

■ [www.sintef.no](http://www.sintef.no) ■

**SINTEF Energiforskning AS**

Postadresse: 7465 Trondheim  
Resepsjon: Sem Sælands vei 11  
Telefon: 73 59 72 00  
Telefaks: 73 59 72 50

www.energy.sintef.no

Foretaksregisteret:  
NO 939 350 675 MVA

# TEKNISK RAPPORT

SAK/OPPGAVE (tittel)

Nettilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon– en forstudie

SAKSBEARBEIDER(E)

Anngjerd Pleyrn, Olve Mogstad

*Anngjerd Pleyrn Olve Mogstad*

OPPDRAKSGIVER(E)

Norges forskningsråd; SINTEF Energiforskning AS

TR NR.

TR A5607

DATO

2002-01-07

OPPDRAKSGIVER(E)S REF.

Hans Otto Haaland; Petter Støa

PROSJEKTNR.

12x188

ELEKTRONISK ARKIVKODE

020107AP144411

PROSJEKTANSVARLIG (NAVN, SIGN.)

Einar Jordanger *Einar Jordanger*

GRADERING

Åpen

ISBN NR.

82-594-2265-4

RAPPORTTYPE

1, 3, 6

FORSKNINGSSJEF (NAVN, SIGN.)

*for* Petter Støa *Støa*

OPPLAG

73

SIDER

40

AVDELING

Energisystemer

BESØKSADRESSE

Sem Sælands vei 11

LOKAL TELEFAKS

73 59 72 50

RESULTAT (sammendrag)

Det vil være nødvendig å senke barrierene for å få tatt distribuerte energikilder i bruk for å få til en økt utnyttelse av slike energikilder i Norge. For å oppnå dette vil det være nødvendig med en relativt omfattende FoU-innsats på området.

Tilgjengelige norske og internasjonale retningslinjer og tekniske krav med hensyn til nettilknytning av distribuerte energikilder er gjennomgått med tanke på å avdekke behov for videre FoU-innsats. Det er også foretatt en begrenset spørreundersøkelse blant norske nettselskaper som har distribuerte enheter i sine nett.

Resultatet av arbeidet i forstudien er at hovedfokus for videre FoU-innsats er dreid bort fra å etablere retningslinjer for tekniske krav i forbindelse med nettilknytning. Det gjenstår noe verifikasjonsarbeid for å undersøke anvendeligheten av de internasjonale og nettselskapsspesifikke retningslinjene som foreligger, men for nettselskapene må hovedfokus være på følgende to områder:

- Hvordan vil store konsentrasjoner av distribuerte produksjonsenheter tilknyttet samme nett påvirke spenningskvalitet og leveringspålitelighet i disse nettene?
- Hvordan skal nettselskapene kunne nyttiggjøre seg distribuerte produksjonsenheter i sine nett?

Et nordisk prosjekt (Finland, Sverige og Norge) som vil ta tak i akkurat disse problemstillingene er under etablering. Aktuelle utførende institusjoner er VTT og Technobothnia fra Finland, Vattenfall Utväckling AB og Lunds Tekniske Högskole fra Sverige samt SINTEF Energiforskning AS og NTNU i Norge. Styringsgruppen vil bestå av representanter fra Finergy, Elforsk og EBL Kompetanse samt andre finansierende institusjoner og bedrifter. Merinova, et finsk selskap, er tiltenkt organisatorisk prosjektledelse.

## STIKKORD

EGENVALGTE	Distribuerte energikilder	Fordelingsnett
	Nettilknytning	FoU-innsats

## INNHOLDSFORTEGNELSE

	Side
1 INNLEDNING .....	3
2 EKSISTERENDE RETNINGSLINJER OG NORMER .....	4
2.1 Norske normer og retningslinjer .....	4
2.2 Internasjonale normer og retningslinjer .....	7
3 ERFARINGER MED DISTRIBUERT ELEKTRISITETSPRODUKSJON TILKNYTTET NETTET I NORGE .....	11
3.1 Spørreundersøkelse .....	11
3.1.1 Spørsmål til nettselskapene .....	11
3.1.2 Oppsummering av besvarelsene .....	12
3.2 Konklusjoner .....	14
4 ARBEID I CIRED WG04 .....	15
5 NORDISK SAMARBEID .....	16
5.1 CODGUNet, et felles nordisk prosjekt? .....	16
5.2 Symposium om Distributed Generation ved KTH .....	17
5.2.1 Innledning .....	17
5.2.2 Drivende krefter .....	18
5.2.3 Barrierer .....	18
5.2.4 Teknologi .....	19
5.2.5 Kommentarer .....	21
6 BEHOV FOR FOU I TILKNYTNING TIL EMNET .....	22
6.1 Videre prosjektarbeid i instituttsektoren .....	22
6.2 Mulige tema for doktorgradsarbeid .....	23
6.2.1 Kraftelektronikkomformere .....	23
6.2.2 Samkjøring, styring og regulering i nett med distribuert produksjon .....	24
7 REFERANSER .....	27
VEDLEGG 1 .....	28
VEDLEGG 2 .....	30
VEDLEGG 3 .....	33

## 1 INNLEDNING

I 2000 ble det gjennomført et forprosjekt med tittel ”Integrering av nye distribuerte energikilder” i regi av Norges forskningsråd. Bakgrunnen for prosjektet er en tro på at noe av det misforholdet en ser mellom tilbud og etterspørsel i kraftmarkedet kan løses ved å ta i bruk lokale, distribuerte ressurser. Dette kan være både fornybare ressurser og ikke-fornybare kilder. Det vil være nødvendig å integrere slike småskala energikilder med det allerede eksisterende energisystemet. I Norge domineres det stasjonære energisystemet av elektrisitetssystemet, og det vil i stor grad være nødvendig å integrere nye energikilder med det eksisterende elektrisitetsnett. Forprosjektet i 2000 resulterte i fire separate prosjektforslag, hvorav ett med tittel ”Nettilknytning av distribuerte energikilder”. Dette forslaget var fremmet for å ivareta det forskningsbehov en mente var til stede i forbindelse med integrasjon av småskala produksjonsenheter i fordelingsnettet. Slik integrasjon kan ikke gå på bekostning av den personsikkerheten og leveringskvaliteten en allerede har opparbeidet i dagens fordelingsnett, og det vil være hensiktsmessig for nettselskapene å ha tilgjengelig et sett retningslinjer som tar hånd om de tekniske krav som må stilles til nett og produksjonsenhet ved nettilknytning av distribuerte enheter. Målet må være at tilknytningsprosessen skal gå så ”smertefritt” som mulig både for eieren av den lokale enheten og for nettselskapet.

Nettselskapet kan ha flere fordeler ved å ha lokal produksjon tilknyttet sitt nett. Dette kan være alt fra bedring av spenningsprofil og reduserte tap til økt utnyttelse av nettet og reduserte KILE-kostnader. I dag synes det som om mange nettselskaper kun ser de negative konsekvensene med lokal produksjon tilknyttet nettet, og at dette medvirker til en noe restriktiv holdning overfor eiere som ønsker å knytte lokal produksjon til nettet. Dette skaper barrierer som bidrar til å hindre at lokal produksjon blir tatt i bruk i større grad, selv om det mest sannsynlig er økonomiske årsaker som er hovedgrunnen til at distribuert produksjon har så liten utbredelse i Norge i dag.

Det er allerede gjort en del arbeid på området nettilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon, og det foreligger både norske og internasjonale publikasjoner på området. For å kunne sette FoU-ressursene inn på de rette stedene er det gjennomført en forstudie som er beskrevet i denne rapporten. Hovedmålet med forstudien har vært å skaffe oversikt over fagområdet nasjonalt og internasjonalt for å berede grunnen for en målrettet FoU-innsats.

Norske og internasjonale retningslinjer og andre publikasjoner er gjennomgått, og en oppsummering er gitt i kapittel 2. Videre er det samlet inn erfaringer fra noen norske nettselskaper som har distribuert produksjon i sine nett. En oppsummering av en enkel spørreundersøkelse er gjengitt i kapittel 3. Internasjonalt arbeid på området er dekket i kapitlene 4 og 5, mens kapittel 6 fokuserer på videre FoU-arbeid. Det er her gjort rede for mulig videre arbeid innenfor instituttsektoren, og også gitt forslag til tema for doktorgradsarbeider på området.

## 2 EKSISTERENDE RETNINGSLINJER OG NORMER

### 2.1 NORSKE NORMER OG RETNINGSLINJER

Det gjøres her rede for de norske retningslinjer for tilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon en har klart å få oversikt over. Det var i utgangspunktet mest interessant å se på tekniske krav i forbindelse med slik tilknytning, men det er også redegjort for retningslinjer som dekker økonomiske forhold der disse finnes.

Det eksisterer ingen bindende nasjonale normer eller retningslinjer som spesifikt behandler tekniske krav i forbindelse med nettilknytning av distribuert produksjon. Enkelte områder som for eksempel leveringskvalitet i nettet, er dekket gjennom europeiske standarder som også gjelder som norsk standard. Disse standardene er imidlertid helt generelle og tar ikke spesielt hensyn til fordelingsnett med tilkoblede produksjonsenheter, og sier ikke noe om hvilke krav en må stille til produksjonsenheter for at for eksempel leveringskvaliteten i nettet skal være som beskrevet i standarden. I tillegg til disse generelle standardene gjelder selvsagt norske forskrifter for distribuerte produksjonsanlegg så vel som for andre anlegg, men forskriftene dekker i hovedsak sikkerhetsforanstaltninger, og sier ikke så mye om andre forhold som angår driften av nettet.

Det finnes imidlertid noen nasjonale retningslinjer som dekker deler av området og som er å anse som veiledende. De mest direkte av disse er ”**Retningslinjer ved tilknytning av vindkraftverk**” [3]. Disse retningslinjene tar i all hovedsak for seg dimensjoneringen av selve tilkoblingen fra vindkraftverket til fellespunktet med fordelingsnettet, og går i mindre grad inn på forhold som angår det øvrige nettet. Det er kun sett på tilkobling til høyspennings fordelingsnett. Det tas hensyn til termisk grenselast for komponenter, tapsforhold og økonomisk dimensjonering, langsomme spenningsvariasjoner, flimmer, spenningsdip og injeksjon av overharmonisk strøm. Alle parametre som beskriver spenningskvaliteten i nettet er referert til første fellespunkt (PCC – point of common coupling). Stabilitetsforhold i forbindelse med vindkraftverk er ikke direkte behandlet i retningslinjene, men det er gitt referanser til relevant litteratur. Retningslinjene er som navnet tilsier i første rekke tilpasset vindkraftverk, og et viktig moment som kommer klart fram er at en må ta hensyn til produksjonsenhetens karakteristika ved vurdering av tilknytning til nettet. Det vil derfor kreves noe videre bearbeiding for at disse retningslinjene kan benyttes også for andre typer produksjonsenheter. Det burde også vært sett på forhold på nettsiden av PCC.

EBL Kompetanse har også utarbeidet **retningslinjer som omfatter krav til leveringskvalitet**. Disse finnes som en del av ”KILE – EBL Kompetanse sin kontraktsmeny” [7], og kan tas i bruk av nettselskaper som måtte ønske det. I følge Energilovsforskriften §3-7 b) Leveringskvalitet, skal konsesjonæren kunne tilby kunden den leveringskvalitet som er fastsatt i normer gitt av NVE. NVE har imidlertid ikke fastsatt noen slike normer hittil, og det har gitt nettselskapene mulighet til å stille krav med hensyn til leveringskvalitet slik at de kan oppfylle europeiske normer på området (i all hovedsak EN 50 160 [8]). I retningslinjene fra EBL Kompetanse er det gitt krav både til levert kvalitet fra nettselskapet, krav til kunder som tilknytter last og krav til kunder som tilknytter produksjonsenheter. Bare denne siste delen blir omtalt her. Kravene omfatter frekvens, spenningsnivå (langtidsvariasjoner), spenningsdip ved inn- og utkobling, vernbestykning,

injeksjon av overharmoniske strømmer, produksjon av reaktiv effekt, maksimal generatorstørrelse og jording av produksjonsanlegget. Avbruddsforhold er ikke omtalt i disse retningslinjene, men både høy- og lavspennings fordelingsnett omfattes av dem. Retningslinjene vil være et tillegg til ”Standard vilkår for tilknytning, nettleie og levering av elektrisk kraft”. Alle krav er referert til tilknytningspunktet (PCC). Kravene er for det meste klare og er greit fremstilt, men når det gjelder krav til utkobling og utkoblingstider ved feil går det ikke klart fram om dette kun gjelder ved feil på produksjonsenheter eller om det også gjelder ved feil i det nettet produksjonsenheter er tilkoblet. Det sies ikke noe klart om øydrift kan tillates eller ikke.

På nasjonalt nivå foreligger også forskrift fra NVE om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsrammer for nettvirksomheten og tariff [9]. I denne forskriften finner en grunnlag for å kreve anleggsbidrag fra eiere av lokale produksjonsenheter for å dekke tilpasninger/utbygging av nettet i forbindelse med tilkobling av produksjonsenheter.

Ut over de nevnte publikasjonene er det ikke funnet flere relevante retningslinjer eller normer på nasjonalt nivå. Imidlertid er det flere nettselskaper som benytter egne retningslinjer og kontrakter i forbindelse med tilknytning av lokale produksjonsenheter. En oversikt over disse med korte kommentarer til de retningslinjer en har hatt tilgang til er gitt i det etterfølgende.

#### Gauldal Energi

Det er utarbeidet egne forskrifter for tilknytning av distribuert produksjon. Disse forskriftene har ikke vært tilgjengelige for prosjektet, men en mal for avtale mellom nettselskapet og eiere av lokale produksjonsenheter har vært tilgjengelig. Denne avtalen fokuserer mest på økonomiske og avregningsmessige forhold. På den tekniske siden er det stilt krav om at installasjoner til enhver til skal tilfredsstille gjeldende norske forskrifter.

#### Viken Energinett

Benytter de retningslinjer og krav til elkvalitet som er gitt i EBL Kompetanses kontraktsmeny.

#### Østnett

Østnett har utarbeidet egne retningslinjer [11,12]. Det finnes separate retningslinjer for høyspennings- og lavspennings fordelingsnett, samt for nett med høyere spenningsnivåer. Disse siste retningslinjene sier bare at tilknytning på høyere spenningsnivåer som regel omfatter så store og kompliserte prosjekter at hvert enkelt prosjekt må vurderes grundig hver for seg. Retningslinjene for fordelingsnettet (både høyspenning og lavspenning) synes å dekke alle aktuelle parametre og synes stort sett utfyllende. Det savnes imidlertid referanser til produksjonsenheter tilkoblet nettet via kraftelektronikkomformere. Retningslinjene er basert på studier av tilsvarende retningslinjer fra Danmark, Sverige, Nederland og Tyskland. Det eksisterer en fyldig rapport som gir begrunnelser og bakgrunn for de enkelte krav [10].

### Troms Kraft Nett

Troms Kraft Nett har egentlig ikke noen egne retningslinjer for nettilknytning av distribuert produksjon, men har som et generelt krav til produksjonsenheter i lavspenningsnettet at de ikke skal mate effekt inn på nettet. Nettilkoblingen i en slik installasjon vil da utelukkende være for opprettholdelse av stabil drift av den lokale enheten og for at kunden skal kunne importere energi ved behov.

### Lyse Kraft Nett

Lyse Kraft Nett har egne retningslinjer for tilkobling av produksjonsenheter til fordelingsnettet (0,23 – 22 kV). Disse retningslinjene dekker områdene vern, spenningsnivå, reaktiv effekt, maksimal generatorstørrelse, spenningskvalitet og jording. For noen av områdene er det bare sagt at nettselskapet kan stille krav, mens det for andre områder er gitt spesifikke krav.

### BKK

BKK har et notat som gjelder som veiledning ved håndtering av tilknytningsforespørsler. Dette notatet er i første rekke en beskrivelse av prosessen fram til godkjenning samt kostnads- og ansvarsfordeling, måling og tariffing. På teknisk side stilles det generelt krav om at produksjonsenheten skal frakobles ved bortfall av nettspenningen, og at gjeninnkobling ikke skal kunne skje før nettet igjen er stabilt. Det stilles også krav om at lokale produksjonsenheter ikke må forstyrre nettdriften eller andre kunder, uten at det er sagt noe mer spesifikt om hvordan dette kan oppnås.

I en avtale med en eier av lokal kraftproduksjon er det åpnet for øydrift, dvs. forsyning av et avgrenset område av fordelingsnettet, under spesielle forsyningssituasjoner. Dette er noe flere nettselskaper burde forfølge, med tanke på å utnytte distribuert produksjon til egen fordel.

### Østfold Energi Nett

Østfold Energi Nett er i ferd med å utarbeide retningslinjer for tilknytning av distribuerte produksjonsenheter i lavspenningsnettet. Har ikke retningslinjer for tilknytning til høyspenningsfordelingsnett.

### Nord-Trøndelag Everk

NTE har egne avtaler for tilknytning av lokale produksjonsenheter. Det finnes en avtale for enheter mindre enn 100 kW og en for enheter med effekt opp til 1 MW. Disse avtalene har ikke vært tilgjengelige for prosjektet. Det er imidlertid opplyst om at det ved synkrongeneratorer stilles krav til vern mot kortslutning og overstrøm, over- og underspenning samt over- og underfrekvens. Dersom det nyttes asynkrongenerator stilles det ingen krav. Tilknytning via kraftelektronikkomformere er det ikke sagt noe om.

Som en kan se av det ovenstående er det allerede gjort en god del arbeid i forhold til nettilknytning av distribuerte produksjonsenheter rundt omkring i Norge. Det som mangler synes å være å samle det eksisterende materialet, få verifisert at det er riktige og oppfyllebare krav og omsette dem til et sett nasjonale retningslinjer felles for alle nettselskaper. I et slikt arbeid synes det riktig å ta utgangspunkt i det arbeidet som er gjort med retningslinjer for tilknytning av

vindkraft samt de retningslinjer som er i bruk hos Østnett. De sistnevnte er de mest dekkende av de retningslinjer som er gjennomgått.

## **2.2 INTERNASJONALE NORMER OG RETNINGSLINJER**

I dette avsnittet redegjøres det for et utvalg internasjonale normer og retningslinjer som har relevans for tilknytning av distribuert produksjon til fordelingsnettet. Oversikten dekker ikke alle eksisterende normer og retningslinjer internasjonalt, utvalget er stort sett basert på tilgjengelighet, og i noen grad på viktighet.

På samme måte som på nasjonalt nivå finnes det ingen felles internasjonal standard som spesifikt dekker tilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon til nettet, men det arbeides aktivt med slike standarder på flere fronter. IEC (International Electrotechnical Commission) har en serie standarder med hovednummer 61xxx som dekker de fleste områder innenfor EMC og spenningskvalitet. Disse standardene vil komme til anvendelse også for nett og utstyr i forbindelse med distribuert produksjon, men ingen av dem dekker i dag dette spesifikt. Blant de som kommer nærmest en spesifikk dekning av distribuert produksjon er standarden IEC 61400 med tittel "Wind turbine generator systems – Part 21: Measurements and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines". Denne har som hovedområde målemetoder for karakterisering av vindkraftverk og stiller for så vidt ikke krav til produksjonsenhets selv.

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) utarbeidet på 1980-tallet standarden ANSI/IEEE Std. 1001-1998, "IEEE Guide for Interfacing Dispersed Storage and Generation facilities with Electric Utility Systems". Denne standarden tok opp basistemaer som leveringskvalitet, vern og personsikkerhet. Dokumentet er ikke lenger virksomt, og IEEE har satt ned en bredt sammensatt gruppe som arbeider med standarden P1547 "Standard for Distributed Resources Interconnected with Electric Power Systems". Standarden er ventet ferdig tidlig i 2002. Den vil i første rekke være veiledende og ment for USA, men den vil ganske sikkert påvirke øvrig standardiseringsarbeid på området. Det har ikke vært mulig å få tilgjengelig noe utkast til denne standarden for gjennomsyn.

I tillegg til P1547 har IEEE en standard for tilkobling av solcelleanlegg til nettet, Std. 929 "Recommended practice for utility interface of PV", og en standard for emisjon av harmoniske strømmer, Std. 519-1992, "Recommended practices and requirements for harmonic control in electric power systems".

CENELEC, den europeiske standardiseringsorganisasjonen på elektrosida, har i tillegg til 61xxx serien som er identisk med IEC-standardene, europasnormen EN 50 160. Denne har på norsk tittelen "Spenningskarakteristikker for elenergi fra offentlige fordelingsnett" [8]. Denne vil gi rammer for hva som tolereres av forstyrrelse i offentlige nett på grunn av lokale produksjonsenheter. Det finnes også en europeisk standard EN 50081 "Electromagnetic compatibility- Generic emission standard" og EN 50082 "Electromagnetic compatibility – Generic immunity standard" som gir grenser for hva utstyr kan sende ut (emission) og skal tåle (immunity) av forstyrrelser. Disse vil i prinsippet også gjelde for nett og utstyr ved distribuert produksjon.



En arbeidsgruppe i CIRED (se kapittel 4), har utarbeidet et utkast til rapport kalt "Electrical interface for domestic generation. Requirements for grid connection for microgeneration systems for domestic use up to 16 A per phase". Denne vil bli overlatt CENELEC for videre bearbeiding fram mot en standard. Det foreløpige dokumentet inneholder krav i forbindelse med sikkerhet, vern, spenningskvalitet og driftsmessige forhold. Det er også tatt inn et kapittel om "Commissioning" som tar for seg prosessen fra søknad til godkjenning av nettilknytning av små co-genereringsenheter i husinstallasjoner. I tillegg er typesertifisering av det elektriske grensesnittet mellom husinstallasjoner med produksjon og nettet behandlet. Siden dette er en standard som retter seg mot produksjon i installasjoner drevet av mennesker uten fagkunnskap, har det vært nødvendig å tenke ekstra mye på sikkerhet og samtidig gjøre dokumentet og de virkemidler det beskriver så enkle som mulig.

Selv om det foreløpig ikke finnes felles internasjonale normer som spesifikt stiller krav til produksjonsenheter ved tilkobling til fordelingsnettet, har mange land utarbeidet egne publikasjoner og retningslinjer. I tabell 1 nedenfor er det gitt en oversikt over et utvalg publikasjoner. Noen av disse er nærmere omtalt.

Tabell 1 Oversikt over retningslinjer for nettilknytning av lokal elektrisitetsproduksjon

Land	Tittel på publikasjon
Sverige	AMP (1999) Anslutning av mindre produktionsanläggningar til elnettet
Danmark	DEFU KR 111 (1998) Tilslutning af vindturbiner til lav- og mellem-spændingsnet
Nederland	Technical terms of connection to the public network for local production units (dekker høyspennings fordelingsnett) (1994)
Nederland	Supplementary conditions for decentralized generators. Low-voltage level. (1997)
Tyskland	Richtlinie Eigenerzeugungsanlagen am Mittelspannungsnetz (1998)
Tyskland	Richtlinie Eigenerzeugungsanlagen am Niederspannungsnetz (2001)
Texas, USA	Distributed Generation Interconnection Manual (2001)
Texas, USA	Substantive Rules – Chapter 25, Subchapter C, Division 2. §25.211 Interconnection of On-Site Distributed Generation §25.212 Technical Requirements for Interconnection and Parallel Operation of On-Site Distributed Generation
New York, USA	Standardized Interconnection Requirements, Application Process, Contract & Application Forms for New Distributed Generators, 300 kVA or Less, Connected in Parallel with Radial Distribution Lines (2001)
Ohio, USA	Uniform Electric Interconnection Standards (2001)
New Jersey, USA	Interim Net Metering, Safety and Power Quality Standards for Wind and Solar PV Systems. (2001)
Vermont, USA	Requirements common to applications up to 15 kW (1999)

De amerikanske retningslinjene som er gjennomgått har som utgangspunkt å senke barrierer for å få tatt distribuert elektrisitetsproduksjon i bruk. En ønsker å sikre den enkelte eier en enklest mulig prosess fram mot nettilknytning og drift av sin produksjonsenhet. Det er lagt vekt på at alle

nettselskaper innenfor en og samme stat skal ha tilnærmet samme behandlingsprosedyre for søknader om tilknytning, hovedsakelig for å unngå diskriminering av noe slag. Det er derfor lagt mye vekt på rutiner og prosesser i tillegg til de rene tekniske krav som må stilles i forbindelse med tilknytning av små produksjonsenheter til fordelingsnettet. Texas synes å være den staten som har kommet lengst. Der er det utarbeidet en grei og enkel manual som er ment å skulle brukes både av nettselskapets saksbehandlere og av den som søker om tilknytning. Denne manualen tar også for seg hva nettselskapet kan vinne ved å tilknytte distribuert produksjon og hvilken risiko det medfører. De tekniske og økonomiske/juridiske kravene er utgitt som egne regler av Public Utility Commission of Texas (PUCT).

Staten New York har også kommet langt i å utstede regler og forslag til behandlingsprosedyrer. Det foreligger også utkast til et komplett sett avtaler mellom berørte parter i en tilknytningssak.

De tekniske kravene er selvsagt tilpasset nettutformingen i den aktuelle staten, men mye av dette vil med noe tilpasning kunne benyttes også i Norge. Norske nettselskaper kan også ha stor nytte av de forslag til behandlingsprosedyrer og kontrakter som foreligger.

Nederland har hatt retningslinjer og krav i forbindelse med nettilknytning av distribuerte produksjonsenheter i relativt lang tid, fra 1983 og 1984 for henholdsvis lavspenningsnett og høyspenningsnett. Dagens gjeldende retningslinjer er tillegg til og videreutviklinger av de tidligste retningslinjene. Retningslinjene definerer normal drift basert på spenning og frekvens. Det stilles krav til hva produksjonsenheter skal kunne levere i normal drift. Det er også stilt krav til type respons og responstider ved ulike forstyrrelser i det nettet enheten er koblet til. Det stilles også krav om at enhetene (innen for visse grenser) skal ta del i primærreguleringen i kraftsystemet. Nettselskap og eier av enheten skal være enige om nøytralt punktsbehandlingen for det lokale produksjonsanlegget, og koordinere releplaner. Ukontrollert øydrift tillates ikke. Det stilles krav med hensyn til kortslutningseffekt, og i forhold til spenningskvalitet. Primært gjelder dette flimmer og overharmoniske strømmer/spenninger. De nederlandske retningslinjene sier også at det skal utføres tester (der det er mulig) for å vise at anlegget følger de gitte retningslinjene. Når tester ikke er mulige skal verifikasjon skje ved hjelp av beregninger og feilrapportering. Retningslinjene både for høy- og lavspennings fordelingsnett stiller i utgangspunktet krav til enkeltenheter og ser ikke på hvordan store konsentrasjoner av små generatorer påvirker nettet. I slike situasjoner anbefales separate analyser. Også stoffet i de nederlandske retningslinjene er aktuelt for norske forhold. Det er allerede blitt benyttet som bakgrunnsmateriale for noen av de retningslinjene norske nettselskaper selv har etablert.

Sveriges El Leverantörer har utgitt publikasjonen ”AMP, Anslutning av mindre produksjonsanlegg til elnätet”. Denne er i hovedsak fokusert på tilkobling av vindkraft, men også tilkobling av solcelleanlegg til nettet er behandlet. Retningslinjene som er utarbeidet med tanke på vindkraftverk kan også benyttes for små vannkraftverk, men den delen som omhandler flicker vil da være mindre aktuell. Retningslinjene omhandler følgende tema: spenningskvalitet, fasekompensering og spenningsnivå, vern, jording samt tilknytningsform og måling. De norske ”Retningslinjer for tilkobling av vindkraftverk” inneholder mye av det samme som disse svenske retningslinjene.

I Danmark har DEFU gitt ut rapporten "Tilslutning af vindmøller til lav- og mellemspændings-net". Formålet med denne rapporten er å gi anbefalinger for vindmøller og nett slik at normer for spenningskvalitet og leveringssikkerhet kan overholdes. Anbefalingene tar for seg områdene maksimal produksjon av aktiv effekt, fasekompensering, innkoblingsstrømmer, flimmer og hurtige spenningsvariasjoner, maksimal stasjonær spenningsstigning, injeksjon av overharmoniske strømmer samt vernbestykning. Disse anbefalingene ligner mye på de tilsvarende svenske og norske retningslinjene.

Som en kan se av det ovenstående er det også i internasjonal sammenheng et høyt aktivitetsnivå på området "Nettilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon". Mange land har allerede retningslinjer for slik tilknytning, og de internasjonale standardiseringsorganisasjonene er i gang eller i ferd med å starte opp arbeid på området. Norge vil ha god nytte av det som er gjort og vil bli gjort internasjonalt. Eventuelle europeiske standarder (CENELEC) vil også bli norsk standard.

### **3      ERFARINGER MED DISTRIBUERT ELEKTRISITETS- PRODUKSJON TILKNYTTET NETTET I NORGE**

I følge OED [4] var den samlede installerte effekt i Norge 60 MW for vannkraftverk med størrelse under 1 MW, fordelt på 300 verk i 1999. 170 av disse var mindre enn 100 kW. NVE opplyser at det er blitt tilknyttet totalt 13 MW fordelt på 65 vannkraftverk i perioden 1996 - 2000 i Norge. Pr desember 1999 er det installert 23 vindturbiner med en samlet effekt på 13 MW. Her er det gitt flere nye konsesjoner. Gass utnyttes i meget begrenset grad til elproduksjon i Fastlands-Norge. Med unntak for vindkraftverk og mini/mikro vannkraftverk viser dette at det er liten utbygging av distribuert elektrisitetsproduksjon i Norge for tiden.

#### **3.1      SPØRREUNDERSØKELSE**

Gjennom en begrenset spørreundersøkelse er det hentet inn en del opplysninger om hvordan tilknytning av energikilder i lav- og høyspennings fordelingsnett håndteres i dag. 12 nettselskap ble forspurt, utvalgt ut ifra hvordan de hadde besvart "Intervjuunderlag. Livet etter effekt – fremtidig forskningsinnsats for nettselskapene" [5]. Det kom inn ni besvarelser.

##### **3.1.1      Spørsmål til nettselskapene**

Følgende spørsmål ble stilt:

1.    Hvilke regler gjelder for nettilknytning av generatorer i
  - a) høyspennings fordelingsnett?
  - b) lavspennings fordelingsnett?
2.    Har nettselskapet utarbeidet interne forskrifter for denne type tilknytninger?
3.    Hvordan håndteres feilsituasjoner (utkopling, øydrift)?
4.    Hva slags økonomiske regler gjelder for
  - a) tilknytningsavgifter?
  - b) tariffer for levering på nettet?
  - c) måling:
    - kreves det måling begge veier?
    - hvem betaler?
    - avregning?
5.    Hvilket omfang er det av slike tilknytninger i dag?
  - a) Antall
  - b) Fordeling på spenningsnivå og størrelse
6.    Hva slags erfaringer har de med eksisterende anlegg?
7.    Hva slags utvikling forventer de framover?
8.    Hvor er de største utfordringene framover og hvilke spørsmål er det viktig å få underøkt?

### 3.1.2 Oppsummering av besvarelsene

#### Nettilknytning

Det er til en viss grad utarbeidet interne regler for nettilknytning. De som er utarbeidet fokuserer i hovedsak på økonomiske forhold. Tekniske krav som er spesifisert begrenser seg i hovedsak til at kraftverket skal frakoples nettet når nettet mister spenningen, selv om en også finner bortimot komplette tekniske retningslinjer for tilknytning av distribuert produksjon. Utkobling av den distribuerte enheten ved feil i nettet kreves for å sikre mulighet for hurtig gjeninnkopling av hovedforsyning. Det er i liten grad gjort arbeid i forbindelse med utnyttelse av den distribuerte produksjonskapasiteten til øydrift av deler av nettet ved utfall i hovedforsyningen.

Spenningskvalitet er i liten grad omtalt. EBL Kompetanse sitt forslag om krav til elkvalitet er i noen tilfeller tatt inn som en del av de tekniske kravene i forbindelse med tilknytning. Her er også emisjonskrav til produksjonsanlegg omtalt.

Ut over dette er det gjeldende normer og forskrifter som benyttes. Det kreves at eieren av kraftverket dekker alle kostnadene ved tilknytningen. I følge NVEs tolkning skal utbyggeren av kraftverket/produksjonsenheten bekoste og stå som eier av anlegget for nettilknytningen (også ved høyspennings tilknytning) fram til nærmeste utvekslingspunkt i nettet. Dette gjelder selv om utbyggeren ikke har personer som kan være sakkyndig driftsleder for høyspenningsanlegget.

#### Økonomi

Alle nettselskapene krever at utbyggeren av kraftverket dekker alle kostnadene i forbindelse med tilknytning til nettet. Noen krever å få dette som anleggsbidrag slik at nettselskapet blir stående som eier av høyspenningsdelen av dette anlegget, mens andre lar kraftverkseieren stå som eier, men selger driftstjenester, for eksempel sakkyndig driftsledelse til kraftverket. Dette oppgis å være i samsvar med NVEs tolkning av regelverket.

For innmating benyttes sentralnettstariffen med effekt og energiledd. Enkelte har for enkelthets skyld satt energileddet til 0, da det ofte medfører reduserte tap å få et mindre kraftverk inn i fordelingsnettet. Negative energiledd praktiseres også. For enkelte mindre anlegg benyttes generatorens merkeeffekt som basis for effektleddet. Betaling for reaktiv effekt blir også krevd i noen tilfeller.

#### Måling

For mikrokraftverk (< 100 kW) kreves det ikke effektmåling eller timesmåling. Større kraftverk har timesmåling og måles også begge veier i de tilfeller anlegget også kan ta ut kraft fra nettet (ved tilknytning av kraftverk i kundeinstallasjon). Delvis praktiseres dette som netto timesmåling, delvis med to målere som avregnes for henholdsvis nettleie og salg av kraft for produsent og kjøp av kraft og nettleie for forbruk. Målingen utføres av nettselskapet, men det belastes kraftprodusenten enten i form av anleggsbidrag eller over nettleien.

#### Utbredelse og erfaringer

Det er pr i dag et relativt lite omfang av denne typen installasjoner. De fleste anleggene (i antall), og en enda større andel av installert effekt eies av et selskap som er en del av konsernet som også

eier fordelingsnettet. Av den grunn har eierne nettet et godt samarbeid med driver av kraftverket eller produksjonsenheten. Til sammen har de nettselskapene som har svart ca 50 produksjonsanlegg tilknyttet i sine nett. Størrelsen på anleggene er jevnt fordelt fra noen få kW til noen få MW. De minste står i kundeinstallasjoner, mens de største eies av det lokale kraftselskapet.

De forespurte nettselskapene har hatt en del forespørsler knyttet til nettilknytning av distribuerte produksjonsenheter. I praksis viser det seg imidlertid at svært få anlegg blir realisert når det kommer til stykket. Eksempelvis behandler BKK en til to slike saker pr år, og har pr i dag seks anlegg i drift. Enkelte av de store everkene har ikke hatt en eneste utbygging de siste ti årene selv om det har vært flere interesserte utbyggere på banen.

De erfaringen som nettselskapene har med distribuert elektrisitetsproduksjon tilknyttet fordelingsnettet er så langt gode. Det rapporteres ikke om problemer knyttet til anleggene og tilkoblingen av disse. Etter som omfanget er såpass lite, driver nettselskapet nettet omtrent som om de lokale produksjonsenhetene ikke er til stede. Produksjonsenhetene kopler seg ut ved avbrudd i hovedforsyningen og kobler seg inn igjen når stabil drift er gjenopprettet.

### **Utviklingstrend**

Det er ingen ting som tyder på en snarlig oppblomstring av slike distribuerte produksjonsenheter initiert av selskap utenfor energisektoren. Med det nåværende kostnadsbildet er det ikke enkelt for en bedrift å få til ønsket lønnsomhet i en slik investering. På litt lengre sikt forventes imidlertid dette å bli mer aktuelt, særlig ser en del nettselskap for seg at anlegg for kombinert varme- og elproduksjon og brenselcelleanlegg kan komme i konkurransedyktig utførelse om noen år. Rammebetingelsene denne typen anlegg får vil være avgjørende for utviklingen. Mikrokraftverk tilknyttet i kundens installasjon for forsyning kun til denne installasjonen er det man forventer mest av i første omgang. Disse kan utbygges til høyere pris pr kWh og likevel gi lønnsomhet til utbyggeren da slike anlegg gir innsparinger på nettleien.

Ellers ser en at det arbeides aktivt med utbygging av vindkraft. Her er imidlertid problemet at de på grunn av vindforhold ofte blir foreslått plassert på steder der det ikke er utbygd et nett som er i stand til å ta i mot kraften. Dermed utløser disse anleggene behov for nettinvesteringer i stedet for at behovet utsettes.

### **Utfordringer framover**

På grunn av liten utbredelse og ofte nært forhold til de som har kraftverk i fordelingsnettet i dag, føler ikke nettselskapene noen stor usikkerhet i forhold til problemstillingen på kort sikt. En del momenter er allikevel nevnt som interessante:

- standardisert avtaleverk og kravspesifikasjon for denne type produsenter. Pr i dag håndteres dette forskjellig fra nettselskap til nettselskap.
- problemstillinger i forbindelse med KILE-ordningen ønskes avklart. Hvem har ansvar for hva når en ny kraftverkseier dukker opp som tredjepart i fordelingsnettet?
- hvordan legge til rette for produksjon i fordelingsnettet og hvordan finne optimal plassering?

- hvordan utnytte disse installasjonene til øydrift i forbindelse med driftsforstyrrelser uten å gå på akkord med sikkerheten?
- nettdrift ved økt innslag av lokal produksjon.
- håndtering av krav til overharmoniske strømmer og spenninger.

### **3.2 KONKLUSJONER**

Det er relativ liten utbredelse av småskala elektrisitetsproduksjon tilknyttet fordelingsnettet i Norge i dag. Besvarelsene på spørreundersøkelsen viser at nettselskapene i stor grad er "glad til". Mange innmatingpunkter kompliserer nettdriften, og i en tid med økte krav til effektivisering er det ikke ønskelig med kompliserende faktorer. Norge har imidlertid fortsatt en vekst i elektrisitetsforbruket som må dekkes inn, og med tanke på hvor vanskelig det er å få gjennomført store kraftutbygginger, enten det er på basis av vann, vind eller gass, er det et behov for å øke innslaget av små kraftverk.

Besvarelsen viser at mange henvendelser ender opp uten resultat i form av utbygging. De økonomiske konsekvensen av kraftproduksjon bør derfor undersøkes nærmere for å se om det er mulig å endre betingelsene som tilbys disse produsentene. Alt nå ser vi at enkelte nettselskap tilbyr negativt energiledd i nettleien for innmating på nettet til slike produsenter, da de bidrar til å redusere tapene i fordelingsnettet.

På den andre siden må man også se på hvordan man kan gjøre nettselskapene interesserte i å få denne type anlegg i sitt nett. Et viktig moment her er å sørge for at de nødvendige hjelpemidlene er tilgjengelig. Dette setter krav til utvikling av:

- avtaleverk for nettilknytning med håndtering av ansvar i forhold til avbrudd og KILE.
- teknisk regelverk for tilknytning av produksjonskilder basert på ulike energikilder.
- systemer for styring og overvåking av produksjonen lokalt.
- håndtering av spenningskvaliteten. Kan den lokale produksjonen bidra til bedring av spenningskvaliteten ved produksjon av reaktiv effekt og stabilisering av spenningen?
- forpliktelser i forhold til innmating i høylastperioder (nødvendig for å vektlegge lokal produksjon i dimensjonering av nettet).

Den første utfordringen nå er å få endret rammebetingelsene slik at det blir økonomisk interessant å foreta utbygging av distribuert elektrisitetsproduksjon. Deretter er det viktig å ta tak i problemstillinger som vil dukke opp ved et stort innslag av distribuert produksjon i begrensede områder.

## **4 ARBEID I CIRED WG04**

Arbeidsgruppen ble opprettet i 1997 med A. Headly (Rolls-Royce, UK) som formann, N. Jenkins (UMIST, UK) som sekretær og med bred internasjonal deltagelse. Norge har vært representert i gruppen, først ved Kjell Sand (1997) og senere ved John Tande (begge SINTEF Energiforskning AS). Arbeidet i gruppen er koordinert med tilstøtende arbeide i regi av CIGRE.

Gjennom diskusjoner i arbeidsgruppen ble det hurtig antatt at forskjellige land og nettselskap tildels benytter ganske forskjellige tilnærminger i forhold til å takle de utfordringer som ligger i å installere og drive distribuerte energiforsyningsanlegg. I et forsøk på å få oversikt over forskjeller og likheter mellom de forskjellige lands tilnærminger ble et spørreskjema utarbeidet og sendt rundt. Svarene på skjemaet som ble presentert på CIRED'99 og oppdatert på CIRED'01 verifiserte antagelsen om store forskjeller i behandlingen av distribuerte energiforsyningsanlegg, og at det derfor kan være behov for utarbeidelse av en internasjonal "best practice" slik at mer rasjonell og ensartet behandling oppnås, noe som også er arbeidsgruppens langsiktige målsetning. IEC 61400-21 [1] vedrørende karakterisering av elkvaliteten fra vindkraftverk vurderes av arbeidsgruppen i denne sammenheng å være et viktig bidrag som kan virke som mal for utviklingen av tilsvarende standarder for andre distribuerte energiforsyningsanlegg, se også [2].

Arbeidsgruppens aktivitet i år 2001 for å bidra til oppnåelse av målsetning om rasjonell og ensartet behandling av distribuert energiforsyning har fordelt seg på følgende områder:

- oppdatering av oversikt over forskjellige lands tilnærming til distribuert energiforsyning og utarbeidelse av oversikt over viktige artikler innenfor området
- presentasjon av resultater på CIRED'01 og gjennomføring av arbeidsgruppemøte
- behandling av dokumenter vedrørende nettilkobling av mikro kraftvarmeanlegg (~10 kW CHP) utarbeidet under CEN Workshop Agreement som på sikt kan overdras til CENELEC for oppgradering til Europa Standard

Deltagelse i arbeidsgruppen sikrer tett kontakt med den internasjonale fagekspertise innenfor området og bidrar til at Norge kan trekke på erfaringer fra andre land. Med hensyn til utvikling av en internasjonal "best practice" kan det imidlertid se ut til at dette kan ta lang tid, og at det derfor kan være behov for at Norge utvikler egne retningslinjer. Slike forefinnes allerede for nettilkobling av vindkraft [3], og denne sammen med fortsatt arbeide i CIRED WG4 anses å gi et godt utgangspunkt for utvikling av retningslinjer for nettilkobling også for andre typer distribuert produksjon.



## 5 NORDISK SAMARBEID

### 5.1 CODGUNET, ET FELLES NORDISK PROSJEKT?

I Finland er det igangsatt et prosjekt med tittel "Connection of distributed energy generation units in the distribution network and grid" (CODGUNet). Fokus for prosjektet er krav nettilknytning av generatorer setter til utstyret og nettet for å sikre god kontroll og drift av distribusjonssystemet. Målsetningen er å identifisere og spesifisere problemer og muligheter relatert til distribuert generering.

Siden dette er interessant også i Norge og Sverige gjøres det forsøk på å etablere et felles nordisk prosjekt som skal dekke disse problemstillingene. Hovedoverskriftene i dette prosjektet er:

1. Oversikt over temaer relatert til tilknytning av distribuert generering i fordelingsnett
2. Status for distribuert generering i de nordiske land
3. Karakteristikk for ulike teknologier for generering av elektrisk kraft
4. Teknisk analyse av nettilknytning av ulike typer strømkilder
5. Distribuert genererings innvirkning på kraftsystemet
6. Effekten av storskala distribuert generering på nettselskapenes forretningsvirksomhet
7. Rapportering
8. Resultatspredning

Planen er å fordele disse oppgavene mellom de nordiske landene der alle vil bidra på de ulike områdene, men hver nasjon vil få sine hovedansvarsområder. Prosjektplanen dekker 2 år, men det er forutsatt at deloppgave 7 vil inneholde arbeid med å spesifisere forskningsoppgaver det er nødvendig å gå videre med.

Tabell 2 gir en oversikt over parter som er med i diskusjonen omkring dette prosjektet:

Tabell 2 Oversikt over mulige deltakere i prosjektet CODGUNet

Deltakere	Finland	Sverige	Norge
I styringskomite	Finergy	Elforsk	EBL Kompetanse
Som utførende	Merinova, VTT Energy, Technobothnia	Vattenfall Utveckling AB, Lunds Tekniska Högskola	SINTEF Energiforskning, NTNU (doktorgrader)

I desember 2001 ble det holdt et møte i Vaasa der de ulike aktuelle aktørene møttes og diskuterte planene og muligheten for samarbeide. Konklusjonen ble at samarbeide er ønskelig, men avhenger av at finansieringen ordnes. Ved årsskiftet var finansieringen i orden for finnenes del, mens den ikke er ordnet i Sverige og Norge.

VTT har alt gjort en del innledende studier der de har simulert tilknytning av vindkraftverk (100 MW), solcelleanlegg 50 kW og dieseldrevet synkrongenerator (1 MW) ulike steder i et kabel-basert fordelingsnett.

Vattenfall har flere testinstallasjoner, både småskala kogenerering, mikroturbiner, brenselcelleanlegg, solcelleanlegg, Vindmannen og Gotland HVDC light som har gitt basiskunnskaper de kan bygge videre på i dette prosjektet.

Ved SINTEF har det i mange år vært drevet forskning på vindkraft som naturlig danner basis for videre arbeid med distribuert generering. I tillegg har vi gjennom fusjonen med SINTEF Energi fått tilgang på kompetanse om andre energikilder som er aktuelle for distribuert generering.

For ytterligere informasjon vises til vedlegg 3.

## **5.2 SYMPOSIUM OM DISTRIBUTED GENERATION VED KTH**

### **5.2.1 Innledning**

Ved Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm ble det 11. – 13. juni 2001 arrangert et internasjonalt symposium om distribuert generering [6]. Referanser til spesifikke foredrag er gitt i { }. En liste over disse finnes i vedlegg 2. Foredrag ble presentert fra 14 ulike land og 3 verdensdeler. Spredningen var fra Australia, Uruguay, USA og Estland til 10 land innenfor EU/EØS-området.

Et interessant poeng alt i åpningsforedraget var definisjonen på distribuert generering (DG). Det benyttes flere ord rundt i verden, og folk legger ulike ting i de samme uttrykkene, mye avhengig av hvor de kommer fra. Organisasjonskomiteens klare oppfatning var at forskjellen mellom distribuert produksjon og sentral produksjon ikke er avhengig av teknologi, spenning eller effekt, men på hvilket nettnivå produksjonsenheten er tilknyttet. Med denne definisjonen blir det ingen størrelsesbegrensning i begrepet.

Symposiets definisjon av begrepet distribuert generering {3}:

*Distributed generation is an electric power source connected directly to the distribution network or on the customer side of the meter.*

Eventuelle andre egenskaper må spesifiseres spesielt, som for eksempel fornybar, CHP (kombinert varme og el).

Ellers var det interessant å høre Walt Patterson sin påstand i åpningsforedraget om at kWh-måleren har endret (og pervertert) el-bransjen {1}. I og med at du selger kWh er du interessert i at kunden har en ineffektiv utnyttelse av produktet slik at han må kjøpe mer for å få oppfylt sitt behov.

Med utviklingen i produksjonsmetoder og produksjonskapasitet har elektrisitet blitt betraktet som en selvfølge, en råvare vi ikke trenger å tenke på fordi den er alltid der når vi trenger den. Men det var før dereguleringen i California. Rasjonering og lange avbrudd ble en del av hverdagen etter at økt forbruk ikke ble dekket av tilsvarende økning i produksjonskapasitet. Distribuert produksjon har etter dette fått økt interesse. Kostnadsaspektet er ikke lengre eneste momentet.

Generelt kan det se ut som om fokus er litt forskjellig i ulike land. Norge er alene om kvalitetsjustering av inntektsrammer, noe som også medfører at vi har et annet fokus i forhold til leveringspålidelighet. Distribuert produksjon bør bidra til økt tilgjengelighet i nettet for å redusere KILE-kostnadene. I andre land er imidlertid utkopling av generatorer for å hindre øydrift betraktet som et viktig poeng med tanke på personsikkerhet og vern av utstyr. Implementering av distribuert generering fører til at det blir mange produsenter som sammen sørger for å produsere den elektriske energien som skal dekke etterspørselen. Bør denne spredningen også føre til at det overordnede ansvar for produksjon og overføring distribueres ned til mindre enheter ("Distributed network") der aktørene kan betraktes som noder i et internett {2}, og kommunikasjonsteknologi kjent fra Internett benyttes til kommunikasjon mellom aktørene for å sikre stabil drift?

Problemet i framtiden påstås å ikke være teknologien, men evnen til kollektivt å sette en kurs og marsjere sammen i denne retningen.

### **5.2.2 Drivende krefter**

Som drivende krefter i utviklingen av distribuert generering ble følgende punkter ansett som de aller viktigste:

- Klimaendring
- Liberalisering av energimarkedene
- Fornybar energi

En annen fordel med distribuert produksjon er at det kan planlegges og bygges ut hurtig. Konesjonsprosessen er enkel dersom det skal installeres hos en sluttbruker.

I tillegg ble det vist eksempel fra Australia, der distribuert produksjon sørget for at det i det hele tatt var mulig å få til elektrisitetsforsyning innenfor forsvarlige økonomiske rammer {5}.

### **5.2.3 Barrierer**

Flere ulike barrierer som må overvinnes for å øke veksten i bruk av distribuert produksjon ble påpekt:

#### **Tilgang til nettet**

En del nettselskaper ser med skepsis på at nye aktører skal få tilknytte seg nettet med sin produksjon. De føler at dette medfører komplikasjoner med tanke på drift, sikkerhet og økonomi. For en som ønsker å tilknytte seg nettet kan det derfor bli som en ferd gjennom en labyrint for å komme seg til mål. En rettferdig måte å tariffere distribuert produksjon på må derfor etableres sammen med et forutsigbart og fornuftig regelverk {5}.

#### **Utnyttelse av teknologien**

distribuert produksjon kan benyttes til å bedre ytelsen til et fordelingsnett, både med tanke på spenningskvalitet, leveringspålidelighet og leveringskapasitet. Det kan imidlertid også føre til

uoversiktlige nett, komplisering av vernfunksjoner, økt feilfrekvens, forlengelse av avbrudd, spenningsvariasjoner og forverring i forhold til personsikkerhet ved arbeid på nettet.

### **Håndtering av unormale situasjoner**

Eksisterende vern og styringssystemer i fordelingsnett baserer seg på relativt enkle og oversiktlige forhold i nettet. Usikkerhet i forhold til effektretning og last i nettet kan kreve nye styrings- og overvåkningssystemer.

### **Økonomi**

Elproduksjon i liten skala er ofte dyrere enn i stor skala. Skal distribuert produksjon bære seg økonomisk må det gi gevinster i forhold til investeringene i nettet. Dette krever igjen at distribuert produksjon kan regnes inn som en stabil faktor som kan benyttes i vurderingen av maksimalbelastningen i nettet.

### **Offentlig regulering**

Skal distribuert produksjon få et ordentlig gjennombrudd må det etableres en offentlig regulering som sikrer aktører med planer om utbygging av distribuert produksjon en rettferdig behandling. Nettselskap på sin side må sikres kontroll med de forhold som er viktig for en stabil drift av nettet {4}.

### **Brensel**

Tilgang på riktig brensel til en fornuftig pris kan mange steder være et problem. For CHP er det gass som er det enkleste brenslaget å forholde seg til, men mange steder er distribusjonssystemer for gass dårlig utbygd og lite konkurranse gir stabile men høye priser.

### **Prising**

distribuert produksjon medfører mindre transport av elektrisitet, men strukturen og kostnadene ved nettet vil i store trekk være de samme. Dette fører til et behov for et nytt tariffingssystem. Viktige elementer å vurdere er {12}:

- importert energi og effekt (faste og variable priskomponenter)
- reserveeffekt (stand-by)
- eksportert energi og effekt (topplast?)
- effekt for nettverkskontroll (regulerkraft og hurtig reserve)
- forsikringsmodell

## **5.2.4 Teknologi**

Symposiet hadde ingen begrensninger i forhold til hva som skulle presenteres, så det ble presentert en del stoff om ulike teknologier. Ulike nasjoner hadde litt forskjellige innfallsvinkler i forhold til hva som var viktig teknologisk sett. Dette hadde også sammenheng med hva slags rolle distribuert produksjon skal spille de ulike stedene. Sentrale tema som ble diskutert var:

**Loss of mains**

Hvordan detektere utfall av hovedforsyningen for å unngå øydrift, med de farer det kan medføre for personell og utstyr. Hovedmålet var for alle å få koblet ut distribuert produksjon i slike situasjoner {14}, {15}. Unntaket var et område i Nederland der det var satset på synkrongeneratorer i CHP-anlegg i tilknytning til drivhus, der kunden i stedet for å koble ut generatoren, koblet seg fra nettet og opprettholdt forsyningen internt.

**Svingninger i forholdet behov/produksjon**

Kombinert varme og elproduksjon gir god virkningsgrad for anlegget. Dette forutsetter imidlertid at det er behov for både varme og elektrisitet når det blir produsert. I motsatt fall må overskuddet enten gå til spille eller bli lagret for senere utnyttelse. Også en del anlegg basert på fornybare resurser som sol, vind og vann kan gi produksjon i tidspunkt der etterspørselen er liten. Dette gir behov for utvikling innenfor områdene {18}:

- Real-time pricing and management system
- Energilagring
  - kondensator
  - SMES
  - batteri
  - svinghjul
  - Termisk energi
    - varme
    - kulde

**Energiomforming**

Teknologi for energiomforming vil ha stor innflytelse på hvordan en enhet skal opptre når den er tilknyttet nettet. Teknologien kan deles i to hoveddistribuerte produksjonsgrupper, som igjen kan deles i to.

**Roterende maskiner**

asynkrongenerator

synkrongenerator

**Statisk omformer**

nettkommutert

selvkommutterende

Karakteristikkene for disse vil være svært forskjellige og sette klare føringer i forhold til hvordan de kan utnyttes i nettet.

**Karakteristika**

- kortslutningseffekt
- kortslutningsstrøm
- forbruk av reaktiv effekt
- styring av reaktiv effekt
- spenningskontroll
- harmoniske (emisjon og filterfunksjon)
- øydrift

Typisk vil statiske omformere ha lavere kortslutningseffekt og høyere emisjon av harmoniske enn roterende omformere. Asynkrongeneratorer og nettkommuterte omformere har ikke mulighet for øydrift eller spenningskontroll og vil også trekke reaktiv effekt fra nettet.

Koen Macken {19} viste ved simuleringer at en statisk omformer som i utgangspunktet var ment for tilknytning av distribuert produksjon til nettet også var i stand til å kompensere for reaktiv effekt og fungere som filter for overharmoniske spenninger i lavspenningsnettet.

Mohammad Kashem {20} presenterte hvordan distribuert produksjon i lange svake nett (enleder, retur i jord) bidrog til forbedring av spenning og sterk reduksjon i tap. Problemet er å håndtere dynamiske forhold ved stor lastendringer, eks motorstarter med flere distribuert produksjon tilknyttet.

### **5.2.5 Kommentarer**

Generelt viste symposiet at det var stor interesse for temaet rundt om i verden. Det pågår mye arbeid forskjellige steder som det er viktig å holde seg informert om. Det er imidlertid tydelig at innfallsvinkelen varierer i de ulike landene. En ting er hvordan energiforsyningen er organisert og regulert. En annen ting er ulike teknologiske aspekter, som hva slags produksjon som distribuert produksjon skal samkjøres med, hvilket spenningssystem er benyttet og karakteristika for energibruken. Store prisforskjeller på elektrisk energi gir også ulike vurderinger i forhold til hva som er viktig å ha fokus på.

Et generelt trekk var at mange foredrag presenterte utviklingsarbeid det er behov for å få gjort, og ønsker om systemer for kontroll, overvåking og samkjøring av distribuert produksjon. Hvordan disse ofte små produsentene skal håndteres i et åpent kraftmarked er viktig å få på plass for en videre utvikling og utbredelse av distribuert produksjon.

Norge er spesiell på flere måter:

- dereguleringen er kommet langt og er foreløpig ulik andre nasjoners ordninger
- spenningssystemer og jordingsforhold er forskjellig
- kraftprisen er lavere enn i mange andre land
- vårt forbruksmønster og bruksområde for elektrisiteten avviker fra andres.

Dette gjør at det er viktig å ha en aktivitet på dette området også i Norge slik at våre behov blir løst. I forhold til internasjonal standardisering er dette svært viktig. Våre behov må kunne løses innenfor de standarder som blir vedtatt.

## **6 BEHOV FOR FOU I TILKNYTNING TIL EMNET**

Distribuert elektrisitetsproduksjon i form av småskala produksjonsenheter er i liten grad tatt i bruk i Norge i dag. Dette skyldes i hovedsak det godt utbygde vannkraftsystemet som har gitt og gir tilgang på elektrisitet til en relativt lav kostnad. Det kan imidlertid forventes et stadig økende gap mellom den innenlandske etterspørselen etter elektrisk energi og det vannkraftsystemet er i stand til å levere. Distribuerte energikilder kan da dekke deler av dette gapet. For at dette skal kunne gjøres er det nødvendig å senke barrierene for å få tatt distribuerte energikilder i bruk. Produksjonsenheterne må forbedres og gjøres billigere, infrastruktur for brensel må etableres og det må gjøres attraktivt for nettselskaper å ha distribuert produksjon knyttet til sitt nett. For å få dette til kreves en utstrakt FoU innsats på mange områder. Sett fra et "nettsynspunkt" vil det være nødvendig å studere både rammebetingelser og tekniske forhold. Rammebetingelser studeres i prosjektet "Lokal kraftproduksjon hos sluttbruker", mens de tekniske forhold er aktuelle i et separat prosjekt (se vedlegg 1 samt avsnitt 6.1 og 6.2).

### **6.1 VIDERE PROSJEKTARBEID I INSTITUTTSEKTOREN**

I Vedlegg 1 er det vist et prosjektforslag som er formidlet både til Forskningsrådet og aktuelle deltakere i energibransjen gjennom EBL Kompetanse. Hovedfokus i dette forslaget er å etablere et sett retningslinjer som favner de tekniske krav som må stilles i forbindelse med nettilknytning av distribuert produksjon. Det er også satt fokus på systemmessige konsekvenser av slik tilknytning. Dette prosjektforslaget kom noe uheldig ut tidsmessig i forhold til den forstudien som det er redegjort for i denne rapporten, siden forstudien i all hovedsak er utført etter at forslaget var skrevet. Basert på det litteraturstudiet og den begrensede spørreundersøkelsen som er gjennomført er det foretatt en dreining av fokus for videre FoU-innsats innenfor emnet. Det er mindre behov for FoU-innsats for å arbeide mot et sett retningslinjer for tekniske krav i forbindelse med nettilknytning av distribuerte produksjonsenheter. Det skjer mye på internasjonalt hold, og noen norske nettselskaper har allerede etablert egne retningslinjer. Det bør arbeides videre med å gjøre dette om til felles retningslinjer for alle norske nettselskaper, men det er i større grad et arbeid for en normkomité enn et FoU-institutt.

Det vil imidlertid være behov for noe verifikasjon i forbindelse med etablering av nasjonale retningslinjer. Det som finnes i Norge i dag er i stor grad basert på eksisterende utenlandske retningslinjer, og det er nødvendig å se på anvendeligheten og gyldigheten under norske forhold. Dette kan gjøres i samarbeid med Universitetet i Vaasa/Technobothnia gjennom prosjektet CODGUNet. Et slikt samarbeid vil gi positive effekter i form av utveksling av modeller og resultater. Aktuelle tema for verifikasjon er:

- anleggsutforming med tanke på sikkerhet og EMC
- utbredelse av spenningsforstyrrelser i nettet
- produksjonsenhetens respons på forstyrrelser i nettet
- krav med hensyn til vernbestykning og vernrespons

Alle eksisterende retningslinjer er rettet inn mot en enkelt produksjonsenhet. Det er imidlertid lite arbeid utført som dekker innvirkningen av større konsentrasjoner av produksjonsenheter i et nett.

Her vil det være svært aktuelt å studere leveringspålitelighet og spenningskvalitet i nett med stort innslag av distribuert produksjon. Dette vil det være nødvendig å arbeide med, og det vil være naturlig å gjøre sammen med Vattenfall Utveckling AB (VUAB) og Lunds Tekniska Universitet (LTU) gjennom prosjektet CODGUNet.

Det vil også være helt nødvendig å arbeide med og synliggjøre hvordan nettselskapene kan dra nytte av distribuerte produksjonsenheter i sitt nett. En vil her nødvendigvis måtte berøre mer politiske emner som konsesjonsvilkårene for nettselskaper, men problemstillingen er i det alt overveiende teknisk. Aktuelle spørsmål og tema er:

- påliteligheten til produksjonsenheter
- håndtering av KILE-ordningen i nett med privat eide produksjonskilder
- nettplanlegging hensyntatt distribuerte energikilder
- optimal plassering av produksjonsenheter
- vernbestykning og vernrespons i nett med distribuert produksjon
- samkjøring, styring og overvåking
- kjøp av systemtjenester
- hvordan øydrift kan benyttes til å forbedre leveringssikkerheten
  - forholdsregler med hensyn til personsikkerhet
  - nødvendig teknisk utstyr
  - innfasing og sammenkobling

Også dette området vil det være aktuelt å samarbeide med VUAB og LTH om gjennom prosjektet CODGUNet.

## **6.2 MULIGE TEMA FOR DOKTORGRADSARBEID**

Det er gitt forslag til to ulike doktorgradstema. Begge beskrivelsene er formulert som selvstendige prosjektforslag med unntak av budsjett, og en vil derfor finne igjen en del repetisjon fra tidligere kapitler. Dette er gjort for at materialet skal kunne benyttes direkte videre ved utlysning/oppstart av eventuelle doktorgradsarbeider.

### **6.2.1 Kraftelelektronikkomformere**

#### Mål

- Å finne løsninger på hvordan kraftelelektronikkomponenter kan benyttes for å forbedre spenningskvalitetsforholdene i nett med mye distribuert produksjon.
- Det skal også arbeides konkret med en (eller flere) av komponentene en finner som gunstige.

#### Nytteverdi

Å innføre distribuert elektrisitetsproduksjon i et fordelingsnett kan påvirke leveringskvaliteten i ugunstig retning. Med moderne kraftelelektronikk kan forholdene avhjelpes slik at distribuert produksjon kan tas i bruk uten at leveringskvaliteten i det aktuelle nettet forringes, men kanskje heller forbedres.



Bedre kjennskap til hvordan kraftelektronikkomponenter, enten frittstående eller som en ”bro” mellom produksjonsenhet og nett, kan benyttes til forbedring av kvaliteten og tilgang til riktige komponenter kan senke barrierene for å få tatt distribuert produksjon i bruk.

#### Bakgrunn og status

I dag er distribuerte produksjonsenheter i liten grad i bruk i det norske fordelingsnettet. Dette har blant annet bakgrunn i tilgangen på vannkraft i Norge. Som en følge av den lave andelen distribuert produksjon har den heller ingen nevneverdig påvirkning på kvaliteten i nettet på det nåværende tidspunkt. Imidlertid ser flere nettselskaper det som klart at antallet distribuerte produksjonsenheter vil øke. Samtidig øker kravene til leveringskvalitet på grunn av stadig mer sensitivt elektrisk og elektronisk utstyr.

Industrien har kommet relativt langt med hensyn til utvikling av kraftelektronikkomponenter for bruk i nettet, eksempelvis nødstrømforsyninger (UPS), aktive likerettere og filtre, og såkalt FACTS-teknologi. Det gjenstår å sette dette i sammenheng med bruk av distribuerte produksjonsenheter i fordelingsnettet.

#### Aktiviteter

- Vurdering av tilgjengelig teknologi/komponenter
- Evaluering av mulig forbedring av leveringskvalitet i fordelingsnett med mye distribuert produksjon ved bruk av kraftelektronikkomponenter, enten frittstående eller i tilknytningspunktet for distribuert produksjon
- Videre arbeid med en type komponent, enten frittstående eller integrert i produksjonsanlegget

#### Organisering og finansiering

Etableringen av et slikt doktor ingeniør prosjekt vil være avhengig av at prosjektet ”Nettilknytning av distribuerte energikilder” blir igangsatt og med en tilstrekkelig stor ramme. Prosjektet vil da finansiere kandidatens arbeid, og kandidaten vil være en integrert del av prosjektgruppen. Dette vil være til beste både for kandidaten selv og for prosjektgruppen. Oppgaven vil ha sin forankring på NTNU, Institutt for elkraftteknikk, faggruppen Energiomforming.

### **6.2.2 Samkjøring, styring og regulering i nett med stort innslag av distribuert produksjon**

#### Mål

- Å utarbeide en driftsfilosofi for fordelingsnett med stort innslag av distribuert elektrisitetsproduksjon med den hensikt å utløse potensielle gevinster for netteier og senke barrierer for å ta i bruk distribuert produksjon.
- Det skal også vurderes/fremskaffes tekniske løsninger for å implementere denne driftsfilosofien i et typisk fordelingsnett.

#### Nytteverdi

Å ta distribuert produksjon aktivt med i driften av fordelingsnett kan ha både fordeler og ulemper. For å utløse nytten vil en måtte fremskaffe tekniske og organisatoriske løsninger som nøytraliserer ulempene i størst mulig grad. Fordelene ved å aktivt benytte distribuert produksjon er

*For nettselskapene:*

- Bedre utnyttelse av nettet og utsatte/unngåtte investeringer ved at en kan kjøpe kapasitet i topplast og dermed "klippe toppen" av varighetskurven. Dette betinger at påliteligheten av de distribuerte enhetene er god nok og konsesjonsvilkår som tillater at distribuert produksjon tas med i planlegging av investeringer i nettet.
- Lavere tap. Produksjonen foregår nær forbruker og overføringstapene reduseres.
- Reduserte KILE-kostnader, dersom en kan tillate det og det er teknisk mulig at distribuerte kilder drives frittstående og mater deler av et nett (i øydrift) mens resten av nettet er utkoblet. Totale utetider og prosedyrer for gjenoppbygging av nett med stort innslag av distribuert produksjon har også klar knytning til KILE-kostnadene.
- Forbedret spenningskvalitet ved at noe av det utstyret som benyttes til å knytte den distribuerte enheten til nettet også kan virke som spenningsforbedrende utstyr. Dette gjelder først og fremst kraftelektronikkformere. En vil også kunne ha positive effekter i form av endret (forbedret) spenningsprofil og bedre kontroll med reaktiv effekt.

*For eiere av distribuerte produksjonsenheter:*

- Lavere barrierer for å få knyttet distribuerte produksjonsenheter til nettet og derigjennom bedre muligheter for å utnytte lokale energiresurser.

Bakgrunn og status

I dag er distribuerte produksjonsenheter i liten grad i bruk i det norske fordelingsnettet. Dette har blant annet bakgrunn i tilgangen på vannkraft i Norge, men nettselskapenes rolle kan også ha en viss innvirkning. Fra en begrenset spørreundersøkelse utført blant norske nettselskaper kan det synes som om nettselskapene er "glad til" med at ikke flere distribuerte produksjonsenheter realiseres rundt omkring i det norske nettet enn de få som faktisk er der. Dette synes å ha sin bakgrunn i at situasjonen i nettet blir mer uoversiktlig og vanskeligere å håndtere dersom antallet distribuerte produksjonsenheter øker. Med dagens krav til effektivisering i nettselskapene er mindre oversikt og mer komplisert drift ikke ønskelig.

Imidlertid er det få eller ingen av nettselskapene som ser noen fordeler med å ta i bruk distribuert produksjon. Dette kan skyldes at konsesjonsvilkårene ikke lar dem få lov til å regne den distribuerte produksjonen som så pålitelig at den kan tas med i nettplanleggingen, og at det er regnet som "umulig" og farlig å la distribuert produksjon mate deler av et nett ved feil i andre deler.

Heller ikke i andre land er det arbeidet mye med de positive innvirkningene distribuert produksjon kan ha for nettet, selv om det etter hvert begynner å komme noen publikasjoner som behandler slike tema.

For å kunne utnytte fordelene ved distribuert produksjon fullt ut vil nettselskapet bli en slags systemoperatør i miniatyr, en kan gjerne innføre begrepet "distribuert systemdrift". En vil kjøpe tjenester som produksjon ved topplast, reservekapasitet og reaktiv effekt av mindre, private produsenter.

### Aktiviteter

1. Nettselskap som systemoperatør i fordelingsnettet: roller og oppgavefordeling mellom netteier og eier/operatør for distribuert produksjon.
2. Operative løsninger: driftssentral og oppgaver i en slik sentral.
3. Komponent- og systemvern i fordelingsnettet: Muligheter og begrensninger for å opprettholde mest mulig av forsyningen ved feil i nettet og ved feil på distribuerte produksjonsenheter.
4. Strategier for gjenoppbygging av nettet etter større feil, herunder øydrift.
5. Konsekvenser for leveringspålitelighet.

### Organisering og finansiering

Etableringen av et slikt doktor ingeniør prosjekt vil være avhengig av at prosjektet "Nettilknytning av distribuerte energikilder" blir igangsatt og med en tilstrekkelig stor ramme. Prosjektet vil da finansiere kandidatens arbeid, og kandidaten vil være en integrert del av prosjektgruppen. Dette vil være til beste både for kandidaten selv og for prosjektgruppen. Oppgaven vil ha sin forankring på NTNU, Institutt for elkraftteknikk, faggruppen Kraftsystemer.

## 7 REFERANSER

- [1] IEC 61400-21 "Measurements and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines. FDIS.", 2001
- [2] John Olav G. Tande, Nick Jenkins: "International standards for power quality of dispersed generation", CIRED'99, Nice, Juni 1999
- [3] John Olav G. Tande: "Retningslinjer for nettilkobling av vindkraftverk (revidert utgave)" Trondheim: SINTEF Energiforskning AS, mars 2001 (TR A5329)
- [4] "Energi og vassdragsvirksomheten i Norge, Faktahefte 2000" Oslo: Olje- og energidepartementet, januar 2000.
- [5] Kjell Sand et. al: "Drivkrefter og utfordringer for nettselskapene. Resultat av intervjuundersøkelse". Trondheim: SINTEF Energiforskning AS, 2001 (TR A5512)
- [6] "Proceedings, First International Symposium on Distributed Generation: Power System and Market Aspects", 11 – 13 juni 2001 Kungliga Tekniska Høgskolan, Elektriska Energisystem
- [7] EBL Kompetanse sin kontraktsmeny. Oslo: EBL Kompetanse, 2000 (Publikasjonsnr. 432-2000)
- [8] NEK EN50160 :1999 "Norsk elektroteknisk norm. Spenningskarakteristikker for elenergi fra offentlige fordelingsnett" Oslo: Norsk Elektroteknisk Komité, 1999
- [9] "Forskrift av 11. mars 1999 nr. 302 om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og overføringstariffer" Oslo: NVE, 1999
- [10] "Utredning av retningslinjer for tilknytning av produksjonskilder til Østnetts distribusjonsnett" Oslo: Oslo Energi Konsult, 2001
- [11] "Retningslinjer for tilknytning av produksjonskilder i Østnetts nett- Spenningsnivå 230/400 V" Lillestrøm: Østnett, 20001 (RTP 0,23/0,4)
- [12] "Retningslinjer for tilknytning av produksjonskilder i Østnetts nett – Spenningsnivå 11/22 kV" Lillestrøm: Østnett, 2001 (RTP 11/22)

## **VEDLEGG 1**

**Prosjektforslag lansert gjennom EBL Kompetanses FoU-  
invitasjon for 2002 og videre.**

### M3.1.05 Nettilknytning av distribuert elektrisitetsproduksjon

(Delprosjekt 5 under hovedprosjekt M3.1 Distribuert kraft- og varmeproduksjon)

Pågående	<input checked="" type="checkbox"/>	Bransjeprosjekt	<input type="checkbox"/>	Brakerstyrt innovasjonsprosjekt	<input checked="" type="checkbox"/>
Nytt	<input type="checkbox"/>	Forskningsrådet	<input checked="" type="checkbox"/>	Kompetanseprosjekt med brukermedvirkning	<input type="checkbox"/>

**Utfordring:** Det synes ønskelig og nødvendig å søke å utnytte andre fornybare energikilder enn den tradisjonelle vannkraften, for eksempel i form av vindkraftverk, småskala vannkraftverk, kombinert varme og kraftproduksjon fra biomasse. Dette vil medføre at mange mindre kraftproduksjonsenheter tilkobles nettet, ofte på tappen av lange radialer og i ellers svake nett. Etter hvert kan det også bli aktuelt med mikrokraftverk hos kunder. Blant annet har General Motors nettopp lansert en brenselcellebasert enhet, drevet på naturgass, som leverer en maxeffekt på 5kW el samt varme. Det er sannsynlig at slike enheter vil bli interessante for et norsk energimarked. Tilgangen på naturgass vil ventelig øke for norske forbrukere ettersom gassledninger blir ført frem i større omfang. Også solenergi kan være interessant som supplement til energi levert fra nettet. En sannsynlig løsning for kunder vil være å ha slike enheter som en del av sin installasjon samtidig som en er koblet opp mot kraftnettet. Det er en utfordring for nettselskaper å kunne spesifisere hvilke tekniske krav en skal stille ved nettilknytning av slike produksjonsenheter, samt å kunne analysere hvilken virkning tilkoblingen vil ha på leveringskvalitet i nettet, eventuelle effektproblemer, stabilitetsegenskaper osv.

**Mål:** Prosjektet skal utarbeide retningslinjer for bruk ved tilknytning av lokal kraftproduksjon til el-nettet. Retningslinjene vil omhandle de tekniske aspekter ved slik tilknytning, inklusiv systemmessige utfordringer.

**Nytteverdi:** Økt utnyttelse av distribuerte energiresurser er ønskelig ut i fra et samfunnsmessig perspektiv. For å få til en god utnyttelse av slike ressurser kobles den distribuerte elektrisitetsproduksjonen til det eksisterende elkraftnettet. Dette kan gi både positive og negative effekter for nettselskaper. Av positive effekter er blant annet en endring av effektflyt som kan medvirke til redusert omfang av nettforksterkninger. Påvirkning på leveringskvalitet kan være både positiv og negativ, i form av styrket eller svekket pålitelighet samt endringer i spenningskvalitet. En standard prosedyre/et sett retningslinjer fundert på grundige analyser vil gjøre vurderingsprosessen i forbindelse med tilknytningsforespørsler til nettselskaper lettere.

**Prosjekt:** Prosjektet vil bygge på allerede eksisterende forskningsresultater oppnådd for vindkraftverk, forsøke å generaliser disse til også å gjelde andre typer distribuert kraftproduksjon, og se i mer dybde på systemmessige utfordringer. Prosjektet vil være en blanding av teoretiske studier og utprøving i laboratorier og på virkelige anlegg. Aktiviteter i prosjektet:

- Krav til anleggsutforming mht personsikkerhet og EMC
- Spenningskvalitet i nett med distribuert kraftproduksjon, og utbredelse av spenningsforstyrrelser i fordelingsnettet
- Pålitelighet i nett med distribuert el. produksjon
- Stabilitetsforhold i nett med distribuert el. produksjon
- Samkjøring, styring og overvåking i nett med stort innslag av distribuert el. produksjon
- Krav til vernutrustning for distribuerte kraftproduksjonsenheter
- Sammenstilling av retningslinjer for bruk ved vurdering av tilknytning av distribuert el. produksjon

Prosjektet har nær knytning til prosjektene "Energitransport med multiple energibærere", "Lokal kraftproduksjon hos sluttbruker" og "Distribuert energi fra biomasse og restavfall".

#### Finansiering (kk):

	Sum	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Budsjett	7500	500	1000	1500	1500	1500	1500
Tilsagn	500	500					

**Deltakere:** Nettselskaper, Utstyrsleverandører, Myndigheter, Forskningsrådet  
**Utførende:** SINTEF Energiforskning AS  
**Kontakt-personer:** Anngjerd Pley, tlf 73 59 42 61, Anngjerd.Pley@energy.sintef.no  
 N N, tlf 23 20 57 ..; nn@ebl-kompetanse.no

## **VEDLEGG 2**

**Liste over foredrag presentert på symposiet  
"First International Symposium on Distributed Generation:  
Power System and Market Aspects"  
i Stockholm**

Titler skrevet i *kursiv* foreligger kun som lysark.

1. Walt Patterson/Royal Institute of International Affairs, UK,  
"Going All The Way: From Distributed Generation To Decentralized Electricity"
2. Ivo Bouwmans/ TU-Delft, The Netherlands,  
"Distributed Networks"
3. Thomas Ackermann/ Royal Institute of Technology, Sweden,  
"Distributed Generation – A Definition"
4. *Wolfram Joerss, Institute for Future Studies and Technology Assessment, Germany & Emiel van Sambeek/ Netherlands Energy Research Foundation, The Netherlands,  
"Success Factors and Constraints for Decentralized Generation in the Liberalized EU Energy Markets"*
5. Hugh Outhred/ University of New South Wales, Australia,  
"A Review of the Effectiveness of Measures to Support Distributed Generation in Australia"
6. Philip Baker / Department of Trade and Industry:  
"The Working Group on Embedded Generation - defining the barriers to distributed generation in the UK"
7. *Graham W. Ault, Andrew Cruden, James R. McDonald/University of Strathclyde, UK,  
"Prospects For Overcoming the Barriers to The Growth of Distributed Generation in the UK"*
8. Jari Ihonen, Cecilia Wallmark/ Royal Institute of Technology & Markku Rissanen/ ABB Corporate Research,  
"Fuel Cells for Distributed Generation – Technology Review and Market Perspective"
9. Klaas de Jong/ Essent Energie, The Netherlands,  
"Critical factors in building a network of CHP projects -Learning from successes and failures"
10. Brian Ó Gallachóir, Eamon McKeogh/ University College Cork, Ireland,  
"An 8.6 MW Hybrid Renewable Energy Project Supplying Electricity to an Irish Local Authority"
11. Mario Vignolo, R. Zeballos/ Universidad de la Republica, Uruguay,  
"Transmission Networks or Distributed Generation?"
12. *Martin Kleimaier/ RWE Net AG, Germany,  
"Distributed Generation – Impact on Grid Planning and Operation"*
13. Elena Poza Sanchez/ Red Eléctrica, Spain,  
"Centralized Power Generation versus Distributed Power Generation: A System Analysis"



14. S KSalman/ Robert Gordon University, Aberdeen, UK,  
“Factors Influencing the Effective Integration of Rotating Type-Distributed Generation into Utilities’ Distribution Networks”
15. R.Caldon,A.Scala,R.Turri/ University of Padova, Italy,  
“Grid-Connected Dispersed Generation: Investigation on Anti-Island Protections Behaviour”
16. Heiki Tammoja, Mati Valdma, Matti Keel/ Tallin Technical University, Estonia,  
“Optimal Dispatch in Condensing Power Plant under Probabilistic Information”
17. Thomas Sandberg/ Royal Institute of Technology, Sweden,  
“Distributed Generation in a Local Energy System – A Challenge for New and Old Actors”
18. Hannele Holtinen/ VTT Energy, Finland,  
“Effects of Large Scale Wind Production on the Nordic Electricity System”
19. K.J.P.Macken,J.J.L.Driesen,R.J.M.Belmans/Katholieke Universiteit Luven & J. F. Nijs/  
Interfacultair Micro-Elektronica Centrum, Belgium,  
“ Power Quality Control with Distributed Generation Units”
20. M. A. Kashem, G. Ledwich/ Queensland University of Technology, Australia,  
“DISTRIBUTED PRODUKSJON Impact on Rural Lines: Voltage Control and Line Protection Issues”
21. Jay Mariyappan, Joan Gregerson/ E Source, USA & Imperial College of Science, London, UK,  
“Advances in Distributed Energy Control & Communications Systems”
22. Edmund Handschin, Frank Uphaus, Thomas Wiesner/University of Dortmund, Germany,  
“The Integrated Services Power Network as a Vision of the Future Distribution Network”
23. Alec Stothert, Oliver Fritz, Marco Suter/ ABB Corporate Research, Switzerland,  
“Optimal Operation of a Virtual Utility”

## **VEDLEGG 3**

### **Informasjon om det nordiske prosjektet CODGUNet**

## **CONNECTION OF DISTRIBUTED ENERGY GENERATION UNITS IN THE DISTRIBUTION NETWORK AND GRID**

**Acronym: CODISTRIBUERT PRODUKSJONUNet**

### **BACKGROUND**

Different kinds of distributed energy generation technologies are developed world wide with large R&D budistribuert produksjonets. Typical for these technologies are a great number of production units, which are small in size (from 10 kW up to about 10-20 MW) and located near the consumption of energy. These units produce often electricity for a certain end-user. One main idea of these units is that while the consumption of the end-user increases, additional electricity is taken from the distribution network and when the consumption decreases, the generation unit may provide electricity to the network.

Of distributed generation technologies, especially wind power has already been largely applied but also other technologies, such as gas, diesel and biomass fired micro and mini turbines and CHP devices, solar cell systems etc., are in the phase of commercialisation.

Flexibility for the user and environmental aspects are often mentioned as the benefits of distributed energy generation. Until now, the competitiveness of distributed energy generation has been poor in electricity generation. Despite of that, many companies and interest groups strongly believe the future of distributed energy generation. For some technologies the improvement of competitiveness could be based on serial production of devices, for some on the economical benefits given by society due to environmental reasons. For most of the technologies the decisive factor for the commercialisation is, whether the distribution costs can be reduced from the price of produced electricity.

Connection of lot of small-distributed power generation units to the distribution network will have consequences related both to technological and legal matters. Typically distributed generation units are not owned by network or electricity companies. When distributed units become more common and the unit sizes increase, connection and disconnection effects on the net increase. The network and grid companies are especially worried on the variation of electricity generation causing problems in network balance and possible need for reserve capacity, and on the effect of different kinds of generators on the quality of electricity.

The quality of electricity has become critical by many customers, especially when it comes to changes of voltage (peaks, losses). Quality indexes and standards for electricity products are being developed. The effects of distributed electricity generation on the quality of electricity are thus more and more actual.

With the presently available simulation models and tools these effects can be evaluated more economically and easily than earlier. It is probably possible to develop a procedure with which the effects of distributed generation on the net can be calculated already in the planning phase, which could help to make proper decisions.

The economic questions are related to the tariffs, costs of connection and pricing of transmission of electricity in the trade between the network company and the generator.

The expectations on these aspects are very different by the distribution network companies, the developers of distributed generation technologies and potential customers to distributed technologies. The technological and commercial questions need to be specified to proceed in the discussion.

In addition to technological and economic questions, electrical safety may be needed to clarify for some generation devices.

Due to the development of the distributed generation technologies and the positive general attitude (among politicians and people) on these technologies in many countries the situation is changing. It is obvious that the connection and disconnection effects need to be specified and solved and the regulation and agreements related to the distributed generation in the network need to be re-evaluated.

## CONNECTION TO THE ONGOING EUROPEAN RESEARCH

ENIRDISTRIBUERT PRODUKSJONnet = EUROPEAN NETWORK FOR INTegration of RENEWABLE ENERGY SOURCES AND DISTRIBUTED GENERATION (IBERDROLA coordinated EU Project proposal)

The 6th R&D framework program preparation is going on in EU Commission. In preliminary plans distributed generation has a central role. Thus there is a large interest on the international R&D forum to participate in Distributed Generation projects and preliminary work of this area. As an example of this kind of multinational prework project which is under consideration is "European Network for Integration of Renewable Energy Sources and Distributed Generation", acronym ENIRDGNnet. Because the decision to start the above mentioned project is already done, there will be a clear synergy and co-operation possibility with the proposed CODGUNet research. More information from the European co-operation project will be got from VTT Energy, Ritva Hirvonen. She is a Finnish representative in the preparation of this project.

Another ongoing Nordic activity with international connection is a Swedish doctorate project sponsored by Elforsk at KTH. "Distributed generation in a deregulated market environment" performed by Thomas Ackerman. Lund University/LTH, Department of Industrial Electrical Engineering and Automation (IEA) has a special competence in the area of effects on power systems and dispatch control. Also in this case a co-operation would be beneficial for all parties.

## OBJECTIVES AND SCOPES OF CODISTRIBUERT PRODUKSJONUNet

The selected generation technology, protection and communication solutions, case study examples, network parameters and power quality demands must reflect the Nordic industrial praxis striving to fulfil also the becoming European demands.

**The objective is:**

- To identify and specify the issues (problems and possibilities) related to more common use of distributed generation in the network, which are of interest for the Nordic electricity utilities for their future planning. The main topics are such as quality of electricity, electrical safety, legal matters, connection terms, costs and tariffs.

- To provide information on technical issues related to the connection of DISTRIBUTED PRODUKSJON in the distribution network and grid.
- To collect and to evaluate the available information from different countries (Nordic countries, Germany, The Netherlands, UK) on present and planned regulation and rules and the experiences gained by the network companies.
- To develop solutions to the technological issues such as the quality of electricity with simulation tools and other calculation methods. The case studies will be specified later.

## **EXECUTION OF THE PROJECT**

The responsible coordinator of the Finnish part of the project will be Oy Merinova Ab and partners participating in the execution VTT Energy, University of Vaasa, Research Center Technobothnia, SINTEF, Vattenfall Utveckling (VUAB), LTH and Elforsk. The project will be supported by the project partners, Electric Power Pool and the Nordic energy associations, who will provide information.

Steering committee: Funding organisations; Finergy, Elforsk, STEM, TEKES, EBL-Kompetance.

Project manager: Merinova, Sauli Jäntti

## **SCHEDULE, COSTS AND FUNDING**

### **Schedule and costs**

Preliminary part of the project would last app. 6 months and technological part about 1-2 years. The research work can be made partly parallel.

The main topics for the WP:s are specified below. In all WP:s there should be an initial phase stating more in detail the aim and the expected outcome as time and resources are limited.

Work Package	Work package title	Work package coordinator	Participants	Finnish work, €	Swedish work, €	Norw. work, €	Total Cost €
WP 1	General overview on the issues related to the connection of DISTRIBUERT PRODUKSJON in the network	VTT Energy Risto Komulainen	VTT Energy	30000			30000
WP 2	Present status of DISTRIBUERT PRODUKSJON in Nordic countries (possibly also Germany, Netherlands and UK)	VTT Energy Risto Komulainen	VTT Energy SINTEF	22500		3000	25500
WP 3	Specific characteristics of different generation technologies	VUAB Saga Häggmark	VUAB Technobothnia Elforsk	30000	68400		98400
WP 4	Network connection of different types of distributed energy generations, technological analyses	Technobothnia Kimmo Kauhaniemi	Technobothnia SINTEF LTH	75000	10500	10000	95500
WP 5	Effects on power system	SINTEF Anngjerd Pleyrn	SINTEF VUAB, LTH (spec: dispatch control)		52600	42500	95100
WP 6	Analysis of large scale DISTRIBUERT PRODUKSJON for network business	VTT Energy Risto Komulainen	VTT Energy VUAB	15000	21100		36100
WP 7	Summary and proposal for further studies Project management	Merinova Sauli Jäntti	Merinova Actors of WP's	37500	23000	7000	67500
WP 8	Dissemination of results	Merinova Sauli Jäntti	Merinova Elforsk EBL-Kompetance	20000	7400		27400
				230000	183000	62500	475500

Each WP write own reports, which is to be included in the budistribuert produksjonet for each WP. Travel expenses should be included in each WP budistribuert produksjonet. WPs 3, 4 and 5 form the core of the project and they are closely interrelated. These WPs will be conducted in close cooperation between the project partners.

### **WP 1. General overview on the issues related to the connection of DISTRIBUERT PRODUKSJON in the network**

- Practices, problems and ongoing research activities in certain European countries
- Typical distribution network performance with various types of generation units, experience gained and problems encountered with different techniques.
- Prevalence of different forms of DISTRIBUERT PRODUKSJON and grid connection techniques.
- Comparison of different forms of DISTRIBUERT PRODUKSJON from different perspectives (regulators, network companies, producers, consumers).
- Drivers and barriers to wider implementation of DISTRIBUERT PRODUKSJON, possible technical barriers for grid connection.
- Economical, social and organisational factors, barriers created by legislation and authorities. Business models used in economical estimations, current levels of costs, benefits and profitability.

- Future, trends on the market and focuses.

**Results:** Identification of problems and opportunities related to the most common issues in grid connection and operation.

## **WP 2. Present status of DISTRIBUERT PRODUKSJON in the Nordic Countries**

Using interviews and literature survey, the present status of DISTRIBUERT PRODUKSJON will be investigated especially in the Nordic Countries. Germany, Holland and the UK will be examined, too.

- Recommendations, regulations, instructions: contents and coverage.
- Ongoing national and company-wide development projects, guidelines, instructions and approval procedures.
- Experience on different types of connection techniques and functions: technology, safety, control and protection, economic aspects.

**Results:** Comparison of "rules", instructions and guidelines in different countries and experience of network companies on the functionality of the rules.

## **WP 3. Characteristics of different generation technologies**

Characteristics of different generation technologies from the point of view of the network.

- E.g. wind, diesel and photovoltaic units.
- Energy storage
- Environmental aspects
- Obstacles/standardisation – it has to be easy and cheap to install a DISTRIBUERT PRODUKSJON plant
- "Embedded" generation (very small scale production)
- DISTRIBUERT PRODUKSJON for increased power availability
- Technical solutions of grid connection.
- Influence on power quality and reliability.
- Cost of generation.
- State of the art, future trends.

### **Results:**

- Information on technical and economic aspects of different forms of generation.
- Basic definitions for WP 4.

## **WP 4. Technical analysis of network connection of different types of generation units**

Technical aspects of network connection will be analysed using advanced simulation models and, when possible, measurements from existing units in Finland. Previous studies will be utilised.

- Case studies, mainly defined in work package 3. After the first case study the results will be analysed and the rest of the cases will be defined.
- Protection of different type of generation units.
- Voltage disturbances, change of voltage level.
- Harmonics

### **Results:**

- Detailed information on technical properties of different forms of generation and the functionality of individual technical solutions.
- General purpose simulation models for further studies.

## **WP 5 Effects on power system**

- frequency control

- effects on other generation facilities
- criteria's for optimal control
- grid reinforcement with high level of DISTRIBUERT PRODUKSJON
- dispatch control, use of IT (ex: New distribution technology, "Virtual utility, "Distributed intelligence)
- peak power supply, forecasts

#### **WP 6. Analysis of how large scale DISTRIBUERT PRODUKSJON affects network business**

Key economic figures will be collected from companies running DISTRIBUERT PRODUKSJON. New business opprtunities and models will be examined. A separate study will be carried out on the influence of the share of DISTRIBUERT PRODUKSJON on network companies.

The work includes no modelling or simulation. Existing data will be used.

**Results:** Information on technical and economic aspects when the share of DISTRIBUERT PRODUKSJON increases.

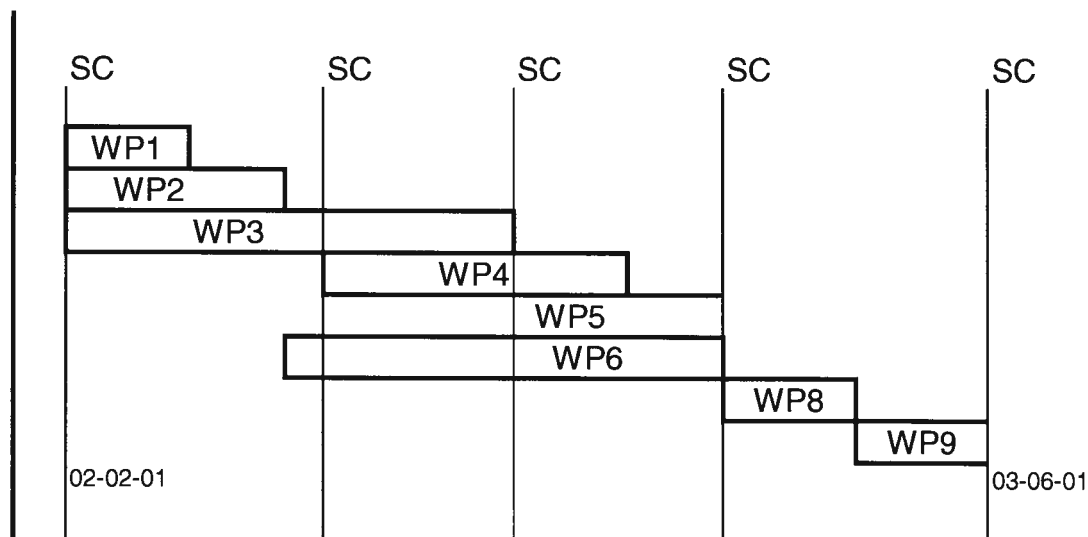
#### **WP 7. Summary and proposal for further studies / Project coordination**

**Results:** Final report of the project.

#### **WP 8. Dissemination of the results**

**Results:** Seminars

#### **Time schedule**



SC= Steering Committee meeting

Project start is estimated to 2002-02-01 and final report 03-06-01.



**SINTEF Energi AS**  
SINTEF Energy Research

No-7465 Trondheim  
Telephone: + 47 73 59 72 00  
[energy.research@sintef.no](mailto:energy.research@sintef.no)  
[www.sintef.no/energy](http://www.sintef.no/energy)