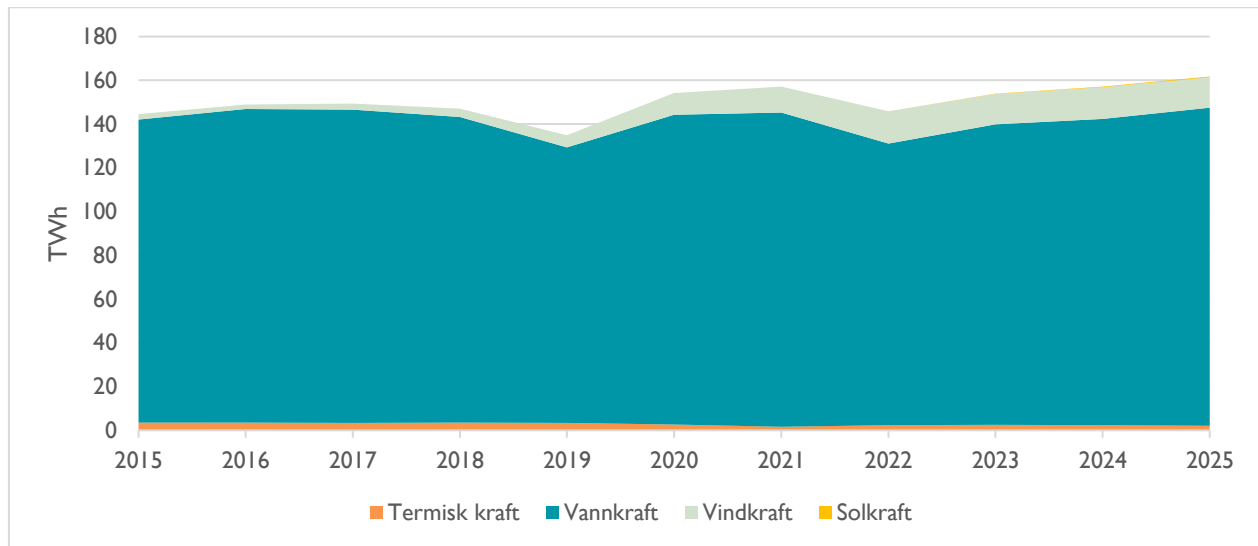
¹⁰ Vindkraft inkluderer vindkraft på land og havvind. Både i Norge og Spania utgjør vindkraft på land tilnærmet all installert effekt i denne kategorien.

¹¹ Tallet for installert solkraft i Norge er hentet fra NVEs [oversikt over solkraftanlegg i Norge](#)

¹² Fossil termisk kraft inkluderer fossil gasskraft, fossilt svartkull og fossil olje. Både i Norge og Spania utgjør fossil gasskraft tilnærmet all den installerte kapasiteten i denne kategorien.

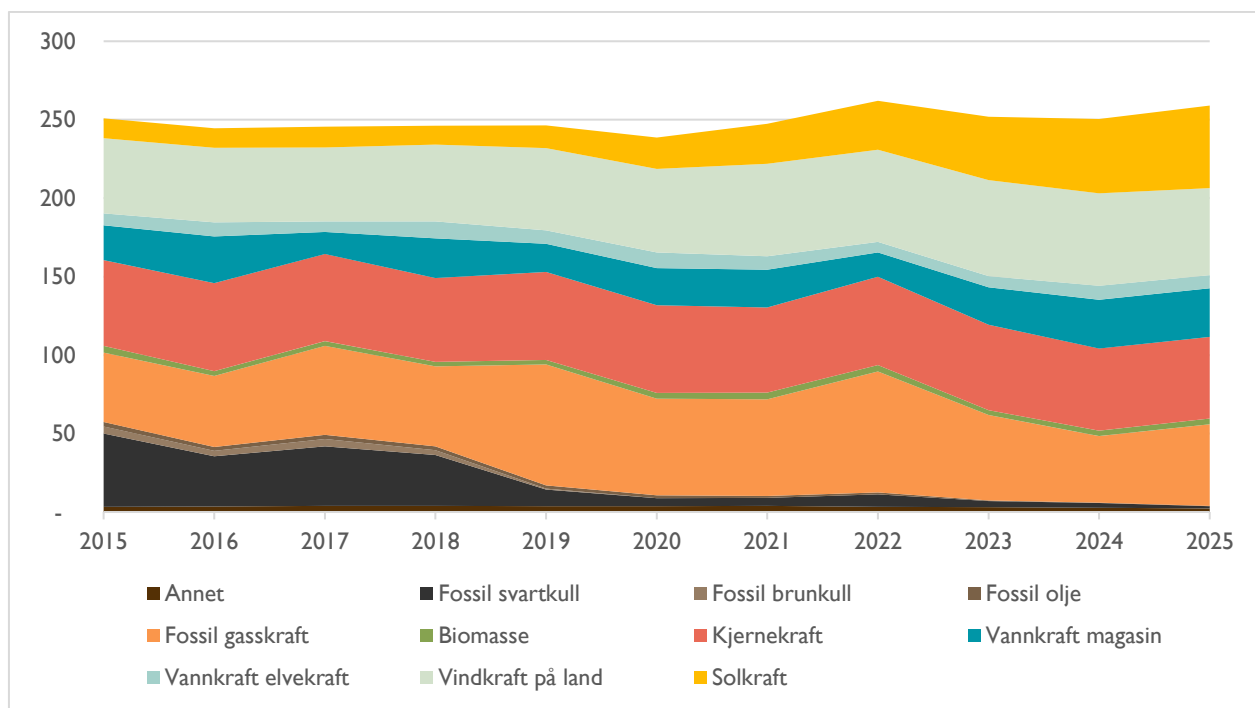
¹³ Annet er en sum av ENTSO-E sine produksjonskategorier; biomasse, avfallsforbrenning, annet fornybart og annet.

Både Norge og Spania har hatt endringer i sammensetningen av produksjonsteknologier de siste årene. Den største økningen i ny kraftproduksjon i Norge den siste tiårsperioden har kommet fra økt effekt i vindkraft (+4,5 GW) og vannkraft (+4,7 GW). Det har i tillegg vært en nedgang i fossile produksjonsteknologier den siste tiårsperioden grunnet nedleggelse av flere gasskraftverk (-0,9 GW). I figur 1 kan man se utviklingen i norsk kraftproduksjon per teknologi i perioden 2015 til 2025.



Figur 1 Historisk kraftproduksjon fra 2015 til 2025 i Norge. Kilde: SSB

Spania hadde en gradvis nedgang i årlig kraftproduksjon fra rekordåret 2008 og fram til 2020. Den siste femårsperioden har kraftproduksjonen igjen økt. Hovedårsaken til reduksjonen i kraftproduksjon var nedgang i kullkraft. Spania har i sin nasjonale energi- og klimaplan for 2021-2030 (NECP) som mål å fase ut kullkraft innen 2025. Siden 2015 har installert kapasitet i kullkraften sunket med 8,8 GW, og var per 2025 på i underkant av 2 GW. Spania har også planer om å stenge ned fire av dagens sju kjernekraftreaktorer innen 2030. Mens fossil kraftproduksjon har gått ned, har andelen fornybart økt kraftig. Siden 2020 har installert kapasitet for solkraft økt med ca. 21 GW. Årlig produksjon fra solkraft var i 2020 ca. 20 TWh og i 2025 ca. 53 TWh. Også vindkraft har hatt en sterk økning siden 2020 i installert kapasitet (+6,5 GW). I figur 2 kan man se utviklingen i spansk kraftproduksjon per teknologi i perioden 2015 til 2025.

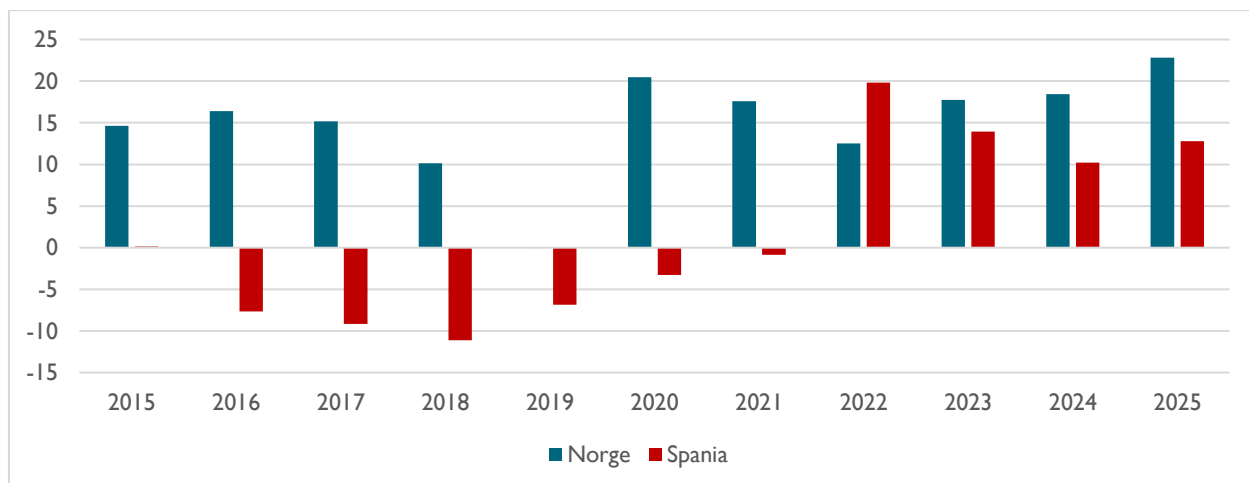


Figur 2 Historisk kraftproduksjon fra 2015 til 2025 i Spania. Kilde: ENTSO-EI¹⁴

KRAFTBALANSE OG KRAFTUTVEKSLING

Som man kan se i figur 3, har Norge hatt nettoeksport av kraft de siste ti årene, med unntak av marginal nettoimport i 2019. Disse årene har årlig nettoeksport vært mellom 10 og 23 TWh.

Mellom 2016 og 2021 hadde Spania nettoimport av kraft. Fra 2022 har derimot Spania hatt nettoeksport. Økt eksport skyldes høyere kraftoverskudd på grunn av en kombinasjon av økt kraftproduksjon og redusert kraftforbruk. I 2025 hadde Spania nettoeksport på 13 TWh.



Figur 3 Historisk nettoeksport fra 2015 til 2025 i Norge og Spania. Kilde: SSB og Red Eléctrica

¹⁴ Vannkraft magasin inkluderer også vannkraft pumpekraft. Annet inkluderer avfallsforbrenning, energilager, annet og annet fornybart.



Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0310 Oslo

Telefon: (+47) 22 95 95 95

<https://www.nve.no>