EKSTERN RAPPORT

Nr 7/2019

Nettkundenes nytte av en oppgradering av lavspenningsnettet

Oslo Economics

Ekstern rapport nr 7-2019

Nettkundenes nytte av en oppgradering av lavspenningsnettet

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktør: Eirik Eggum
Forfatter: Oslo Economics

Trykk: NVEs hustrykkeri
Forsidefoto: Oslo Economics
ISBN: 978-82-410-1822-0

Sammendrag:

Emneord:

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Epost: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

Februar 2019

Forord

Norge har et annet nettsystem i lavspenningsnettet enn de fleste andre land i Europa. Når et nettsystem først er tatt i bruk i et område er det vanligvis kostbart å endre det. I Norge ble 230 V IT-system valgt, og i dag er Norge et av få land som fremdeles bygger 230 V IT-nett til alminnelig distribusjon.

De siste 30–40 årene har det imidlertid vært sterk oppslutning om bruk av 230/400 V TN-system, og nye nettområder blir i stor grad utført som TN-system. Reinvesteringer og fortettinger i eksisterende nettområder blir derimot som regel utført som det eksisterende, dvs. 230 V IT.

Elektrisk utstyr som produseres på verdensmarkedet tilpasses i liten grad til det norske IT-systemet. Særlig er det utfordrende med trefaseutstyr, som krever tilpasninger før bruk i Norge. Enten må utstyrsleverandøren sørge for ombygging til enfase, utruste utstyret med skilletransformator eller kreve at strømforsyningen legges til rette for utstyret. Slike tilpasninger utløser kostnader i verdikjeden som ender opp hos sluttbruker.

På oppdrag fra NVE har Oslo Economics kartlagt og kvantifisert hvilke ekstra kostnader nettkunder påføres ved å være tilknyttet 230 V IT-nett. De har videre sett på krav og incentiver i dagens regulering av nettvirksomheten for å se om det er noen virkninger av IT-nett som ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til i gjeldende regulering. På bakgrunn av dette har Oslo Economics gitt anbefalinger til hvordan reguleringen kan endres for å i større grad ta hensyn til disse virkningene for kundene i den videre utviklingen av lavspenningsnettet.

Rapporten bidrar til å gi NVE økt forståelse av problemstillingen.

Innholdet i rapporten står for Oslo Economics sin regning, og reflekterer ikke nødvendigvis NVEs syn.

Oslo, februar 2019

Ove Flataker
direktør
Reguleringsmyndigheten for energi

Torfinn Jonassen
seksjonssjef
Regulering av nettjenester

Nettkundenes nytte av en oppgradering av lavspenningsnettet

Utredning for Norges vassdrags- og energidirektoratet (NVE)
OE-rapport 2018-38

oslo**economics**

Om Oslo Economics

Oslo Economics utreder økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, myndigheter og organisasjoner. Våre analyser kan være et beslutningsgrunnlag for myndighetene eller et informasjonsgrunnlag i rettslige prosesser. Vi forstår problemstillingene som oppstår i skjæringspunktet mellom marked og politikk.

Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.

Samfunnsøkonomisk utredning

Oslo Economics gjennomfører samfunnsøkonomiske analyser for offentlige og private virksomheter i forbindelse med investeringer og implementering av offentlige tiltak. Vi har bred erfaring med å benytte rammeverket på tiltak og investeringer på en rekke samfunnsområder.

Innen kraftsektoren jobber Oslo Economics for sentrale aktører som Olje- og energidepartementet, Norges vassdrags- og energidirektorat, Statnett, NordREG, Energi Norge, samt norske kraftselskaper. Vi har konsulenter med bred erfaring fra ulike deler av kraftsektoren, både fra tidligere arbeidsforhold, forskning og prosjekter.

Nettkundenes nytte av en oppgradering av lavspenningsnettet/OE-rapport 2018-36
© Oslo Economics, 15. november 2018
Kontaktperson:
Jostein Skaar / Senior partner
jsk@osloeconomics.no, Tel. +47 959 33 827

Innhold

Sammendrag og konklusjoner 4

Executive summary 7

1. Om oppdraget 10

1.1 Bakgrunn for utredningen 10

1.2 Oppdrag og avgrensning 10

1.3 Utredningsmiljø og utredningsperiode 10

1.4 Informasjonskilder 11

1.5 Rapportens innhold 11

2. Kort om utfordringene i det norske lavspenningsnettet 12

2.1 Utgangspunkt: Ulike nettsystem i Norge og Europa 12

2.2 Utfordring: Elektrifisering og krav til energieffektivitet gir flere apparater designet for annerledes nettsystem enn det som er vanlig i Norge 13

3. Kort om reguleringen av nettselskaper 15

4. Identifisering av relevante nyttevirkninger for nettkunder 17

4.1 Oversikt over samlede virkninger av omlegging fra IT-til TN-nett 17

4.2 Nytte for nettkunder som ikke blir tatt tilstrekkelig hensyn til i reguleringen 18

4.3 Lavere tilpasningskostnader for nettkunder 20

4.4 Økt nytte av elektriske apparater for nettkunder 23

4.5 Andre nyttevirkninger 24

4.6 Oppsummering av nytte for nettkunder 25

5. Verdsettelse av nyttevirkninger for nettkunder 26

5.1 Metode for verdsettelse av nettkundenes nytte 26

5.2 Verdsettelse av lavere tilpasningskostnader 26

5.3 Verdsettelse av økt nytte av elektriske apparater 30

5.4 Verdsettelse av reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil 32

5.6 Samlet oversikt over verdsatte virkninger 33

6. Fremtidig utvikling i nyttevirkninger for nettkunder 35

6.1 Utvikling i underliggende drivere 35

6.2 Forventet fremtidig utvikling 36

7. Samlet vurdering og behov for regulatoriske endringer 37

7.1 Samlet vurdering av vesentlighet av nyttevirkninger for nettkunder 37

7.2 Hvordan reguleringen kan endres for å ta hensyn til nytten for nettkundene 37

8. Referanser 40

Sammendrag og konklusjoner

NVE har gitt Oslo Economics i oppdrag å analysere nettkundenes nytte av en oppgradering av lavspenningsnettet fra nettsystemet som er vanligst i Norge (IT-nett), til nettsystemet som er vanligst ellers i Europa (TN-nett). Analysen viser at det er flere vesentlige nyttevirkninger av et oppgradert lavspenningsnett for nettkunder og at disse ikke er tilstrekkelig hensyntatt i reguleringen av nettselskap. Videre viser analysen at deler av inntektsreguleringen kan gi nettselskap insentiver til å fortsette å reinvestere i IT-nett.

For å bidra til at nettselskap velger å oppgradere lavspenningsnettet til TN-nett når det er samfunnsøkonomisk lønnsomt, kan regulator vurdere å 1) Endre kostnadsindikatoren i inntektsreguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett, 2) Direkteregulere at TN-nett skal velges ved bygging av nye nettområder, og 3) Inkludere nytten av TN-nett for nettkunder i inntektsreguleringen slik at den blir hensyntatt ved reinvesteringer.

Kort om utfordringene i det norske lavspenningsnettet

Et nettsystem er en bestemt måte å distribuere elektrisitet i lavspenningsnettet. Det vanligste nettsystemet i Norge er 230V IT-nett (IT-nett), mens det rådende nettsystemet i Europa er 230/400V TN-nett (TN-nett). TN-nett skiller seg fra IT-nett ved at det er jordet, og at det uten tilpasninger kan gi nettkunden trefase 400V forsyning, for eksempel til hurtig elbillading. I tillegg blir mange effektkrevende apparater i IT-nett koblet til enfase 230V heller enn trefase 400V, noe som gjør IT-nett er mer utsatt for spenningsproblemer enn TN-nett.

Blant annet fordi elektriske apparater internasjonalt blir designet for TN-nett, har det de siste 30-40 årene vært sterk oppslutning om bruk av TN-nett for allmenn distribusjon. Nye nettområder blir i hovedsak bygget som TN-nett og det er liten tvil om at nettselskap ville valgt TN-nett om man skulle designet og bygget ut det norske lavspenningsnettet på nytt.

Når IT-nett først er tatt i bruk i et område er det imidlertid kostbart å endre til TN-nett. Grunnen er at nettstasjon, kabelskap, stikkledninger, hovedfordeling, kabler og underfordelinger er tilpasset opprinnelig nettsystem. Spørsmålet er om det likevel kan vært hensiktsmessig å endre nettsystem når større reinvesteringer i IT-nett uansett skal foretas. Dette er en særlig aktuell problemstilling nå, ettersom nettselskapene planlegger investeringer i lavspenningsnettet på rundt 1,5 mrd. kroner per år frem mot 2025 (NVE, 2018).

Oppdrag og avgrensning

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det viktig at reguleringen av nettselskap er utformet på en måte som sørger for at nettselskap velger det samfunnsøkonomisk mest lønnsomme nettsystemet i nye og etablerte nettområder, alle nytte- og kostnadsvirkninger medberegnet. Hovedspørsmålet i denne utredningen, er om reguleringen av nettselskap tar tilstrekkelig hensyn til nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder.

Som et innspill til NVEs regulering av nettselskap har Oslo Economics analysert:

1. **Krav og insentiver i gjeldende regulering av nettvirksomheten:** Er det noen nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder som ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til i gjeldende regulering av nettvirksomheten?
2. **Nyttevirkninger for nettkunder:** Er disse nyttevirkningene vesentlige nok til å rettferdiggjøre en endring i reguleringen?
3. **Mulige endringer i reguleringen**: Hvordan reguleringen kan endres for å sørge for at nettselskapene i større grad tar hensyn til nyttevirkninger for nettkunder når de velger nettsystem?

I analysen vurderer vi kun nyttevirkninger for nettkundene. Kostnader som kan oppstå for dem eller andre som en følge av en oppgradering til TN-nett er ikke vurdert. På grunn av denne avgrensningen, må analysen leses som et av flere innspill til en helhetlig vurdering av reguleringen av nettselskap.

Krav og insentiver i gjeldende regulering av nettvirksomheten

Vi har identifisert at nettkunder får flere fordeler av en overgang til TN-nett som til dels ikke blir hensyntatt og til dels ikke blir tilstrekkelig hensyntatt i reguleringen av nettselskap. Dette gjelder først og fremst fordelen knyttet til at nettkunder med TN-nett kan slippe tilpasningskostnader for å ta i bruk elektriske apparater som krever TN-nett, for eksempel apparater som hurtigladere for elbil, heiser, varmepumper, melkemaskiner mv. I tillegg kommer fordelen TN-nett gir i form av færre spenningsproblemer og dermed økt nytte av elektriske apparater for nettkundene (eksempelvis i form av færre ladeproblemer).

Blant annet fordi TN-nett har høyere spenning og er mindre utsatt for spenningsfall enn IT-nett, kan det i mange tilfeller betjene en gitt kundemasse med færre nettstasjoner. Denne fordelen ved TN-nett er i gjeldende regulering til dels en ulempe for nettselskapene. I inntektsrammereguleringen brukes antall nettstasjoner som en indikator på kostnadene til nettdriften og et lavere antall nettstasjoner kan isolert sett gi lavere inntektsramme til nettselskapet.

Oppsummert blir ikke nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder tilstrekkelig hensyntatt i reguleringen av nettselskaper. I tillegg er det deler av inntektsrammereguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett.

Nyttevirkninger for nettkunder

Vi har identifisert tre hovedkategorier av nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder, som i utilstrekkelig grad er tatt hensyn til i reguleringen av nettselskap: Lavere tilpasningskostnader, økt nytte av elektriske apparater og andre nyttevirkninger. I Tabell 1-1 gjengir vi disse hovedkategoriene og tilhørende underkategorier (konkrete nyttevirkninger).

Tabell 1-1: Verdsettelse av nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder med IT-nett (estimat 2017)

Type nyttevirkning	Konkret nyttevirkning	Nyttevirkning i 2017
Lavere tilpasningskostnader	Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer	Ca. 130-390 mill. kr.
	Reduserte tilpasningskostnader hos produsent og bredere vareutvalg	Ca. 7-25 mill. kr.
	Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer	Stor nyttevirkning (ikke prissatt)
	Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett	Liten nyttevirkning (ikke prissatt)
Økt nytte av elektriske apparater	Økt nytte for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/evne til å dekke tilpasningskostnader i dag	Stor nyttevirkning (ikke prissatt)
	Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer	Middels nyttevirkning (ikke prissatt)
	Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett	Liten nyttevirkning (ikke prissatt)
Andre nyttevirkninger	Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil	Middels nyttevirkning (ikke prissatt)
Sum prissatte virkninger		Ca. 140-420 mill. kr.
Sum ikke-prissatte virkninger		Flere nyttevirkninger
Samlet vurdering av nyttevirkninger for nettkunder		**Vesentlig samlet nytte**

De prissatte nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder som har IT-nett i dag er estimert til mellom 140 og 420 mill. kr. i 2017. I tillegg kommer flere ikke-prissatte nyttevirkninger.

De aller fleste nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder ventes å bli viktigere fremover ettersom elektrifisering og krav til energieffektivitet gir flere apparater designet for et annet nettsystem (TN-nett) enn det som er vanlig i Norge (IT-nett). Økt bruk av apparater laget for TN-nett kan føre til høyere tilpasningskostnader i form av skilletransformatorer og tilpasninger hos produsent enn i dag. Nyttevirkningene av TN-nett i form av reduserte spenningsproblemer vil potensielt bli av stor betydning i fremtiden. Det er vanskelig å si hvor store spenningsproblemer som vil forårsakes av at en økende mengde effektkrevende apparater designet for TN-nett blir installert i norske IT-nett.

Mulige endringer i reguleringen

Vår vurdering er at nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder kan være av vesentlig verdi og derfor kan bli tatt hensyn til i reguleringen av nettselskap. For å gi nettselskap riktigere insentiver ved valg av nettsystem kan regulator vurdere å:

1. Endre kostnadsindikatoren i inntektsreguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett
2. Direkteregulere at TN-nett skal velges i nye områder
3. Inkludere nytten av TN-nett for nettkunder i inntektsreguleringen slik at den blir hensyntatt ved reinvesteringer

Mulig tiltak 1: Endre kostnadsindikatoren i inntektsreguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett

Fordi antall nettstasjoner brukes som en kostnadsindikator i inntektsrammereguleringen kan en overgang til TN-nett, og en tilhørende reduksjon av antall nettstasjoner, gi lavere inntektsramme til nettselskap som velger det. For å rette opp i dette utilsiktede hinderet for valg av TN-nett, kan regulator erstatte antall nettstasjoner med annen indikator for kostnadene med nettvirksomhet.

En alternativ kostnadsindikator bør ideelt sett være et objektivt mål på kostnadene med nettdrift i et gitt område, og ikke kunne påvirkes av nettselskaper, slik som indikatoren «antall nettstasjoner» kan. Med ikke-påvirkbare indikatorer på kostnadsdrivere vil nettselskapene i større grad styres av insentiver til å tilby nettkunder en god tjeneste til en lavest mulig kostnad. En mulig alternativ kostnadsindikator kunne være å bruke geografiske koordinator på nettkundene, etter modell fra reguleringen av nettselskap i Sverige.

Mulig tiltak 2: Direkteregulere at TN-nett skal velges i nye områder

Dersom det var klart samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere til TN-nett i forbindelse med alle typer reinvesteringer, kunne det, fra et samfunnsøkonomisk perspektiv, rettferdiggjøre å forskriftsfeste krav om at nettselskap ved alle reinvesteringer skal velge TN-nett. Vi har imidlertid ikke grunnlag for å si at dette vil være tilfelle. Kostnadene av en oppgradering av hele lavspenningsnettet i Norge kan ha en nåverdi på et to- til tresifret milliardbeløp (Seljeseth, 2013). Det er sannsynlig at det i mange tilfeller av reinvesteringer ennå vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å fortsette å investere i eksisterende nettsystem, selv når alle virkninger tas med i vurderingen. Kun ved nye nettområder kan det være klart lønnsomt, både for nettselskapet og samfunnet, å velge TN-nett. Dersom undersøkelser viser at IT-nett velges i flere nye nettområder, og at TN-nett er samfunnsøkonomisk lønnsomt i nye nettområder, kan regulator vurdere om det vil være hensiktsmessig å forskriftsfeste at alle nye nettområder skal bygges som TN-nett.

Mulig tiltak 3: Inkludere nytten av TN-nett for nettkunder i inntektsreguleringen slik at den blir hensyntatt ved reinvesteringer

Et annet mulig tiltak er å endre inntektsreguleringen slik at nettselskap som tilbyr TN-nett til sine abonnenter premieres for det økonomisk. Ved å inkludere en kvalitetsvariabel som fanger opp nytten av TN-nett for nettkundene, kunne reguleringen bidratt til at denne nytten blir tilstrekkelig hensyntatt i nettselskapenes valg av nettsystem ved reinvesteringer.

En mulig innvendig mot å inkludere en kvalitetsvariabel som TN-nett i inntektsreguleringen er at det sannsynligvis ikke vil være mulig å nøyaktig fastsette i kroner akkurat hvor stor kvalitetsvariabelen per nettkundetype bør være. Etter vår vurdering bør denne innvendingen imidlertid kun tilsi at regulator bør være forsiktig i sin fastsettelse av størrelsen på en eventuell kvalitetsvariabel.

Executive summary

NVE has commissioned Oslo Economics to analyse the benefits for grid customers of an upgrade of the low-voltage distribution grid. Specifically, we analyse potential benefits for customers of a transition from the prevailing earthing system in Norway (the IT-system) to the earthing system most commonly used in Europe (the TN-system). The analysis identifies several significant benefits for customers of a transition to the TN earthing system for power distribution, in which several are not adequately incorporated in the regulation of Distribution System Operators (DSOs/ utilities). Furthermore, the analysis finds that parts of the regulation of DSOs may give incentives to choose IT- over TN-systems in their reinvestment decisions.

To ensure that DSOs choose to upgrade the low voltage distribution grid to a TN-system whenever this is socioeconomically efficient, the regulator may: 1) Change the cost indicator in the revenue regulation which unintentionally may prevent DSOs from choosing the TN-system, 2) Require that new grid areas must be constructed using the TN-system, and 3) Include the benefits of the TN-system for customers in the revenue regulation, as to make sure that DSOs take these benefits into account when making grid reinvestments.

Briefly about the challenges of the Norwegian low-voltage distribution grid

The 230V IT earthing system (henceforth the IT-system) is the prevailing type of electrical power distribution system in the low-voltage segment of the distribution grid in Norway. The prevailing type of earthing system in the rest of Europe is the 230/400V TN earthing system (henceforth the TN-system). The TN-system differs from the IT-system in how it provides system earthing. Further, the TN-system may provide three-phased 400V power supply without adaptations such as isolation transformers. In addition, electric appliances with high power consumption are often connected to the grid by one-phased 230V in IT-systems, rather than three-phased 400V. This makes IT-system distribution grids more prone to voltage problems than TN-systems.

Because electrical appliances internationally are designed for the TN-system, as well as for other reasons, there has been strong support for the use of the TN-system the last 30 to 40 years. New grid areas in Norway are built as TN-systems and there is little doubt that DSOs would have chosen the TN-system if they were to rebuild the Norwegian low-voltage distribution grid from scratch.

However, once the IT-system is installed in an area, it is often disproportionately expensive to switch to the TN-system. The reason is that the substation, cables and other parts of the distribution grid are adapted to the original system. However, it may be efficient to upgrade to a TN-system when undertaking major reinvestments in IT-system distribution grids. This is a relevant issue, as Norwegian DSOs are planning NOK 1.5 billion annual investments in the low-voltage grid towards 2025 (NVE, 2018).

Analysis and limitations

From a socioeconomic point of view, it is important that the regulation ensures that DSOs choose the most economically sound earthing system for electrical power distribution in both new and existing grids, by taking into account all cost and benefit effects. The main question of this analysis is whether the benefits for grid customers of a TN-system is sufficiently incorporated in the regulation of DSOs. As an input to NVE's regulation of DSOs, Oslo Economics has analysed:

1. **Requirements and incentives in the current regulation of DSOs:** Are there benefits of the TN-system for grid customers that is not adequately incorporated in the current regulation of DSOs?
2. **Benefits for grid customers:** Are these benefits of a scale that justifies a change in the regulation?
3. **Potential regulatory changes:** How may the regulation be changed to ensure that DSOs incorporate the identified benefits for grid customers when choosing an earthing system for the distribution system?

The analysis is limited to considering only the benefits of the TN-system for grid customers. Any costs that may arise for grid customers or other parties because of a transition to the TN-system are not considered.

Thus, the analysis must be used as one of several contributions to a comprehensive assessment of the regulation of DSOs.

Requirements and incentives in the current regulation of DSOs

We have identified several significant benefits for grid customers of a transition to the TN-system for power distribution, in which several are not adequately incorporated in the regulation of DSOs. Primarily, the identified benefits are avoided costs for customers associated with adaptations needed to use electric devices which require the TN-system. This includes costs associated with adaptations such as isolation transformers for devices such as fast-chargers for electric vehicles, lifts, heat pumps and milking machines. In addition, the TN-system gives customers benefits in the form of fewer voltage problems, for instance charging problems, compared to the IT-system. Thus, customers with TN-system may achieve increased utility from their electric devices.

As TN-systems have higher voltage and are less exposed to voltage drops than IT-systems, it may in many cases serve a given customer base with fewer substations. In the current regulation of Norwegian DSOs, a reduction of substations, may reduce the DSOs revenue cap. The reason is that the number of substations is used as an indicator for the costs of grid operation.

In sum, the benefits of the TN-system for grid customers are not adequately incorporated in the regulation of DSOs. In addition, there are parts of the revenue regulation that unintentionally may prevent DSOs from choosing the TN-system when it is socioeconomically efficient.

Benefits for grid customers

We have identified three main categories of benefits for grid customers connected to TN-systems, which are not adequately incorporated in the regulation of DSOs. These are: Lower adaption costs for electrical appliances, increased utility of electrical appliances, and other benefits. In Table 1-2 we illustrate the main categories and their subcategories (specific benefits for customers).

Table 1-2: Estimated benefits of TN-system for grid customers currently connected to IT-systems

Main categories	Subcategories: Specific benefits	Total value in 2017
Lower adaptation costs for electrical appliances	Lower installation costs associated with new isolation transformers	~ 130-390 MNOK
	Lower costs associated with customizations by manufacturers	~ 7-25 MNOK
	Lower operation costs of existing isolation transformers	Large benefit (impact not monetized)
	Lower need for investment contributions to replace IT- with TN-systems	Small benefit (impact not monetized)
Increased utility of electrical appliances	Increased utility for customers who desire appliances which require TN-system, with low willingness to pay for adaptations	Large benefit (impact not monetized)
	Increased utility of electrical appliances due to less voltage problems	Medium benefit (impact not monetized)
	Increased utility due to fewer issues with the particularities of the IT-system	Small benefit (impact not monetized)
Other benefits	Lower costs and fewer personal injuries due to ground fault	Medium benefit (impact not monetized)
Sum monetized benefits		~ 140-420 MNOK
Sum non-monetized benefits		Several benefits
Overall assessment of total benefits for grid customers		**Substantial benefit**

The monetized benefits for grid customers, currently using the IT-system, of a transition to the TN-system is estimated to between 140 and 420 MNOK in 2017. In addition, there are several non-monetized benefits.

Most benefits of the TN-system for grid customers are expected to increase in the future, as electrification and energy efficiency requirements are expected to lead to more devices designed for a different system for electrical distribution (TN-system) than what is common in Norway (IT-system). Increased use of devices designed for the TN-system may lead to higher costs of adaptations, for instance in the form of increased installation costs for isolation transformers. The benefits of the TN-system in terms of fewer voltage problems may potentially become very important in the future. It is challenging to predict how an increase in appliances with high power consumption will affect the Norwegian IT-system grid.

How the regulation may be changed

We conclude that the benefits for grid customers associated with a TN-system for power distribution may be of substantial size, and therefore could be incorporated in the regulation of DSOs. To provide DSOs with proper incentives, the regulator may:

1. Change the cost indicator in the revenue regulation which unintentionally may prevent DSOs from choosing the TN-system
2. Require that new grid areas must be built using the TN-system
3. Include the benefits of the TN-system for customers in the revenue regulation, as to make sure that DSOs take this benefit into account when making reinvestments in the grid

Possible measure 1: Change the cost indicator in the revenue regulation which unintentionally may prevent DSOs from choosing the TN-system

In the current revenue regulation of DSOs, the number of substations is used as an indicator of the costs of grid operation. Thus, an upgrade to the TN-system, which may reduce the number substations, may lead to a lower revenue cap for a DSO choosing to upgrade its low voltage grid. To remove this unintentional barrier to investment in the TN-system, the regulator may seek to replace the indicator "number of substations", with another indicator of the costs of grid operation.

An alternative cost indicator should ideally be an objective (exogenous) measure of grid operating costs in a given area, which cannot be affected by the choices of grid companies. With an exogenous indicator of the cost of grid operation, DSOs will get stronger incentives to provide customers with a good service at the lowest possible cost. A potential alternative cost indicator could be the geographic coordinates of grid customers, reflecting the spatial distribution (inspired by the Swedish regulation of DSOs).

Possible measure 2: Require that new grid areas must be built using the TN-system

If an upgrade to the TN-system was clearly economically efficient in all cases of reinvestments, it could justify regulation requiring that DSOs upgrade to the TN-system when making reinvestments. We do not have any evidence to support that this measure would be socioeconomically efficient. The cost of upgrading the entire low-voltage distribution grid in Norway can potentially have a present value in the scale of two to three digits of BNOK (Seljeseth, 2013). It is likely that in many cases, reinvestments in the IT-system will be economically efficient, even when all effects are included. However, in the case of new grid areas, choosing the TN-system may be clearly socioeconomically efficient. If future analyses show that the IT-system is selected in several new grid areas, and that the TN-system is economically profitable when investing in new grid areas, the regulator should consider whether it would be appropriate to require that all new grid areas should be constructed using the TN-system.

Possible measure 3: Include the benefits of the TN-system for customers in the revenue regulation, as to make sure that DSOs take this benefit into account when making reinvestments in the grid

Another possible measure is to change the revenue regulation of DSOs such that DSOs that offer the TN-system to their customers are rewarded financially. By including a quality variable that captures the benefit of the TN-system for customers, the regulation could help ensure that this benefit is adequately considered in DSOs choice of the type of earthing system (IT/TN) when making reinvestments.

One possible objection to including TN-system as a quality variable in the revenue regulation is that it will likely be difficult to accurately quantify its monetized value. In our view, this objection can be handled by assuring that the regulator is careful when determining the size of a possible quality variable.

1. Om oppdraget

1.1 Bakgrunn for utredningen

Et nettsystem er en bestemt måte å distribuere elektrisk energi i lavspenningsnettet fra fordelingstransformatoren til nettkunden.

Problemstillingen rundt valg av nettsystem i Norge har vært oppe til diskusjon gjentatte ganger, og ble første gang tatt opp på 1930-tallet. I Norge ble i hovedsak IT-nett valgt, mens mesteparten av Europa valgte TN-nett. I dag er Norge et av få land som fremdeles investerer i IT-nett til alminnelig forsyning.

Utstyr som produseres på verdensmarkedet tilpasses i liten grad til det norske IT-nettet. Mange elektriske apparater, for eksempel hurtigladere for elbil og varmepumper, må det derfor gjøres tilpasninger til før de kan brukes i det norske IT-nettet. Disse tilpasningene utløser kostnader i verdikjeden som ender opp hos sluttbruker.

De siste 30-40 årene har det vært sterk oppslutning om bruk av TN-nett for allmenn distribusjon. Det er liten tvil om at netteierne ville benyttet TN-nett om man skulle designet og bygget ut det norske lavspenningsnettet på nytt. Dette illustreres ved at nye nettområder svært ofte blir utført som TN-nett.

Når et nettsystem først er tatt i bruk i et område er det imidlertid kostbart å endre til et annet nett-system. Nettstasjon, kabelskap, stikkledninger til bygninger, hovedfordeling, kabler og under-fordelinger i skap er tilpasset opprinnelig nett-system. Det er derfor ikke aktuelt å ombygge et nytt IT-nett til TN-nett. Spørsmålet er heller om dette kunne vært hensiktsmessig å legge om fra IT- til TN-nett når større reinvesteringer i IT-nett uansett skal gjøres, ettersom nettselskapet da uansett skal gjøre reinvesteringer, for eksempel i nettstasjonene. Dette er en særlig aktuell problemstilling nå, ettersom norske nettselskap planlegger investeringer i lavspenningsnettet i størrelsesorden 1,5 milliarder kroner per år frem mot 2025 (NVE, 2018).

Erfaringen med reinvesteringer hittil viser at nettselskapene i de aller fleste tilfeller velger å erstatte gammelt IT-utstyr med nytt IT-utstyr, heller enn å oppgradere nettområdene til TN-nett.

Dette tyder på at det for nettselskapene, under dagens regulering, er bedriftsøkonomisk lønnsomt å fortsette å investere i IT-nett, selv ved reinvesteringer. Det er imidlertid ikke gitt at det som er bedriftsøkonomisk fordelaktig for nettselskapet er økonomisk fordelaktig for samfunnet som helhet.

1.2 Oppdrag og avgrensning

Fra et samfunnsøkonomisk perspektiv er det viktig at reguleringen av nettselskap er utformet på en måte som sørger for at nettselskap velger det samfunnsøkonomisk mest lønnsomme nettsystemet i nye og etablerte nettområder, alle nytte- og kostnadsvirkninger medberegnet. Spørsmålet i denne utredningen, er om reguleringen av nettselskap tar tilstrekkelig hensyn til nytte-virkningene av TN-nett for nettkunder.

Som et innspill til NVEs regulering av nettselskap har Oslo Economics analysert:

1. **Krav og insentiver i gjeldende regulering av nettvirksomheten:** Er det noen nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder som ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til i gjeldende regulering av nettvirksomheten?
2. **Nyttevirkninger for nettkunder:** Er disse nyttevirkningene er vesentlige nok til å rettferdiggjøre en endring i reguleringen?
3. **Hvordan reguleringen eventuelt kan endres:** Hvordan reguleringen ev. kan endres for å sørge for at nettselskapene i større grad tar hensyn til nyttevirkninger for nettkunder når de velger nettsystem.

I analysen vurderer vi kun nyttevirkninger for nettkundene. Kostnader som kan oppstå for dem eller andre som en følge av en oppgradering til TN-nett er ikke vurdert. På grunn av denne avgrensningen, må analysen leses som et av flere innspill til en helhetlig vurdering av reguleringen av nettselskap.[1]

1.3 Utredningsmiljø og utredningsperiode

Utredningen er utført av Oslo Economics i samarbeid med vår underleverandør Systek AS.

Jostein Skaar (PhD) i Oslo Economics var ansvarlig partner og Svend Boye var prosjektleder. Øvrige

[1] I analysen vurderer vi heller ikke hvor viktige manglende hensyn til nettkunders nytte av TN-nett er, sammenlignet med andre mulig mangler i reguleringen av nettselskap. Det at reguleringen av nettselskap aldri kan fange opp alle relevante forhold for alle nettselskap og nettkunder, kan være et argument for ikke å ta hensyn til nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder, selv om de isolert sett kan være vesentlige.

prosjektmedlemmer var Cassandra Velten, Erling Faugstad Norheim og Guro Landsend Henriksen.

Sivilingeniør Morten Punnerud Engelstad fra Systek AS har bidratt med teknisk kompetanse på egenskapene til ulike nettsystemer, samt med kunnskap om drift og utvikling av lavspenningsnett.

Utredningen ble gjennomført i perioden august til november 2018.

1.4 Informasjonskilder

Analysen er utarbeidet på bakgrunn av en kombinasjon av skriftlige kilder, tilgjengelig statistikk, intervjuer med relevante aktører, innspill fra NVE og egne vurderinger.

I referanselisten (kapittel 8), gjengir vi de skriftlige kildene (inkludert statistikk) som vi har benyttet oss av i utredningen.

Vi har gjennomført dybdeintervjuer med representanter for 11 organisasjoner, som er blitt valgt ut i samarbeid med NVE:

- DSB, Kjetil Solberg
- Elbilforeningen, Erik Lorentzen
- Klepp Energi, Håkon Ådland
- Lyse, Lars Lima
- NEK, Leif Aanesen
- NELFO, Terje Hanssen
- Norges Bondelag/Landbrukets Brannvernskomite, Pål-Arne Oulie
- NOVAP, R. Hagemoen og B. Baardsen
- Otovo, Andreas Bentzen
- PQA, Henrik Kirkeby
- Salto Ladestasjoner, Egil Falch Piene

I tillegg har vi gjennomført korte intervjuer med 15 bransjeaktører. Disse aktørene er blitt valgt ut med det formål å få et bredere og mer detaljert bilde av virkningene av TN-nett for nettkunder:

- Defa
- Efo
- Elbilgrossisten
- El-Björn
- Farco
- Nofuel
- Noratel
- Norsk heiskontroll
- Norsk heisforening
- Nortrafo
- Semsol
- Solcellespesialisten
- Tradewind
- Varmeshop
- Vestfold Trafo Energi

Foruten innspill fra intervjuobjektene, har vi hatt flere runder med diskusjoner av hypoteser og funn med seksjon for regulering av nettjenester i NVE.

Opplysningene vi har fått gjennom intervjuene og diskusjoner med oppdragsgiver inngår som bakgrunnsinformasjon i utredningen. Alle konklusjoner og vurderinger i analysen er våre egne. Vi vil gjerne takke intervjuobjektene og medarbeiderne i NVE for deres bidrag til utredningen.

1.5 Rapportens innhold

Denne utredningen er strukturert som følger:

I kapittel 2 gir vi en kort beskrivelse av utfordringene knyttet til det norske lavspennings-nettet og hvordan disse påvirker nettkundene. I kapittel 3 gir vi en kort beskrivelse av reguleringen av nettselskaper i Norge.

Hoveddelen av analysen begynner i kapittel 4 der vi identifiserer og kategoriserer nyttevirkningene for nettkunder som ikke er tilstrekkelig tatt hensyn til i reguleringen av nettselskap. I kapittel 5 verdsetter vi hvor store disse nyttevirkningene er i dag, før vi i kapittel 6 vurderer hvordan de kan ventes å utvikle seg i fremtiden.

I kapittel 7 gjør vi en samlet vurdering av om nyttevirkningene for nettkunder er, og kan ventes å bli, vesentlige nok til å rettferdiggjøre en endring av reguleringen av nettselskaper. Til slutt vurderer vi hvilke endringer som eventuelt kunne blitt gjort i reguleringen for å bidra til at nettselskap tar hensyn til nyttevirkningene for nettkunder ved valg av nettsystem.

2. Kort om utfordringene i det norske lavspenningsnettet

2.1 Utgangspunkt: Ulike nettsystem i Norge og Europa

Et nettsystem er en bestemt måte å distribuere elektrisitet til nettkunder i lavspenningsnettet.

Figur 2-1: Lavspenningsnettet

Illustrasjon: iStock

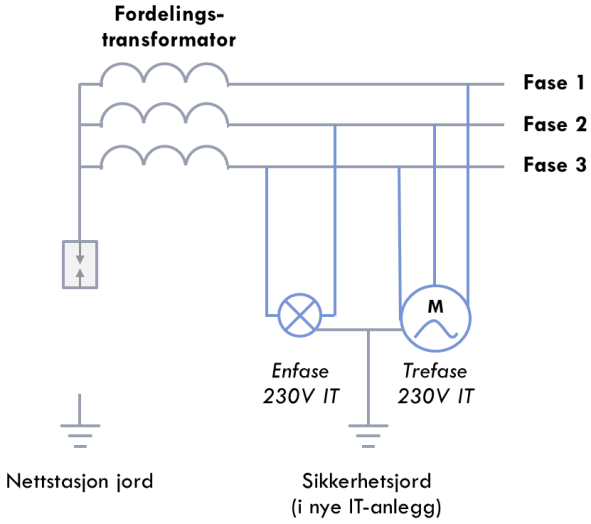
2.1.1 Vanligste nettsystem i Norge: IT-nett

Det vanligste nettsystemet i Norge er 230V IT-nett (IT-nett).

Et IT-nett er ikke jordet og består av tre faseledere, se Figur 2-2. Nettselskapet kan føre frem de tre lederne til nettkundene og 230V kan hentes mellom to faser til bruk i de fleste enfaseapparater, eksempelvis lyspærer, varmeovner mv. I tillegg kan det hentes ut trefase 230V til eventuelle maskiner[2] som er laget for eller tilpasset til trefase 230V IT. Fordi nettet ikke er forbundet med jord, vil første jordfeil ikke utløse kortslutning og anlegget vil fremdeles fungere med én stående jordfeil[3].

I tillegg til IT-nettet, har også 230V TT-nett (TT-nett) en viss utbredelse i enkelte deler av Norge. Dette har mange av de samme egenskapene som IT-nett. For enkelhets skyld vil vi i utredningen omtale både IT-nett og TT-nett som IT-nett.

Figur 2-2: IT-nett

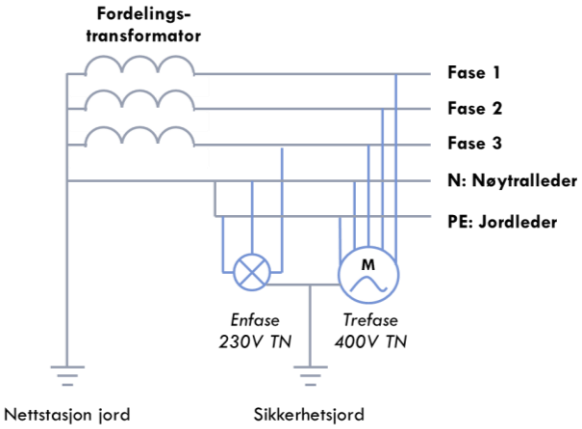


Kilde: Oslo Economics, Systek (2018)

2.1.2 Vanligste nettsystem i Europa: TN-nett

Det rådende nettsystemet i Europa er 230/400V TN-nett (TN-nett). I dette nettsystemet er nullpunktet på transformatoren jordet, og føres frem til forbrukeren som en kombinert jord- og null-leder sammen med faselederne, se Figur 2-3. Inne i bygget kan 230V hentes mellom en av fasene og nøytralpunktslederen. I tillegg kan nettkunden hente ut trefase 400V ved å bruke alle faseledere og null-lederen.

Figur 2-3: TN-nett



Kilde: Oslo Economics, Systek (2018)

[2] De fleste elektriske apparater i husholdninger er enfaseapparater. Enkelte maskiner i hjemmet, for eksempel hurtige elbilladere, og flere maskiner i næringslivet, eksempelvis melkemaskiner, er trefaseapparater. Enfaseapparater beregnet for 230/400V TN-nett kan også brukes i 230V IT-nett, men 400V TN trefaseapparater kan ikke brukes i 230V IT-nett.

[3] En stående jordfeil *per fase*.

Fordi TN-nett er jordet vil en enkelt feil mot jord utløse kortslutning, og driften vil kunne avbrytes ved stående jordfeil.

2.1.3 Andel TN-nett i Norge

En undersøkelse blant norske nettselskap i 2012 viste at omtrent 18 prosent av deres anlegg/ målere var TN-nett.[4] Resten var IT-nett.[5] Andelen TN-nett har sannsynligvis steget siden 2012, ettersom de fleste nettselskap velger TN-nett når de bygger nye nettområder.

Andelen TN-nett er ujevnt fordelt mellom nettselskap i Norge. Mens Jæren Everk, Klepp Energi og Lyse Elnett alle har en andel TN-nett på over 50 prosent, er det flere nettselskap som har under 1 prosent TN-nett.

2.2 Utfordring: Elektrifisering og krav til energieffektivitet gir flere apparater designet for annerledes nettsystem enn det som er vanlig i Norge

Klimaendringer har ført til krav om økt elektrifisering og energieffektivisering (Energi Norge, 2017).

Elektrifisering innebærer at elektriske apparater erstatter apparater drevet av andre energikilder. Elektrifisering bidrar derfor til økt behov for energi- og effektuttak fra nettet.

Energieffektivisering innebærer å redusere det totale energiforbruket. Dette gjøres blant annet ved å bytte ut energikrevende apparater (for eksempel varmtvannsberedere), med mindre energikrevende apparater (for eksempel gjennomstrømnings-varmere). Fordi energieffektive apparater ofte er effektkrevende, kan energieffektivisering øke behovet for effektuttak fra nettet.

De nye elektriske apparatene er i stor grad designet med tanke på bruk i et TN-nett, og flere av produsentene kjenner ikke til særegenhetene og problemstillingene knyttet til det norske IT-nettet (Kirkeby, 2018).

Utviklingen i og utbredelsen av nye apparater designet for TN-nett gir utfordringer for det norske IT-nettet. Disse utfordringene kan deles inn i to hovedkategorier som vil beskrives nærmere i de neste avsnittene:

- Behov for tilpasninger for å ta i bruk trefase- og andre apparater designet for TN-nett
- Spenningsproblemer som følger av at apparater kobles til enfase IT-nett heller enn trefase TN-nett

2.2.1 Behov for tilpasninger for å ta i bruk trefase- og andre apparater designet for TN-nett

Økt elektrifisering innebærer for eksempel at nettkunder erstatter fossilbiler med elbiler og oljefyrer med elektriske varmepumper. En del av disse apparatene er trefaseapparater, utformet for TN-nett.

Som det fremkommer av Figur 2-2 og Figur 2-3 kan bare TN-nett gi trefase 400V strømforsyning.[6] For å bruke trefaseapparater og annet utstyr[7] beregnet for TN-nett i IT-nett må nettkunden enten:

- Installere skilletransformator, som transformerer strømmen fra IT til TN til ett eller flere (trefase)apparat,
- Velge mellom et mindre antall elektriske apparater som er tilpasset til IT-nett av produsenten,
- Betale anleggsbidrag for å få TN-nett til hele anlegget, eller
- Selv gjøre omkoblinger i trefaseapparatet

I Figur 2-4 på neste side viser vi et utvalg apparater som krever tilpasninger for å kunne brukes i IT-nett.

[4] Dataene er basert på innhenting av data (NVE-ref 201205616) i forbindelse med NVE-rapport nr 71 2012 (Endring av modeller for fastsettelse av kostandsnormer.)
[5] IT-nett betegner i rapporten både IT- og TT-nett.
[6] Dette er ikke tilfellet for enfase apparater. Som det fremkommer av Figur 2-2 og Figur 2-3 kan enfase 230V hentes ut av både IT og TN-nett. Enfaseapparater utformet for det europeiske markedet (TN-nett), for eksempel datamaskiner, kan derfor brukes i IT-nett Norge uten tilpasning.
[7] For eksempel vekselrettere til solcelleanlegg.

Figur 2-4: Eksempler på trefase- og andre typer apparater designet for TN-nett som krever tilpasninger for å kunne brukes i IT-nett

Illustrasjoner: iStock

2.2.2 Spenningsproblemer som følger av at apparater kobles til enfase IT-nett heller enn trefase TN-nett

Flere elektriske apparater, blant annet flere modeller av elbiler, induksjonstopper og varmepumper, kan enten kobles til enfase 230V (enten IT- eller TN-nett) eller trefase 400V TN-nett. I mange tilfeller vil apparatene forårsake større spenningsproblemer om de kobles til enfase 230V enn trefase 400V, fordi hele lasten da vil trekke på en fase, og ikke fordeles over flere faser. Særlig om uforholdsmessig mange effektkrevende apparater i ett nettområde er koblet til samme fase, kan det oppstå spenningsproblemer.

Fordi TN-nett er lite utbredt i Norge, blir apparater som regel koblet til enfase 230V, noe som kan gi spenningsutfordringer, særlig i svake nett.

Ifølge en Sintef-utredning fra Kirkeby og Seljeseth (2014), er anslagsvis 40 til 50 prosent av det norske strømnettet svakere enn referansenettet elektrisk utstyr testes mot internasjonalt, se Figur 2-5.

I et svakt nett vil effektkrevende apparater i større grad gi spenningsfall enn i sterke nett. Spenningsfall kan forårsakes av at elektriske apparater trekker store mengder elektrisk energi på kort tid (høy effekt). Om nettet ikke er sterkt nok, eller kan kompensere på andre måter, kan en rask og kraftig økning i effektuttaket føre til at spenningen i nettet synker. Dette kan blant annet føre til lavere eller avbrutt ytelse for andre apparater i nettet, avbrutt elbillading, og/eller ødelagte apparater.

Figur 2-5: Andel av det norske lavspenningsnettet som er svakere enn referansenettet elektrisk utstyr testes mot internasjonalt

Kilde: Kirkeby & Seljeseth (2014)

.

3. Kort om reguleringen av nettselskaper

3.1.1 Formålet med reguleringen av nettselskaper

Nettvirksomhet er underlagt monopolregulering. Reguleringen av nettselskapene følger av formålet i energiloven og målsetningen er at nettet som benyttes til overføring av elektrisk energi skal driftes, utnyttes og utvikles på en samfunnsmessig rasjonell og effektiv måte. Herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt. (NVE, 2018). Med samfunnsmessig rasjonell og effektiv måte menes det at utviklingen og driften av nettet skal gjøres på en samfunnsøkonomisk lønnsom måte.

Å utforme en samfunnsøkonomisk optimal regulering av nettselskaper er utfordrende av flere grunner. I sin evaluering av den økonomiske reguleringen av strømnettet skrev Nils-Henrik Mørch von der Fehr at «Det grunnleggende problem i reguleringen av strømnettet er at ingen riktig vet hvordan et nett som ivaretar målsetningene i energiloven, ser ut. Problemet forsterkes ved at de som er nærmest til å vite det, har interesser som ikke nødvendigvis samsvarer med disse målsetningene. Utfordringen for myndighetene er å utforme reguleringsregimet slik at aktørene fatter sine beslutninger i tråd med målsetningene i energiloven» (2010).

3.1.2 Beskrivelse av utvalgte deler av reguleringen av nettselskaper

Direkteregulering

Den direkte reguleringen skal sørge for at nødvendige investeringer gjennomføres og at nettet vedlikeholdes og driftes på en tilfredsstillende måte. Det pålegges spesifikke plikter og krav som nettselskapet må oppfylle, uavhengig av bedriftsøkonomisk lønnsomhet. Den direkte reguleringen skal blant annet sikre at alle som ønsker det har tilgang til nettet, at kapasiteten er tilstrekkelig og at leveringskvaliteten er tilfreds-stillende mv. (Olje- og energidepartementet, 2017). Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (2004) stiller blant annet krav til beregning av ikke levert energi, frekvens, spenningskvalitet og saksbehandling ved misnøye med leveringskvaliteten.

Inntektsrammeregulering

Innenfor rammene av den direkte reguleringen har nettselskapene frihet til å velge hvordan kravene skal oppfylles. Inntektsrammereguleringen skal gi nettselskapene insentiver til å oppfylle kravene på en kostnadseffektiv måte (Olje- og energidepartementet, 2017).

Hvor mye nettleie et nettselskap kan hente inn bestemmes av nettselskapets tillatte inntekt (NVE, 2015).[8] Nettselskapets tillatte inntekt bestemmes av nettselskapets individuelle inntektsramme (forklares i neste avsnitt), pluss kostnader til eiendomsskatt, overliggende strømnett og FoU, minus kostnader for ikke levert energi (KILE).

At kostnader for ikke levert energi (KILE) trekkes fra den individuelle inntektsrammen i beregningen av tillatt inntekt, er med på å gi nettselskaper insentiver til å utvikle og vedlikeholde nettet slik at nettkunder opplever avbrudd i elektrisitetsforsyningen på et kostnadsmessig riktig nivå. Det er dermed med på å sørge for at nettselskaper utfører sin oppgave i tråd med energilovens og kontrollforskriftens formål (samfunnsøkonomisk lønnsom nettutvikling og -drift).

Beregning av den individuelle inntektsrammen

Den individuelle inntektsrammen til nettselskapet beregnes av NVE. 40 prosent av inntektsrammen bestemmes av nettselskapets faktiske kostnader to år tilbake i tid («kostnadsgrunnlaget»)[9], mens 60 prosent av inntektsrammen bestemmes av hva andre nettselskap med lignende karakteristikker har av kostnader («kostnadsnormen»).

At et nettselskaps inntektsramme i stor grad avgjøres av en kostnadsnorm som fastsettes på grunnlag av lignende nettselskapers kostnader gir nettselskapet insentiver til å 1) minimere sine kostnader (over tid), og 2) organisere seg på en måte som gir karakteristikker som ligner andre nettselskaper med høye kostnader.[10] Den første tilpasningen (kostnadsminimering) er fra et samfunnsøkonomisk perspektiv ønsket. Den andre tilpasningen (organisering for å tilpasse seg inntektsreguleringen) er derimot uønsket, ettersom

[8] Dersom et selskap har hatt høyere faktisk inntekt enn tillatt inntekt har de hatt en merinntekt. Merinntekt, inkludert renter, skal betales tilbake til kundene i form av redusert nettleie senere år. Mindreinntekt kan hentes inn fra kundene i form av høyere nettleie senere år.

[9] Nettselskapets faktiske kostnader beregnes som (Drifts- og vedlikeholdskostnader to år tilbake + Kostnader ved ikke levert energi to år tilbake)*(vekst i konsumprisindeksen siste to år) + (nett-tap to år tilbake) *(årets gjennomsnittlige områdepris for elektrisitet)+ (avskrivninger på investert kapital fra to år tilbake) +(avkastningsgrunnlaget fra to år tilbake)*(NVEs referanserente)

[10] I tillegg gir det insentiver til å jobbe politisk for å påvirke hvilke karakteristikker som skal inngå i fastsettelsen av kostnadsnormen mv.

det ikke bidrar til å gi nettkundene et best mulig strømnett for pengene.

For å unngå uøkonomiske tilpasninger bør karakteristikkene som brukes for å fastsette kostnadsnormen ideelt sett være eksogene, det vil si ikke-påvirkbare av nettselskapet (NVE, 2006).

Beregning av kostnadsnormen

NVEs beregning av kostnadsnormen til nett-selskapene gjøres i flere trinn. I det første trinnet i NVEs modell for beregning av kostnadsnormen i distribusjonsnettet (NVE, 2016) inngår tre karakteristikker:

- Antall abonnementer (indikator på mengden etterspørsel)
- Kilometer høyspentnett (indikator på transportavstand)
- Antall nettstasjoner (indikator på hvor spredt fordelt etterspørselen er)

På grunnlag av de mest effektive selskapene av ulik størrelse beregnes det hvor store kostnader/ inntekter som et gjennomsnittlig effektivt selskap med gitte karakteristikker har. Nettselskap som klarer å drive mer effektivt (med lavere kostnader) enn det kostnadsnormen beregner at de behøver for en gitt kombinasjon av abonnementer, km høyspentnett og antall nettstasjoner, får høyere inntekt for en gitt kostnad og investering, og dermed høyere avkastning.[11]

Denne måten å beregne kostnadsnormen på betyr at blant annet følgende endringer kan gi nettselskaper høyere/lavere inntekter:

- Nettselskapet får flere/færre abonnenter, km høyspentnett og/eller nettstasjoner[12]
- Nettselskapets karakteristikker (for eksempel antall nettstasjoner) endrer seg slik at nettselskapet kostnadsnorm bestemmes av andre, og mindre/mer effektive nettselskap.
- Andre nettselskaper med lignende karakteristikker blir mindre/mer effektive (får høyere/lavere kostnad per karakteristikk)

Omlegging fra IT- til TN-nett kan påvirke kostnadsnormen på flere måter, både gjennom å påvirke antall nettstasjoner og antall kilometer høyspentledning.[13]

Det at antall nettstasjoner brukes som et estimat på fordelingen av etterspørselen innenfor et nettområde (lavere tetthet, og dermed flere stasjoner, tilsier høyere kostnader for nettselskapet) kan gi negative insentiver til omlegging til TN-nett, ettersom en slik oppgradering gjør det mulig å redusere antall nettstasjoner. Et nettselskap som erstatter flere IT stasjoner med et lavere antall TN stasjoner kan med gjeldende regulering risikere at dette isolert sett bidrar til en lavere inntektsramme neste år. Denne delen av inntektsreguleringen kan dermed utilsiktet virke som et insentiv for at nettselskap skal fortsette å investere i IT-nett, heller enn å oppgradere til TN-nett.

Regler for anleggsbidrag

I tillegg til nettleie krever[14] nettselskapet anleggsbidrag ved alle nye nettilknytninger og ved alle kundeutløste nettforsterkninger (NVE, 2015). Anleggsbidrag kreves av nettkunden dersom nettselskapet må forsterke det eksisterende nettet for at kunden kan 1) tilknyttes nettet, 2) øke kapasiteten han kan ta ut fra nettet, eller 3) få bedre kvalitet på strømmen han tar ut fra nettet enn det nettselskapet har plikt til å levere. Det er ikke anledning til å kreve anleggsbidrag for nødvendige reinvesteringer i nettet.

Anleggsbidraget skal dekke kundens forholds-messige andel av nettselskapets investerings-kostnader. Kunden sin forholdsmessige andel skal som hovedregel beregnes som kundens etterspurte kapasitetsøkning delt på den økte kapasiteten i nettanlegget (NVE, 2018).

[11] I senere trinn korrigeres nettselskapenes beregnede kostnadsnorm for følgende rammevilkår: 1) Andel høyspent jordkabel. 2) Andel høyspent luftlinjer i barskog. 3) Geografiske karakteristikker gruppert i: a) Helning, småkraft, luftlinjer i løvskog, b) Kystklima, andel høyspent sjøkabel, forsyning til øyer, c) Mørketid, islast, snø og temperatur. I tillegg er det flere andre forhold i inntektsreguleringen som påvirker hvilken avkastning nettselskapene får.

[12] Uten at endringen er så stor at de mest effektive selskapene nettselskapet sammenlignes med, blir endret.

[13] I tillegg påvirker det kostnadene til nettselskapet drift, vedlikehold og investeringer.

[14] Må kreves fra 1.1.2019.

4. Identifisering av relevante nyttevirkninger for nettkunder

4.1 Oversikt over samlede virkninger av omlegging fra IT-til TN-nett

4.1.1 Fordeler og ulemper med TN-nett

Det er blitt gjennomført flere analyser av fordelene og ulempene forbundet med TN-nett og IT-nett.[15]

TN-nett gir flere fordeler sammenlignet med IT-nett. Foruten at utenlandsk utstyr i stor grad er designet for TN-nett (som beskrevet i kapittel 2), fremholdes det særlig at TN-nett gir lavere strømtap enn i IT-nett. Samtidig har IT-nett enkelte fordeler sammenlignet med TN-nett, blant annet høyere driftsstabilitet fordi nettet ikke kortslutter ved en enkelt jordfeil.

Sintef, ved Bendik Nybakk Torsæter og Henrik Kirkeby, utarbeidet på oppdrag for Energi Norge en kost-nytte analyse av en oppgradering fra IT- til TN-nett (2017). I analysen identifiserte de flere fordeler og ulemper forbundet med de to nettsystemene. I tillegg identifiserte de hvilke oppgraderingskostnader som oppstår ved en oppgradering av eksisterende IT-nett til TN-nett. Disse virkningene er oppsummert i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Fordeler, ulemper og omleggingskostnader med TN-nett, sammenlignet med IT-nett

Fordeler med TN-nett	Ulemper med TN-nett	Omleggingskostnader av en oppgradering til TN-nett
Lavere nett-tap/ohmske tap	Kostnader knyttet til ekstra leder	Bytte fordelingstransformator
Mindre spenningsvariasjon	Brudd i PEN leder	Legge PEN-leder der fireledеrkabel ikke er klar
Mindre usymmetri	Redusert pålitelighet i uisolerte ledere i luftnett	Koble om kabelskap
Enklere å løse EMC-problematikk	Lavere driftsstabilitet	Koble om tilknytningsskap
Større fleksibilitet (i bruk av apparater)	Høyere berøringsspenning og fare	Koble om kurser i sikringsskap
Enklere tilkobling av trefaseutstyr	Brudd i N-leder i trefaseinstallasjoner	Gjøre nødvendige utbedringer av jording
Ingen funksjonssvikt i apparater tilpasset TN	Tredjeharmonisk strøm i N-leder	Merke nøytral- og beskyttelsesledere
Bedre sikkerhet mot topolt jordfeil		Montere jordfeilvern i boligkurser som mangler det
Mindre problematikk ved fasebrudd		Endre trefaseuttak og motor-tilkoblinger fra IT til TN
Liten fase ved berøring av nøytralleder		
Bedre overspenningsegenskaper		

Kilde: Torsæter & Kirkeby (2017).

[15]Se blant annet av Sintef (Torsæter & Kirkeby, 2017) og Sweco (2015).

4.2 Nytte for nettkunder som ikke blir tatt tilstrekkelig hensyn til i reguleringen

Vår vurdering er at i hvert fall seks av de identifiserte fordelene med TN-nett ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til i reguleringen av nettselskap, se Tabell 4-2.

Tabell 4-2: Fordeler for nettkunder som ikke blir tatt tilstrekkelig hensyn til i reguleringen av nettselskaper (blå, fet skrift)

Fordeler med TN-nett	Ulemper med TN-nett	Omleggingskostnader av en oppgradering til TN-nett
Lavere nett-tap/ohmske tap	Kostnader knyttet til ekstra leder	Bytte fordelingstransformator
Mindre spenningsvariasjon	Brudd i PEN leder	Legge PEN-leder der fireledеrkabel ikke er klar
Mindre usymmetri	Redusert pålitelighet i uisolerte ledere i luftnett	Koble om kabelskap
Enklere å løse EMC-problematikk	Lavere driftsstabilitet	Koble om tilknytningsskap
Større fleksibilitet (i bruk av apparater)	Høyere berøringsspenning og fare	Koble om kurser i sikringsskap
Enklere tilkobling av trefaseutstyr	Brudd i N-leder i trefaseinstallasjoner	Gjøre nødvendige utbedringer av jording
Ingen funksjonssvikt i apparater tilpasset TN	Tredjeharmonisk strøm i N-leder	Merke nøytral- og beskyttelsesledere
Bedre sikkerhet mot topolt jordfeil		Montere jordfeilvern i boligkurser som mangler det
Mindre problematikk ved fasebrudd		Endre trefaseuttak og motor-tilkoblinger fra IT til TN
Liten fase ved berøring av nøytralleder		
Bedre overspenningsegenskaper		

Kilde: Torsæter & Kirkeby (2017).

Hvorfor disse fordelene ikke blir tilstrekkelig tatt hensyn til i reguleringen forklares nærmere i de neste avsnittene.

Fordeler av større fleksibilitet (i bruk av apparater) og enklere tilkobling av trefaseutstyr

Nytten TN-nett gir i form av større fleksibilitet og enklere tilkobling av trefaseutstyr kan, for nettkunden som i dag har TN-nett, gi seg utslag i at de slipper å betale for lokale tilpasninger for å ta i bruk utstyr utformet for TN nett, i motsetning til nettkunder som i dag har IT-nett.

Disse fordelene av TN-nett for nettkunder er etter vår forståelse hverken hensyntatt i direkte-reguleringen eller i inntektsreguleringen av nettselskap. Forskrift om leveringskvalitet stiller ikke krav om TN-nett, og det er ingen deler av inntekts-reguleringen som premierer nettselskapene økonomisk for å tilby TN-nett til sine kunder. Kunder som krever TN-nett til anlegget må i gjeldende regulering betale anleggsbidrag.

Fordeler av mindre spenningsvariasjon og usymmetri, samt hindre funksjonssvikt for apparater tilpasset TN

Fordelen TN-nett gir i form av mindre spenningsvariasjon og usymmetri blir delvis hensyntatt i reguleringen av nettselskaper ved at forskrift om leveringskvalitet stiller krav til spenningskvaliteten nettselskap må gi sine kunder.

Vår vurdering er likevel at en del av fordelene som nettkunder med TN-nett får i form av mindre spenningsvariasjon og usymmetri ikke kommer nettselskapene til gode, og derfor ikke fullt ut blir hensyntatt i nettselskapenes valg av nettsystem.[16]

Den første grunnen til dette er mørketall. Spenningsproblemer oppdages ikke alltid, aksepteres til en viss grad og rapporteres ikke alltid til nettselskapet (Sweco Norge, 2015).[17] Dermed har nettselskapet mindre insentiver enn de ellers ville hatt til å tilby et nett uten spenningsproblemer.

Den andre grunnen er at nettkunder i gjeldende regulering ikke kompenseres for alle kostnader de har i forbindelse med spenningsproblemer. Selv om nettkunden kan klage på spenningsproblemer og få dette rettet opp, får ikke kunden alltid full erstatning for kostnader knyttet til prosessen og ulempen av tapt spenningskvalitet inntil problemene eventuelt løses.

Fordel av bedre sikkerhet mot topolt jordfeil

TN-nett kan også gi andre nyttevirkninger, foruten lavere tilpasningskostnader og økt nytte av elektriske apparater. For eksempel kan TN-nett, som er jordet, gi mindre fare for støt, ulykker og brann enn IT-nett.

Bedre sikkerhet mot topolt jordfeil er en nyttevirkning for nettkunder med TN-nett som reguleringen av nettselskap i liten grad tar hensyn til. Nettselskapene belastes ikke avbruddskostnader (KILE-kostnader) ved strømbrudd på enkeltkurser/enkelthusholdninger og det tas ikke hensyn til ulykker, brann mv. i inntektsreguleringen av nettselskaper.

Fordelen jording og jordfeilbryter gir nettkunden blir imidlertid tatt hensyn til gjennom andre former for regulering. Blant annet har jording og jordfeilbryter lenge vært påkrevd i baderom mv., og for alle kurser i nye boliger, samt ved større renoveringer. I tillegg kan de nye AMS-målerne brukes til å avdekke jordfeil.

Kategorisering av nyttevirkninger for nettkunder

Nyttevirkninger for nettkunder som reguleringen av nettselskaper ikke tar tilstrekkelig hensyn til, vil i denne utredningen bli forenklet omtalt som «Nyttevirkninger for nettkunder». Vi har kategorisert disse nyttevirkningene for nettkunder i tre hovedkategorier:

- Lavere tilpasningskostnader
- Økt nytte av elektriske apparater
- Andre nyttevirkninger (f.eks. sikkerhet)

Sammenhengen mellom fordelene identifisert av Torsæter & Kirkeby (2017) og disse kategoriene av nyttevirkninger for nettkunder er illustrert i Figur 4-1.

[16] Det samme gjelder fordelen TN-nett gir i form av mindre funksjonssvikt som følger av at apparater designet for TN-nett brukes i IT-nett. Nettselskapene vil i dag ofte bli belastet med klager og i enkelte tilfeller oppretting, men kundene sitter igjen med en vesentlig del av kostnadene knyttet til prosessen og tapt bruksnytte inntil eventuelle problemer utbedres. I tillegg kommer ulempen for kunden dersom problemet aldri helt løses.

[17] Spenningsavvik for lavspentnettet må kunden selv melde inn for at det skal komme under KILE, i motsetning til overliggende nett som krever overvåkning og innrapportering.

Figur 4-1: Kategorisering av nyttevirkninger

Fordeler identifisert av Torsæter & Kirkeby (2017)	Nyttevirkninger for nettkunder kategorisert av Oslo Economics	Forklaring
Større fleksibilitet i bruk av apparater **Enklere tilkobling av trefaseutstyr**	**1. Lavere tilpasningskostnader**	*Med TN-nett vil nettkunder få redusert tilpasningskostnader for å ta i bruk utstyr designet for TN-nett i IT-nett*
Mindre spenningsvariasjon **Mindre usymmetri** **Ingen funksjonssvikt i apparater tilpasset TN**	**2. Økt nytte av elektriske apparater**	*TN-nett gir mindre spenningsvariasjon og usymmetri. Dette kommer kundene til gode i form av økt nytte av elektriske apparater (pga. mindre spennings-problemer). I tillegg har utstyr designet for TN-nett har høyere bruksverdi i TN-nett*
Bedre sikkerhet mot topolt feil	**3. Andre nyttevirkninger**	*Andre nyttevirkninger inkluderer bedre sikkerhet (færre tilfeller av støt, brann mv.)*

Kilde: Torsæter & Kirkeby (2017), Oslo Economics (2018)

I de neste delkapitlene vil vi identifisere hvilke grupper som berøres av hver av disse kategoriene av nyttevirkninger og på hvilken måte.

4.3 Lavere tilpasningskostnader for nettkunder

Berørte grupper

Husholdningene og næringsaktørene som ville fått en nyttevirkning i form av lavere tilpasnings-kostnader er de som har IT-nett i dag, og som har kostnader forbundet med tilpasninger til elektriske apparater designet for TN nett.

I Tabell 4-4 gjengir vi et utvalg apparater som ofte krever tilpasninger for å kunne bli brukt i IT-nett. I tillegg nevner vi hvilke typer grupper som har slike apparater, og som derfor ville hatt lavere tilpasningskostnader om de hadde TN- heller enn IT-nett.

Tabell 4-3: Eksempler på apparater og grupper

Trefaseapparater	Berørt gruppe
Melkerobot	Jordbruk
Foringsmaskin	Jordbruk/Oppdrett
Vedkløyver	Jordbruk/Husholdning
Industri-høytrykkspyler	Jordbruk/Næring

Tabell 4-4: Eksempler på apparater og grupper

Trefaseapparater	Berørt gruppe
Industrivaskemaskin	Næring
Industrikjøkken	Restaurant/Næring
Slaktemaskiner	Næring
Næringsmiddelmaskiner	Næring
Heis, rulletrapp	Næring/Husholdning
Ventilasjon	Næring/Husholdning
Store varmepumper	Næring
Andre pumper	Næring/oppdrett
Tunnelvifter, lys	Samferdsel/Næring
Sveisemaskin	Næring (hovedsakelig)
Hurtiglader elbil	Husholdning/Næring
Apparater som kan være trefase og enfase	**Berørt gruppe**
Små varmepumper	Husholdning/Næring
Induksjonstopper	Husholdning/Næring
Andre apparater designet for TN-nett	**Berørt gruppe**
Vekselrettere for solcelleanlegg	Husholdning/Næring

De mest aktuelle apparatene for husholdninger er hurtigladere for elbiler, heiser (hovedsakelig i store boligblokker) og varmepumper (væske til vann/luft til vann). Det er mange husholdninger som i dag ikke har noen apparater som krever TN-nett. Til sammenligning vil veldig mange næringsaktører, for eksempel bønder, ha flere apparater som krever TN-nett. Den enkelte næringslivsaktør med IT-nett vil derfor som regel være nødt til å gjøre flere tilpasninger av apparatene enn den enkelte husholdning.

Underkategorier av reduserte tilpasnings-kostnader

Hovedkategorien «Lavere tilpasningskostnader for nettkunder» kan deles inn i ulike former for tilpasninger husholdninger og næringskunder må gjøre for å ta i bruk utstyr utformet for TN-nett i IT-nett. Som beskrevet i kapittel 2 må nettkunder med IT-nett gjøre følgende tiltak for å ta i bruk en del apparater som krever TN-nett:

- Installere skilletransformator, som transformerer strømmen fra IT til TN til ett eller flere (trefase)apparat,
- Velge mellom et mindre antall modeller som er tilpasset til det norske markedet av produsentene,
- Betale anleggsbidrag for å få TN-nett til hele anlegget, eller
- Betale for andre typer tilpasninger, eksempelvis selv gjøre omkoblinger i trefaseapparatet

Nyttevirkningene for nettkunder av TN-nett er å slippe alle disse kostnadene. Disse kan deles inn i nytte i form av:

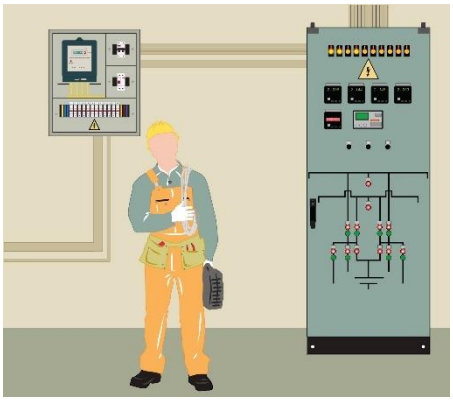
1. Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer
2. Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer
3. Redusert behov for tilpasninger hos produsent
4. Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett
5. Redusert behov for andre typer tilpasningskostnader

Hva disse nyttevirkningene kan innebære forklares nærmere i de neste avsnittene.

4.3.1 Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer

En nettkunde som ønsker å bruke et apparat som krever TN-nett i et IT-nett kan installere en skilletransformator. Denne transformerer IT-nett til TN-nett for bruk av et eller flere apparater.

Figur 4-2: Installasjon av skilletransformator



Illustrasjon: iStock

Skilletransformatorer brukes for eksempel i kontor- og boligbygg for å lage et lokalt TN-nett/kurs til heiser, rulletrapper og ventilasjonsanlegg, eller for å muliggjøre (trefase) hurtiglading av elbiler.

Kostnadene for de berørte gruppene (næring og husholdninger) kan deles inn i:

- Materialkostnader (kjøp av skilletransformator)
- Installasjonskostnader (f.eks. legging av kabel)

Dette er kostnader de berørte gruppene ville spart om de i utgangspunktet hadde TN, heller enn IT-nett.

4.3.2 Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer

I tillegg til installasjonskostnadene forbundet med nye skilletransformatorer kommer driftskostnadene forbundet med alle eksisterende skilletrans-formatorer. Dette inkluderer for eksempel strømkostnader for å dekke varmetapet i skilletransformatorene.

4.3.3 Reduserte tilpasningskostnader hos produsent og bredere vareutvalg

For noen apparater gjøres de nødvendige tilpasningene av produktene til IT-nett hos produsenten. Dette er særlig aktuelt når apparatene selges i relativt store volum i Norge og tilpasningen hos produsent er billigere enn alternative kostnader til skilletransformator.

Slike tilpasninger gjøres blant annet av noen få varmepumpeprodusenter og av noen leverandører av solcelleanlegg. Tidligere ble det også gjort for heiser solgt til det norske markedet.

For små varmepumper[18] forhandler enkelte norske importører med utenlandske produsenter slik at disse utformer egne modeller som kan drives i IT-nett. Produsentene får dermed økte kostnader knyttet til produksjonen av produkter til det norske markedet, som vil måtte dekkes av norske nettkunder som kjøper produktene.

For vekselrettere til solcelleanlegg er det blitt utviklet egne trefase vekselrettere til det norske IT-nettet, som koster mer enn tilsvarende TN-modeller som produseres til et større marked.

Figur 4-3: Tilpasninger hos produsent (eksempel: spesiallaget vekselretter)

Illustrasjon: iStock

4.3.4 Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett

Nettkunder som har flere apparater som trenger TN-nett, for eksempel bønder eller andre nærings-kunder, kan i enkelte tilfeller velge å betale anleggsbidrag til nettselskapet for å få lagt TN-nett til hele anlegget.

Dette er kostnader de berørte gruppene ville spart om de i utgangspunktet hadde TN-nett.

Figur 4-4: Anleggsbidrag (oppgradering av nett)

Illustrasjon: iStock

4.3.5 Redusert behov for andre typer tilpasningskostnader

Foruten de nevnte typene tilpasningskostnader har vi vurdert andre mulige typer tilpasningskostnader.

Blant annet har vi vurdert eventuelle kostnader til omkobling av apparater laget for TN-nett, som utføres av nettkunden selv eller av hans elektriker. Slike egne tilpasninger kan medføre både direkte kostnader og andre problemer. For eksempel vil en lokal omkobling medføre at produktgarantien ikke vil være gyldig, samt at det kreves mye dokumentasjon og ansvar fra elektriker for å være tillatt. I tillegg kan det medføre en sikkerhetsrisiko dersom det gjøres av ufaglærte. På grunnlag av innspill fra intervjuer og egne vurderinger anser vi omfanget av denne typen tilpasningskostnader for å være forholdsvis lavt. De analyseres derfor ikke videre.

En annen problemstilling er om nettkundenes kostnader til mykstartere (utstyr for å redusere spenningsvariasjoner fra effektkrevende apparater) ville vært lavere i (sterkere) TN-nett enn i IT-nett. Vi anser imidlertid dette for å være usikkert, ettersom spenningsproblemer kan oppstå også i TN-nett. Dermed vil det kunne være behov for utsyr som mykstartere uansett.

[18] Varmepumper med ytelse under 22kW.

4.4 Økt nytte av elektriske apparater for nettkunder

Berørte grupper

Husholdningene og næringsaktørene som ville fått en nyttevirkning i form av økt nytte av elektriske apparater, er for det første alle nettkunder med IT-nett, som ville fått et bredere produktutvalg om de fikk TN-nett.

En særlig berørt gruppe er nettkunder i svake nett, som ville fått redusert sine spenningsproblemer som en følge av en oppgradering til TN-nett. Dette gjelder de om lag 40-50 prosent av norske nettkunder svakere nett enn referansenettet utstyr laget for det internasjonale markedet testes mot (Kirkeby & Seljeseth, 2014).

Underkategorier av økt nytte av elektriske apparater for nettkunder

Hovedkategorien «økt nytte av elektriske apparater for nettkunder» kan i hovedsak deles inn i følgende kategorier:

1. Økt nytte, inkl. bredere produktutvalg, for kunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/-evne til å dekke tilpasningskostnadene.
2. Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer.
3. Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett.

4.4.1 Økt nytte, inkl. bredere utvalg, for kunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/-evne til å dekke tilpasningskostnadene

I tillegg til nettkundene som dekker kostnader knyttet til tilpasninger av utstyr i dag, kan det være nettkunder med IT-nett som i større grad ville tatt i bruk utstyr som krever TN-nett, om de slapp å betale for særskilte tilpasninger.

Dette er nettkunder som for eksempel ville tatt i bruk hurtiglader til elbil om de var tilknyttet TN-nett, men ikke gjør det fordi kostnaden overstiger nytten i et IT-nett. I tillegg inkluderer det nettkunder som opplever at deres økonomisk tilgjengelige produktutvalg er mindre fordi de har IT-nett. For eksempel bruker flere nettkunder med IT-nett ikke den fulle funksjonaliteten enkelte induksjonsplatetopper kan gi, ved at de kun kobler til induksjonstoppens enfase 230V funksjon, og ikke dens trefase 400V TN-funksjon, som gir høyere effekt (flere samtidige «boost»-soner).

Det at mange kunder ikke er villige til å betale for tilpasninger kan også føre til at en del utenlandske produsenter av utstyr som krever TN-nett, for eksempel varmepumper, velger ikke å satse på det norske markedet. Følgene av dette kan blant annet være lavere produktutvalg og tilhørende tapt nytte for forbrukeren.

Figur 4-5: Bredere produktutvalg: Økt nytte for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/-evne til å dekke tilpasningskostnadene

Illustrasjon: iStock

4.4.2 Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer

Som beskrevet i kapittel 2 kan spenningsfall forårsakes av at elektriske apparater trekker store mengder elektrisk energi på kort tid (høy effekt). Om nettet ikke er sterkt nok kan en rask og kraftig økning i effektuttaket føre til at spenningen på nettet synker.

Slike spenningsfall kan, avhengig av hvilket apparat som påvirkes, gi seg utslag i problemer som spenner fra lavere effekt på utstyr som varmeovner, kaffetraktere mv. til problemer som avbrutt bruk av apparater som elbilladere, brannvarslere[19] mv. I ytterste konsekvens kan spenningsproblemer føre til ødelagte elektriske apparater (Teknisk Ukeblad, 2013).

[19] Dette er en problemstilling i jordbruket der de har mange effektkrevende apparater langt ute i radialen. For å unngå spenningsproblemer som slår ut brannvarslingsanlegg anbefaler siste NEK for jordbruket at gårdsbruk om nødvendig betaler anleggsbidrag for å få lagt opp TN-nett heller enn å gjøre tilpasninger til enkelte kurs/apparat.

Figur 4-6: Spenningsproblemer (blinkende lyspærer)

Illustrasjon: iStock

Flere elektriske apparater, for eksempel en del modeller av elbiler, induksjonstopper og varmepumper, kan enten kobles til enfase 230V (enten IT- eller TN-nett) eller trefase 400V TN-nett. I mange tilfeller vil apparatene forårsake større spenningsproblemer om de kobles til enfase 230V, fordi hele lasten da vil trekke på en fase, og ikke fordeles over alle fasene. Særlig om uforholdsmessig mange effektkrevende apparater i ett nettområde er koblet til samme fase, kan det oppstå spenningsproblemer.

Nettkunder som i dag har IT-nett og koblet apparater til én fase, ville med TN-nett i større grad koblet apparatene til trefase. Oppgradering til TN-nett ville derfor bidratt til å redusere omfanget av spenningsproblemer for dem og andre kunder i nettområdet.

4.4.3 Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett

I tillegg til spenningsproblemer kan IT-nett gi andre problemer som følger av at elektrisk utstyr er utformet for TN-nett.

Ifølge en presentasjon fra Henrik Kirkeby i Power Quality Analysis AS skyldes en del ladeproblemer for elbileiere i Norge stående jordfeil som gjør at elbilen avbryter ladingen (Kirkeby, 2018). Kirkeby viser til representanter for internasjonale elektronikkprodusenter som ikke er klar over at IT-nett brukes til alminnelig distribusjon, og som ikke tenker at funksjonalitet som avbryter funksjon ved jordfeil kan være uhensiktsmessig i slike nett.

Nettkunder som i dag har IT-nett ville derfor fått økt nytte av enkelte typer elektriske apparater om deres nett ble oppgradert til TN-nett.

4.5 Andre nyttevirkninger

I tillegg til reduserte tilpasningskostnader og økt bruksnytte av elektriske apparater har vi vurdert hvorvidt nettkunder som i dag har IT-nett i tillegg ville fått følgende nyttevirkninger av en oppgradering til TN-nett:

- Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil
- Mulig reduserte elektrikerkostnader hos nettkunde

4.5.1 Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil

Som det påpekes i Sintef-rapporten (Torscæter & Kirkeby, 2017) gir TN-nett bedre sikkerhet mot topolt jordfeil.[20]

Store deler av (det eldre) IT-nettet er ikke jordet og mangler jordfeilbryter. I slikt nett kan enkelte jordfeil stå uten at jordfeilbryter utløses. Ved andre jordfeil kan det gå en farlig strøm via personer, som kan resultere i død, eller igjennom utstyr som igjen kan utløse brann ol.

TN-nett er jordet og utstyrt med jordfeilbryter. Sammenlignet med gammelt ujordet IT-nett uten jordfeilbryter har TN-nett to fordeler:

- Sikring eller jordfeilbryter slår ut ved første farlige jordfeil.
- Det kan være lettere å finne og rette opp første jordfeil, ettersom det er sikkert hvilken kurs den er på.

I nye og i renoverte IT-anlegg er det krav om jording og jordfeilbryter. Sammenlignet med disse anleggene har TN-nett bare den sistnevnte fordelen, nemlig at det kan være lettere å finne og rette opp første jordfeil.

En omlegging til TN-nett ville derfor gitt en nyttevirkning til nettkunder med både ujordet og jordet IT-nett, i form av en reduksjon i antall ulykker som en følge av bedre sikkerhet mot og raskere oppretting av jordfeil.

4.5.2 Mulig reduserte elektrikerkostnader hos nettkunde

Til slutt har vi undersøkt om TN-nett gir nettkunder en fordel i form av lavere elektrikerkostnader. Ingen av intervjuobjektene mente at dette var en relevant forskjell. Ifølge intervjuobjektene kan elektrikere som jobber i Norge både håndtere IT-

[20] På den andre siden hevder flere at IT-nett har en fordel i form av økt driftssikkerhet ettersom det ikke kortslutter før andre jordfeil. Dette og andre mulige fordeler av IT-nett over TN-nett er imidlertid utenfor

nett og TN-nett. Ingen mente det var en prisforskjell på den ene eller andre typen arbeid.

4.6 Oppsummering av nytte for nettkunder

Oppsummert er vår vurdering at nettkunder med IT-nett ville hatt følgende nyttevirkninger av en oppgradering til TN-nett (se Tabell 4-5):

Tabell 4-5: Oversikt av nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder med IT-nett

Type nyttevirkning	Konkret nyttevirkning
Lavere tilpasningskostnader	Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer
	Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer
	Reduserte tilpasningskostnader hos produsent
	Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett
Økt nytte av elektriske apparater	Økt nytte, inkl. bredere utvalg, for kunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/-evne til å dekke tilpasningskostnadene
	Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer
	Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett
Andre nyttevirkninger	Reduksjon i antall ulykker og kostnader som følger av jordfeil

Kilde: Oslo Economics. Oversikt inkluderer ikke virkninger som er blitt vurdert til å ikke være vesentlige. Med «Nyttevirkninger for nettkunder» menes mer spesifikt nyttevirkninger for nettkunder som reguleringen av nettselskaper ikke tar tilstrekkelig hensyn til.

Spørsmålet er så hvor viktige hver av disse nyttevirkningene er og hvor viktige de er til sammen. Dersom disse nyttevirkningene, som i utilstrekkelig grad blir hensyntatt av nettselskap, er vesentlige, kan følgen være at nettselskaper i en del tilfeller velger å reinvestere i IT-nett, selv om det er samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere nettområdet til TN-nett.

I neste kapittel (5) vil vi dels verdsette i kroner, dels beskrive i ord, viktigheten av hver av disse konkrete nyttevirkningene. Til slutt i kapitlet vil vi oppsummere funnene og beskrive hvor viktige virkningene er hver for seg og til sammen.

5. Verdsettelse av nyttevirkninger for nettkunder

5.1 Metode for verdsettelse av nettkundenes nytte

I Tabell 5-1 oppsummerer vi hvordan vi har gått frem for å verdsette nyttevirkningene for nettkunder.

Tabell 5-1: Metode for verdsettelse av nyttevirkninger for nettkunder

Type nyttevirkning for nettkunder	Metode for verdsettelse
Lavere tilpasningskostnader	Verdsettelse i kroner så langt det er mulig, kvalitativ verdsettelse av andre virkninger (skala: liten, middels og stor nyttevirkning)
Økt nytte av elektriske apparater	Kvalitativ verdsettelse (skala: liten, middels og stor nyttevirkning)
Andre nyttevirkninger	

Kilde: Oslo Economics (2018)

Metode for verdsettelse av nyttevirkninger i form av lavere tilpasningskostnader

Nyttevirkningen i form av lavere tilpasnings-kostnader er forsøkt tallfestet og verdsatt i kroner for året 2017 så langt dette har vært mulig. I verdsettelsene i kroner har vi tatt utgangspunkt i markedspriser for kjente tilpasninger. Tilpasnings-kostnadene vi mangler data for har vi måttet nøye oss med å beskrive kvalitativt.

En alternativ fremgangsmåte, som vi har valgt ikke å forfølge, kunne vært å anslå antall bygninger av ulik type, antall apparater per bygning av ulik type, andel IT-nett per bygningstype, samt tilpasningskostnader per bygningstype og/eller apparat.

Vår valgte metode må anses som konservativ, ved at den kun inkluderer kostnader ved tilpasninger vi vet om. Den alternative fremgangsmåten, som tar utgangspunkt i antall bygninger, vil måtte bygge på langt flere antakelser og vil kunne risikere å overvurdere tilpasningskostnadene. Blant annet måtte man ved en slik tilnærming estimert og/eller antatt antall apparater av ulik type per bygning, og hvordan disse er koblet. På grunn av det store antallet datapunkter og individuelle forskjeller ville dette etter vår vurdering gitt et svært usikkert, og potensielt overdrevet estimat på tilpasningskostnadene.

I beregningene er det lagt til grunn at om lag 18 prosent av alle anlegg i Norge har TN-nett (se delkapittel 2.1.3). Tallfestingen av antall/type tilpasninger og merkostnader per tilpasning er delvis basert på skriftlige kilder, og delvis basert på informasjon fra intervjuobjekter. Vi har forsøkt å redusere noe av usikkerheten ved å innhente data fra mange aktører. Anslagene er likevel usikre, og må dermed tolkes med forsiktighet.

Metode for verdsettelse av øvrige nyttevirkninger

Øvrige nyttevirkninger blir kun verdsett kvalitativt, og er ikke forsøkt tallfestet eller verdsatt i kroner. De kvalitativt vurderte nyttevirkningene blir verdsatt på å skala fra «liten nyttevirkning», til «middels nyttevirkning» og «stor nyttevirkning».

5.2 Verdsettelse av lavere tilpasningskostnader

5.2.1 Redusert behov for installasjon av skilletransformatorer

På grunnlag av informasjon fra intervjuobjekter har vi estimert at det i 2017 ble installert mellom 7 000 og 9 000 skilletransformatorer i Norge med det formål å transformere IT-nett til TN-nett. Etter våre beregninger påførte dette norske nettkunder i IT-nett en kostnad på om lag 130 til 390 millioner kroner i 2017, en kostnad de ville spart om de hadde TN-nett, se Tabell 5-2.

Tabell 5-2: Tilpasningskostnader ved installasjon av nye skilletransformatorer (estimat 2017)

Skilletransformatorer til	Mengde (antall, 2017)	Merkostnad per enhet (kr., 2017)	Samlet verdi (~mill. kr. 2017)
Renault Zoe, vanlig lader	~2 000	10 000-20 000	20-40
Elbillading med raskere hastighet	~1 300	23 000-50 000	30-60
Alle andre apparater	3 700-5 700	23 000-50 000	80-290
Sum	**7 000-9 000**		**130-390**

Kilde: Estimater beregnet av Oslo Economics

Skilletransformator til Renault Zoe

For å kunne lade elbilen Renault Zoe i IT-nett, er elbileier nødt til å benytte seg av en spesial-tilpasset ladeløsning med en skilletransformator[21]. Dette utløser en merkostnad for elbileiere i nettområder med IT-nett.

Ifølge elbilstatistikken ble det solgt drøyt 2 500 Renault Zoe elbiler i Norge i 2017. Da problemstillingen kun er relevant for bileiere med IT-nett, har vi benyttet andelen IT-nett for å beregne hvor stor andel av de solgte Renault Zoene som lader i disse nettområdene. Fratrukket en andel TN-nett på ca. 18 prosent, estimerer vi at det i 2017 ble kjøpt skilletransformatorer til om lag 2 000 Renault Zoe elbiler.[22]

Elbilister som ønsker å lade Renault Zoe i IT-nett kan enten installere en veggmontert skilletransformator eller benytte en portabel ladeboks for å kunne lade hjemme. En veggmontert skilletransformator koster ca. 20 000 kroner, mens en portabel løsning koster i underkant 10 000 kroner.

På grunnlag av dette anslår vi at tilpasnings-kostnaden for Renault Zoe-eiere med IT-nett beløper seg til 20-40 millioner kroner i 2017. Dette er merkostnader de ville spart om de var tilkoblet TN-nett.

Skilletransformator for hurtigere lading

Elbileiere i IT-nett, som har elbiler med mulighet for raskere, trefase TN-nettlading, kan installere en skilletransformator for å ta i bruk hurtigere lading.

I 2017 ble det installert ca. 43 000 elbiler i Norge (Norsk elbilforening, 2018). I følge en spørreundersøkelse gjennomført av Elbilforeningen, benytter 3,6 prosent av elbileiere hurtiglade-løsninger ved lading av elbilen hjemme (over 22kW). Hvis vi antar at denne andelen stemmer for elbiler kjøpt i 2017, ble det installert rundt 1 550 hurtigladere det året.

En undersøkelse blant norske nettselskap i 2012 viste at omtrent 18 prosent av deres anlegg/ målere var TN-nett. Derfor anslår vi at 82 prosent av hurtigladeløsningene ble installert i anlegg med IT-nett, der de behøver skilletransformatorer for å kunne levere trefase 400V TN til ladeløsningen. Basert på dette estimerer vi at det ble installert om lag 1 300 skilletransformatorer for å benytte hurtigere lading av elbil.

Innkjøpsprisen for aktuelle skilletransformatorer kan ifølge våre intervjuobjekter og skriftlige kilder typisk variere mellom 8 000 og 35 000 kroner per enhet. I tillegg kommer kostnader forbundet med installasjonen, som ifølge våre intervjuobjekter kan beløpe seg til rundt 15 000 kroner. Samlet gir dette en merkostnad per installerte skilletrans-formator på rundt 23 000 til 50 000 kroner.

Basert på dette anslår vi de samlede tilpasnings-kostnadene forbundet med elbillading med raskere hastighet til rundt 30 til 60 millioner kroner i 2017. Dette er kostnader elbileierne ville spart om de var koblet til TN-nett.

Skilletransformator til alle andre apparater

Som beskrevet tidligere i utredningen er det en lang rekke apparater, særlig trefaseapparater, som trenger tilpasninger for å kunne brukes i IT-nett. Dette gjelder blant annet heiser, rulletrapper, melkemaskiner, storkjøkkenutstyr mv., foruten de nevnte elbilladerne.

Vi har estimert mengden skilletransformatorer som ble installert for å betjene alle andre apparater på to måter. Vi har først forsøkt å kartlegge hvor mange skilletransformatorer produsentene selger

[21] Årsaken er at Renault Zoe kun kan lades med trefase TN-nett.

[22] Dette anslaget legger til grunn en antakelse om at fordelingen av IT- og TN-nett blant eiere av Renault Zoe-elbiler er den samme som i landet for øvrig. Det er mulig at andelen TN-nett blant eiere av Renault Zoe-elbiler i virkeligheten er høyere, ettersom disse kan slippe de nevnte tilpasningskostnadene.

årlig. Deretter har vi kartlagt anvendelsesområder for bruk av skilletransformatorer (med fokus på trefaseapparater) og brukt det for å vurdere om estimatet basert på rapporterte skilletransformator-salg fra produsentene virker rimelig.

Vi har, basert på informasjon fra intervjuobjekter og skriftlige kilder, identifisert følgende produsenter av skilletransformatorer[23]:

- Polylux
- Noratel
- Victron

En av disse produsentene er den klart største produsent innen skilletransformatorer i Norge. Et av våre intervjuobjekter anslo videre at produsenten årlig leverer 4 000-6 000 skilletransformatorer av relevant type. Videre kommer et mindre antall, muligens inntil 1 000 skilletransformatorer levert av andre produsenter. Skilletransformatorer til Renault Zoe (ca. 2 000 stykk årlig), kommer i tillegg til disse.

Til sammen anslår vi altså at det selges mellom 7 000 og 9 000 skilletransformatorer i Norge årlig. Fratrukket skilletransformatorer som brukes til elbiler (ca. 3 300[24]) estimerer vi at det går om lag 3 700 og 5 700 skilletransformatorer til andre formål.

På grunnlag av vår kunnskap om alternative anvendelsesområder, fremstår dette som et rimelig anslag. Ifølge våre intervjuobjekter installeres det årlig rundt 1 200 heiser og rulletrapper. I tillegg vet vi at store varmepumper oftest krever skilletransformator, og at det selges ca. 580 av disse årlig (NOVAP, 2018). I tillegg til disse apparatene krever apparater som foringsmaskiner, melkeroboter, mikrobryggeri og en lang rekke andre apparater (se Tabell 4-4) tilpasninger for å kunne brukes i TN-nett. 3 700 til 5 700 skilletrans-formatorer årlig virker derfor å være et rimelig estimat på antall skilletransformatorer som går til andre formål enn elbiler.

Estimatet er likevel forbundet med stor usikkerhet, da hverken vi eller andre kjente kilder vet det totale antall apparater som krever skilletrans-formatorer, antall apparater som kobles til samme skilletransformator eller antall skilletransformatorer som skiftes ut årlig.

Kostnaden per skilletransformator består både av den direkte kostanden ved kjøp og kostnader til installasjon. Vi har i beregningene tatt utgangspunkt i innhentede priser på skilletransformatortypene hos de kartlagte produsentene, og oppgitte installasjonspriser av intervjuobjekter. Basert på disse informasjonskildene har vi verdsatt merkostnaden (innkjøp og installasjon) til 23 000-50 000 kroner per enhet.

Den samlede kostnaden til installasjon av skilletransformatorer av andre apparater enn elbiler, estimeres til 80-290 millioner kroner. Dette er merkostnader for nettkunder, hovedsakelig næringskunder, som ville vært spart om de var koblet til TN-nett.

5.2.2 Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformator

I tillegg til installasjonskostnadene forbundet med nye skilletransformatorer kommer driftskostnadene forbundet med eksisterende skilletransformatorer. Dette inkluderer hovedsakelig kostnadene eksisterende skilletransformatorer medfører i form av:

- Plasskostnader (transformatoren opptar plass som har en alternativ anvendelse)
- Strømtap (skilletransformatorer gir økt motstand og strømtap)
- Vedlikeholdskostnader

For eksempel vil varmetapet i en skilletransformator gi merkostnader for nettkunden i form av økte strømutgifter. I noen tilfeller er også varmen som genereres av skilletransformatoren så høy at det vil være nødvendig med et eget kjøleanlegg. Dette vil i så tilfelle øke det totale varmetapet, og tilføre eier tilleggskostnader.

Vi har i rammen av dette utredningsoppdraget ikke kunnet estimere driftskostnadene forbundet med installerte skilletransformatorer i kroner. På grunnlag av at det i 2017 ble solgt rundt 7 000 til 9 000 enheter, kan vi imidlertid si at det samlede antallet eksisterende skilletransformatorer er betydelig. Videre ansees kostnaden per skilletransformator å være vesentlig. Samlet nyttevirkning av TN-nett på «Redusert behov for drift av skilletransformatorer» vurderes derfor å være stor.

5.2.3 Reduserte tilpasningskostnader hos produsent

Enkelte apparater som normalt krever TN-nett tilpasses til det norske IT-nettet av produsent eller leverandør. Dette vil oftest gjelde apparater som selges i relativt høyt antall i Norge og der merkostnaden ved installasjon av skilletransformator

[23] Skilletransformatorer som benyttes til å lage et lokalt TN-nett i nettområder med IT-nett.

[24] Både til Renault Zoe og andre elbiler.

er uforholdsmessig høy sammenlignet med apparatets pris.

Basert på anslag av apparater vi vet tilpasses hos produsent, anslår vi at det i 2017 ble gjort produsenttilpasninger i mellom 5 800 og 5 900 apparater. De totale tilpasningskostnadene ved tilpasninger hos produsent er beregnet til 7-25 millioner kroner i 2017.[25]

Tabell 5-3: Tilpasningskostnader ved tilpasning hos produsent (estimat 2017)

Tilpasninger hos produsent:	Mengde (antall 2017)	Merkostnad per enhet (kr.)	Samlet verdi (mill.kr. 2017)
Solcelleanlegg	1 100-1 140	4 000-18 000	4-20
Varmepumpe (væske-vann og luft-vann)	4 200	800-1 300	3-5
Sum	**5 800-5 900**		**7-25**

Kilde: Oslo Economics.

Solcelleanlegg

Installasjon av solcelleanlegg i nettområder med IT-nett krever som oftest tilpasning av vekselretter, da vekselrettere produsert for det europeiske markedet krever TN-nett.

Ved tilpasninger hos leverandør/produsent kan det enten benyttes en spesialtilpasset trefasevekselretter utformet for IT-nett. Alternativt kan en installere flere enfasevekselrettere. Hvilken metode som benyttes er til dels avhengig av praksis hos leverandører og til dels avhengig av størrelsen på anlegget.[26]

Innrapporterte tall fra Solenergiklyngen viser at det ble installert 18,2 MWp med solceller i 2017 (Multiconsult, 2018). Av dette ble om lag 71 prosent (ca. 13 MWp) installert hos husholdninger, mens om lag 29 prosent (ca. 5,2 MWp) ble installert i næringsbygg.

For å estimere antall installerte vekselrettere i husholdninger, har vi lagt til grunn at hvert solcelleanlegg har en gjennomsnittlig kapasitet på 3,6 kWp. Størrelsen på solcelleanlegg i næringsbygg er mer usikker, og anslås til mellom 200 og 800 kWp i gjennomsnitt. Anslagene på gjennomsnittsstørrelse per anlegg er basert på Multiconsults rapport samt innspill fra intervjuobjekter.

Disse estimatene, og antakelsen om at ca. 18 prosent av solcelleanleggene installeres i områder med TN-nett, tilsier at det i 2017 ble installert mellom 1 100 og 1 140 solcelleanlegg i IT-nett.

Merkostnaden per solcelleanlegg kan ifølge bransjeaktører være i størrelsesordenen 4 000-18 000 kroner, avhengig av størrelsen på anlegget og hvilken løsning som benyttes. På grunnlag av dette estimerer vi en samlet merkostnad på mellom 4 og 20 millioner kroner for solcelleeiere i IT-nett.

Varmepumper

Varmepumper som benytter væske-til-vann og luft-til-vann krever tilpasninger for å kunne brukes i IT-nett.

Små væske-til-vann og luft-til-vann varmepumper (≤20kW) produsert for det europeiske markedet tilpasses normalt hos produsent for å kunne brukes i det norske IT-nettet. Større varmepumper (>20kW) krever trefase 400V TN-nett. Disse vil kreve installasjon av skilletransformator eller TN-nett for å kunne fungere.[27]

Tall fra Norsk varmepumpeforening (2018) viser at det samlet ble installert 2 461 væske-til-vann varmepumper ≤20kW og 2 737 luft-til-vann varmepumper ≤20kW i 2017, til sammen ca. 5 200 relevante varmepumper. Fratrukket den anslåtte andelen TN-nett i Norge (18 prosent), anslår vi at til sammen rundt 4 200 varmepumper tilpasses hos produsent.

Vi har ikke fått noen observasjoner av merkostnader for produsent, og dermed nettkunder, av tilpasninger av mindre varmepumper for områder uten TN-nett. For å illustrere størrelsesordenen på kostnadsvirkningen har vi som en ren antakelse lagt til grunn at merkostnaden utgjør én prosent av produktprisen. Basert på innhentede produktpriser fra leverandører gir dette en antatt

[25] Dette anslaget inkluderer ikke produsenttilpasninger som ifølge intervjuobjektene er av ubetydelig størrelse, for eksempel tilpasninger til induksjonsplatetopper.
[26] I visse tilfeller vil det også, ifølge intervjuobjektene, være mindre kostbart å installere en skilletransformator framfor å tilpasse solcelleanlegget. Dette gjelder i hovedsak store anlegg som installeres på næringsbygg.
[27] Kostnaden av dette er inkludert i avsnitt 5.2.1.

merkostnad på 850 til 1 100 kroner per varmepumpe for nettkunder i IT-nett.[28]

Multiplisert med det estimerte antallet varmepumper som tilpasses hos produsent (ca. 4 200), anslår vi at den samlede merkostnaden for varmepumpekjøpere i IT-nett i 2017 var mellom 3 og 5 millioner kroner.

5.2.4 Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett

Nettkunder med mange apparater som i liten grad er kompatible med IT-nett, for eksempel nærings-drivende i landbruket eller andre næringskunder, vil i enkelte tilfeller velge å betale anleggsbidrag til nettselskapet for å få lagt TN-nett til hele anlegget. En utbedring av lavspenningsnettet til TN-nett ville føre til at disse nettkundene sparer kostnadene knyttet til anleggsbidrag.

Vi har ingen data på hvor mye anleggsbidrag som kreves av ulike grunner i Norge. En anekdotisk uttalelse fra Eidsiva Nett tyder på at anleggsbidrag for å få lagt opp TN-nett er svært sjelden. Vi har ikke kunnet tallfeste eller verdsette virkningen av redusert behov for anleggsbidrag som følger av TN-nett, men vurderer kvalitativt nytten av TN-nett for «Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett» til å være liten i dag.

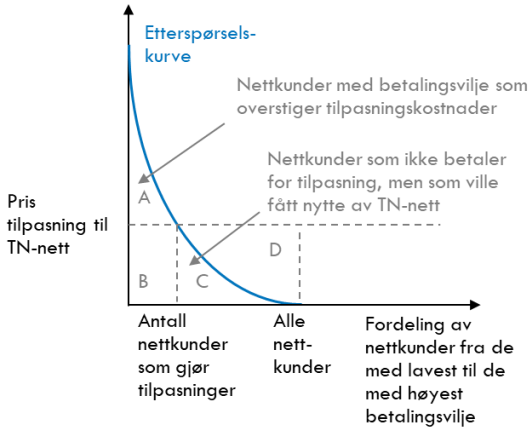
5.3 Verdsettelse av økt nytte av elektriske apparater

5.3.1 Økt nytte, inkl. bredere utvalg, for kunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/-evne til å dekke tilpasningskostnadene

I tillegg til nettkundene som bærer kostnader knyttet til tilpasninger av utstyr utformet for TN-nett, kan det være nettkunder som i større grad ville tatt i bruk utstyr som krever TN-nett hvis de ikke måtte betale for særskilte tilpasninger. En del av denne tapte nytten kommer i form av lavere produktutvalg, ved at de ikke får tilgang til produkter som krever tilpasninger.

Nyttetapet for kunder som ville hatt nytte av apparater som krever TN-nett, men som ikke betaler for nødvendige tilpasninger, er illustrert i arealet «C» i Figur 5-1.

Figur 5-1: Kostnad og nyttetap for nettkunder som ønsker tilpasninger til apparater som krever TN-nett



Kilde: Oslo Economics[29]

Nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som ikke har vilje eller evne til å betale den faktiske tilpasningskostnaden, for eksempel i form av skilletransformatorer, befinner seg til høyre for punktet markert «Antall nettkunder som gjør tilpasninger». Deres tapte nytte er, som nevnt, arealet «C» til høyre for dette punktet og under den blå linjen (etterspørselskurven).

Til sammenligning er tilpasningskostnadene til nettkunder som faktisk gjør tilpasninger gitt av firkanten «B», mellom «pris tilpasning til TN-nett» og «antall nettkunder som gjør tilpasninger».

Den tapte nytten for den gjennomsnittlige nettkunde som ikke vil, eller ikke evner, å betale for tilpasninger vil normalt være lavere enn for den gjennomsnittlige nettkunde som velger å betale tilpasninger. Det kan imidlertid være mange som befinner seg i kategorien som ikke får direkte tilpasningskostnader, men kun tapt nytte (areal «C»). Undersøkelser fra elbil-området tyder på at det kan være snakk om et høyt antall. En nylig gjennomført undersøkelse at 400 000 nordmenn ikke vil kjøpe elbil på grunn av manglende lademuligheter hjemme (NBBL, 2018).

[28] Foruten at høyere produksjonskostnader, kan behovet for tilpasninger hos produsent ifølge våre intervjuobjekter redusere konkurransen og dermed gi høyere priser. I tillegg til kan varmepumpene som er tilpasset til IT-nett være noe mindre effektive.

[29] Figuren i dette avsnittet viser kun betalingsviljen for en del av fordelene ved TN-nett, nemlig fordelen for nettkunder av å ta i bruk apparater som krever TN-nett, og kun en del av kostnaden, nemlig tilpasningskostnaden for nettkunden. Samme type figur kunne imidlertid også blitt brukt for å fremstille samlet nytte- og kostnadsvirkning av oppgradering fra IT- til TN-nett fordelt på alle nettkundene i et enkelt nettområde. A + B + C ville i så fall vært samlet nytte av en oppgradering og B + C + D ville vært samlede kostnader. En slik figur kunne blitt lest som at ville være samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere det enkelte nettområdet dersom (A+B+C) > (B+C+D), dvs. at A > D.

Vi har ikke kunnet tallfeste eller verdsette hvor mye disse nettkundene ville fått av økt nytte dersom de fikk TN-nett. På grunnlag av det betydelige antallet kunder som ønsker trefaseapparater, som raske ladere til elbil, og den vesentlige kostnaden per tilpasning, er vår kvalitative vurdering at nyttevirkningen av TN-nett er stor for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/evne til å dekke tilpasningskostnader i dag.

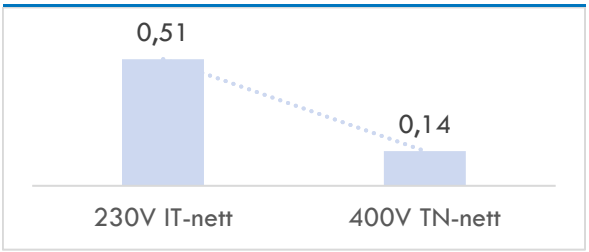
5.3.2 Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer

Spenningsproblemer er et problem både for nettselskaper og for nettkunder. For nettkunden kan konsekvensene av spenningsproblemer være avbrutt ytelse ved bruk av apparater, lavere effekt eller ødelagt utstyr.

Som beskrevet i kapittel 2 er TN-nett mindre sårbart for spenningsvariasjon og -usymmetri enn IT-nett. Tekniske studier tilsier dermed at en spenningsproblemer vil reduseres ved en oppgradering fra IT- til TN-nett, alt annet likt (Torscæter & Kirkeby, 2017).

NVE kjenner til at Lyse Elnett registrerer klagesaker fordelt etter nettsystem. Klagestatistikk fra nettselskapet viser at problemer tilknyttet spenningskvalitet er mindre utbredt blant nettkunder med TN-nett, se Figur 5-2.

Figur 5-2 Gjennomsnittlig antall klager på spenningskvalitet per tusen nettkunder med henholdsvis IT- og TN-nett

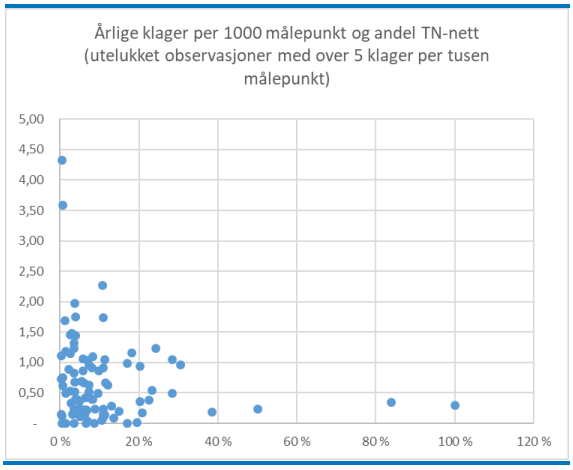


Kilde: Lyse Elnett

Kunder hos Lyse Elnett med TN-nett klager ca. 70 prosent mindre på spenningskvaliteten enn kunder med IT-nett. Dette tyder på at kundene i nett-områder med IT-nett ville fått en nyttevirkning i form av færre spenningsproblemer ved en oppgradering til TN-nett. Funnene kan imidlertid skyldes andre forhold.

Statistikk fra NVE innhentet fra flere nettselskap peker i samme retning som statistikken fra Lyse Elnett. Figur 5-3 viser antall klager per tusen målepunkt per nettselskap. Nettselskapene er illustrert som blå punkter og fordelt horisontalt i henhold til andelen TN-nett. Figuren viser eksempler på at nettselskapene med høy andel TN-nett ofte har relativt få klager, mens det finnes eksempler på nettselskap med lav andel IT-nett med mange klager.

Figur 5-3 Årlige klager per tusen målepunkt og andel TN-nett



Kilde: NVE. Observasjoner med over fem klager per tusen målepunkt er utelukket i figuren.

Korrelasjon mellom antall klager og andel TN-nett er lik -5 prosent.[30] Denne korrelasjonen er ikke spesielt sterk og kan ha flere årsaker. Eksempelvis kan nettselskaper med en høyere andel TN-nett i gjennomsnitt ha nyere og sterkere nett sammenlignet med nettselskap der hele nettområdet er IT-nett. Dette kan forklares med at TN-nett oftest velges ved investeringer i nye nettområder.

Vi har ikke kunnet tallfeste eller verdsette i kroner nytten av færre spenningsproblemer for nettkunder som har IT-nett i dag. Vår kvalitative vurdering er at nyttevirkningen er middels stor. Spennings-problemer er potensielt svært kostbart, men forekommer forholdsvis sjelden i alvorlig grad i dag. Påvirkning fra en overgang TN-nett vurderes å være middels stor.

5.3.3 Økt bruksnytte takket være færre problemer med særegenhetene i IT-nett

Som nevnt tidligere i rapporten blir elektriske apparater produsert med tanke på andre nett-systemer enn det norske IT-nettet.

Ved en omlegging til TN-nett ville elektriske apparater i større grad være kompatible med det norske nettsystemet. For nettkunder kan dette gi økt

[30] Statistikken viser også en negativ korrelasjon i *påviste* brudd på spenningskvalitet og andel målepunkt med TN-nett.

bruksnytte av apparater på grunn av færre problemer med særegenheter i IT-nett.

Det er imidlertid usikkert hvor stort omfanget av dette problemet er, og hvorvidt det er andre særegenheter ved IT-nettet utover jordfeil som forårsaker problemer for nettkunder. Vår kvalitative vurdering er at nyttevirkningen er liten, ettersom det kun er snakk om ladeproblemer for enkelte typer elbiler, og fordi problemene kan løses ved å reparere jordfeil.

5.4 Verdsettelse av reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil

Sammenlignet med eldre, ujordet IT-nett uten jordfeilbryter har TN-nett to fordeler:

- Sikring slår ut ved farlig jordfeil[31]
- Det kan være lettere å finne og rette opp første jordfeil (også fordel sammenlignet med IT-nett med jording/jordfeilbryter)

En studie fra Sintef (2008) viste at «Elektrisk årsak» og «Feil bruk av elektrisk utstyr» er registrert som årsak til 40 prosent av boligbranner og 25 prosent av dødsbrannene i Norge. Studien beregnet at innføring av krav til jording og jordfeilbryter på alle kurser, ville redusert antall branner med kjent årsak med ca. 5,5 prosent (pluss/minus 2 prosent).

Ettersom en utbedring til TN-nett vil innebære jording og installasjon av jordfeilbryter på alle kurser, ville en oppgradering til TN-nett også gi nettkunder en fordel i form av færre branner. Denne virkningen er imidlertid avgrenset til nettkunder med eldre el-installasjoner, ettersom jordfeilbryter er pålagt i alle nye el-installasjoner[32].

I tillegg kan det være enklere å oppdage eller finne en jordfeil i TN-nett, fordi sikringen på kursen det er jordfeil på vil kobles ut umiddelbart ved tilkobling av et apparat med jordfeil. I et IT-nett kan det ofte være vanskelig å finne jordfeilen, ettersom sikringen ikke nødvendigvis kobles ut ved tilkobling av et apparat med jordfeil. I tillegg kan jordfeil hos en nettkunde påvirke andre hus i samme trafokrets i et IT-nett. Til sammenligning vil jordfeil i TN-nett ikke påvirke andre hus eller installasjoner, da sikringen kobles ut automatisk ved tilkobling av et apparat med feil.

«Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil» vurderes kvalitativt å være en middels stor nyttevirkning av TN-nett i dag. Ulykker (herunder brann) er potensielt svært kostbart, men forekommer forholdsvis sjelden i alvorlig grad i dag.

[31] Merkeutløsingsstrøm er 30 mA, og vil føre til at sikringsvernet slår ut.
[32] NEK 400:2010 stiller krav til at alle boligkurser skal sikres med jordfeilbryter med utløsestrøm på 30 mA. Kravet har ikke tilbakevirkende kraft, slik at el-installasjoner datert tidligere enn 2010 oftest ikke har jordfeilbryter.

5.6 Samlet oversikt over verdsatte virkninger

I Tabell 5-4 oppsummerer vi hvordan vi har verdsatt nyttevirkningene for nettkunder.

Tabell 5-4: Verdsettelse av nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder med IT-nett (estimat 2017)

Type nyttevirkning	Konkret nyttevirkning	Nyttevirkning i 2017
Lavere tilpasningskostnader	Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer	Ca. 130-390 mill. kr.
	Reduserte tilpasningskostnader hos produsent og bredere vareutvalg	Ca. 7-25 mill. kr.
	Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer	Stor nyttevirkning (ikke prissatt)
	Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett	Liten nyttevirkning (ikke prissatt)
Økt nytte av elektriske apparater	Økt nytte, inkl. bredere produktutvalg, for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/evne til å dekke tilpasningskostnader i dag	Stor nyttevirkning (ikke prissatt)
	Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer	Middels nyttevirkning (ikke prissatt)
	Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett	Liten nyttevirkning (ikke prissatt)
Andre nyttevirkninger	Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil	Middels nyttevirkning (ikke prissatt)
Sum prissatte virkninger		Ca. 140-420 mill. kr.
Sum ikke-prissatte virkninger		Flere nyttevirkninger
Samlet vurdering av nyttevirkninger for nettkunder		**Vesentlig samlet nytte**

Kilde: Oslo Economics. Med «Nyttevirkninger for nettkunder» menes mer spesifikt nyttevirkninger for nettkunder som reguleringen av nettselskaper ikke tar tilstrekkelig hensyn til.

De estimerte, prissatte nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder som har IT-nett ville vært mellom 140 og 420 mill. kroner i 2017. Vårt estimat på prissatte virkninger kan anses å være konservativt, da vi kun tar utgangspunkt i kjente tilpasninger av apparater utformet for TN-nett og merkostnader ved disse.

Av de ikke-prissatte virkningene vurderes de største nyttevirkningene å være «Redusert behov for drift av skilletransformatorer» og «Økt nytte for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/evne til å dekke tilpasningskostnader i dag». Dette kan forklares ved at disse virkningene berører mange tilfeller (skilletransformatorer og nettkunder) og at nytten av TN-nett ville vært forholdsvis stor for mange av tilfellene.

«Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett» vurderes å være en liten nyttevirkning ettersom svært få betaler anleggsbidrag for å få TN-nett i dag. «Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett» vurderes også å være en liten nyttevirkning, ettersom det kun er snakk om ladeproblemer for enkelte typer elbiler, og fordi problemene kan løses ved å reparere jordfeil.

«Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer» og «Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil» vurderes å være middels store nyttevirkninger i dag. Spennings-problemer og ulykker (herunder brann) er potensielt svært kostbart, men forekommer forholdsvis sjelden i alvorlig grad i dag. Påvirkning fra en overgang TN-nett på disse virkningene vurderes å være middels stor.

Vår vurdering er at de samlede nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder som har IT-nett ville vært av vesentlig størrelse i 2017. Det vil si at de samlet utgjør viktige hensyn som på grunn av mangler ved reguleringen trolig ikke internaliseres av nettselskaper ved valg av nettsystem.

Valg av nettsystem ved vesentlige reinvesteringer kan bli styrende for tjenesten til nettkunder i mer enn 40 år frem i tid. For reguleringen av nettselskap er det dermed ikke kun relevant å vurdere hvor vesentlige nyttevirkningene av TN-nett er for nettkunder i dag, men også hvor viktige de kan ventes å bli i fremtiden. Dette vil vi omtale i neste kapittel.

6. Fremtidig utvikling i nyttevirkninger for nettkunder

6.1 Utvikling i underliggende drivere

I kapittel 2 identifiserte vi at de underliggende driverne for nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder er at:

- Store deler av verden har et annet nettsystem enn Norge, og at
- Klimaendringer og økende energikostnader har bidratt til krav om økt elektrifisering og energieffektivisering

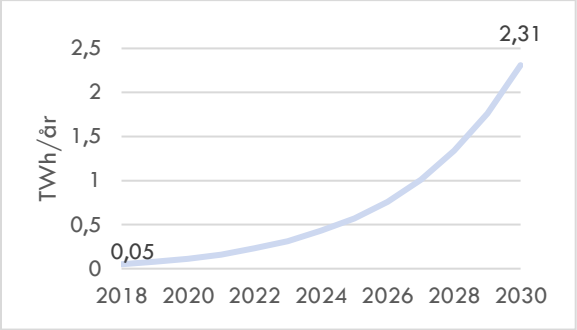
Disse driverne har ført til at flere og flere apparater utformet for TN-nett blir tatt i bruk i det norske IT-nettet, med de utfordringene det medfører (se kapittel 2).

Hvordan tilpasningskostnadene som følger av IT-nett vil utvikle seg i fremtiden vil i stor grad avhenge av hvor mange apparater utformet for TN-nett som norske nettkunder ønsker å ta i bruk.

Generelle trender for elektrifisering og energi-effektivisering synes å vedvare og bli sterkere (IEA, 2017). Konkrete estimater på forventet vekst i trefase apparater og andre apparater som krever TN-nett tyder også på at verdien av TN-nett for nettkunder vil øke fremover.

For eksempel har Multiconsult (2018) anslått at årlig installert effekt fra solceller i Norge kan øke med 50 prosent frem til 2022, og 30 prosent til 2030. Dette vil i så tilfelle innebære at årlig energiproduksjon fra solkraft vil utgjøre 2,31 TWh i 2030. I 2018 var tilsvarende tall 0,05 TWh. En følge av dette kan være at tilpasningskostnadene forbundet med spesiallagde vekselrettere for det norske markedet kan øke samlet sett.

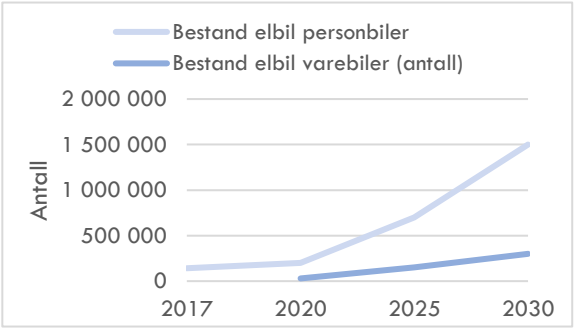
Figur 6-1: Forventet årlig energiproduksjon fra solkraft i Norge mot 2030



Kilde: Multiconsult (2018) og Oslo Economics. I beregningene er det forutsatt at veksten i installert solkraft følger Sveriges utvikling fram til 2017.

Utviklingen i antall elbiler forventes også å øke, som følge av økt transportbehov og krav til lavere utslipp fra veitrafikken. Beregninger utført av NVE viser at Norges elbilbestand kan utgjøre 1,5 millioner i 2030 (NVE, 2016). Dette vil i så fall tilsvare rundt halvparten av person- og varebilene i Norge. Foruten å forårsake tilpasningskostnader i form av kostnader til skilletransformatorer og anleggsbidrag for å styrke svake nett, kan dette også bidra til økte spenningsproblemer og dermed føre til lavere bruksnytte av elektriske apparater.

Figur 6-2 Anslått antall elbiler mot 2030 i Norge



Kilde: NVE (2016)

I tillegg vil den fremtidige utviklingen i nytte-virkninger for nettkunder avhenge av andre forhold. For eksempel vil installasjon av jordfeilbrytere ved utfasing av eldre el-installasjoner i henhold til gjeldende bygningstekniske krav påvirke omfanget av nyttevirkninger tilknyttet jordfeil ved en eventuell oppgradering.[33]

[33] NEK:400 stiller krav til jordfeilbrytere i alle nye el-installasjoner.

6.2 Forventet fremtidig utvikling

Den forventede sterke veksten i bruken av apparater designet for TN-nett tilsier at tilpasningskostnadene for nettkunder med IT-nett vil øke vesentlig sammenlignet med i dag. Årsaken er at langt flere apparater/anlegg vil måtte tilpasses for å kunne brukes i TN-nett i fremtiden. Derfor venter vi at følgende nyttevirkninger av TN-nett vil øke sterkt i betydning i fremtiden: «Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer», «Reduserte tilpasningskostnader hos produsent og bredere vareutvalg», «Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett», og «Økt nytte for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/evne til å dekke tilpasningskostnader i dag».

Nyttevirkningene i form av reduserte spenningsproblemer vil potensielt bli av stor betydning i fremtiden. Det er vanskelig å si hvor store spenningsproblemer som vil forårsakes av at en økende mengde effektkrevende apparater designet for TN-nett blir installert i norske IT-nett. I tillegg kan det dukke opp nye, uforutsette utfordringer knyttet til særegenhetene i IT-nettet, men dette er også svært usikkert.

Den eneste nyttevirkningen av TN-nett som forventes å bli relativt mindre viktig, er kostnader og ulykker knyttet til jordfeil. Grunnene til at denne nytten av TN-nett ventes å bli mindre viktig i fremtiden er problemene løses av andre forhold, som bygningstekniske krav til jordfeilbryter i nye anlegg og ved større renoveringer, samt feilsøkingsmuligheter muliggjort av AMS.

I Tabell 6-1 oppsummerer vi den ventede utviklingen i betydningen av ulike nyttevirkninger av TN-nett. Tabellen viser at de fleste nyttevirkningene ventes å øke sterkt i betydning i fremtiden, og dermed at nytten av TN-nett for nettkunder vil bli viktigere å ta hensyn til fra et samfunnsøkonomisk perspektiv.

Tabell 6-1: Forventet utvikling i nyttevirkninger av TN-nett for nettkunder med IT-nett

Type nyttevirkning	Konkret nyttevirkning	Ventet utvikling i betydning av virkning i fremtiden
Lavere tilpasningskostnader	Redusert behov for installasjon av nye skilletransformatorer	Sterk økning i betydning (fra 130-390 mill. kr. i 2017)
	Reduserte tilpasningskostnader hos produsent og bredere vareutvalg	Sterk økning i betydning (fra 7-25 mill. kr. i 2017)
	Redusert behov for drift av eksisterende skilletransformatorer	Middels økning i betydning (fra stor virkning i 2017)
	Redusert behov for anleggsbidrag for å få TN-nett	Sterk økning i betydning (fra liten virkning i 2017)
Økt nytte av elektriske apparater	Økt nytt for nettkunder som ønsker apparater som krever TN-nett, men som har for lav betalingsvilje/ evne til å dekke tilpasningskostnader i dag	Sterk økning i betydning (fra stor virkning i 2017)
	Økt bruksnytte grunnet færre spenningsproblemer	Potensielt sterk økning i betydning (fra middels i 17)
	Økt bruksnytte grunnet færre problemer med særegenheter i IT-nett	Usikkert, muligens sterk økning i betydning (fra liten i 2017)
Andre virkninger	Reduksjon i ulykker og kostnader som følger av jordfeil	Redusert betydning (fra middels virkning i 2017)
Samlet utvikling i nytte for nettkunder, sammenlignet med 2017		I sum vesentlig økt betydning

Kilde: Oslo Economics

7. Samlet vurdering og behov for regulatoriske endringer

7.1 Samlet vurdering av vesentlighet av nyttevirkninger for nettkunder

De estimerte, prissatte nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder som har IT-nett i dag ville vært mellom 140 og 420 mill. kroner i 2017. I tillegg kommer flere ikke-prissatte virkninger som vurderes å være viktige.

De aller fleste nyttevirkningene av TN-nett for nettkunder ventes å bli viktigere fremover ettersom elektrifisering og krav til energieffektivitet gir flere apparater designet for et annet nettsystem (TN-nett) enn det som er vanlig i Norge (IT-nett). Økt bruk av apparater laget for TN-nett kan føre til høyere tilpasningskostnader i form av skilletransformatorer og tilpasninger hos produsent enn i dag. Nyttevirkningene av TN-nett i form av reduserte spenningsproblemer vil potensielt bli av stor betydning i fremtiden. Det er vanskelig å si hvor store spenningsproblemer som vil forårsakes av at en økende mengde effektkrevende apparater designet for TN-nett blir installert i norske IT-nett.

Samtidig må det nevnes at nyttevirkningene for nettkunder, som vi har analysert i denne utredningen, kun utgjør en avgrenset del av de samlede virkningene av overgang fra IT- til TN-nett. Blant andre nyttevirkninger regnes blant annet lavere nett-tap for nettselskap, samt nettselskapenes mulighet til å redusere antall nettstasjoner. Blant kostnadsvirkningene er særlig overgangskostnadene fra IT- til TN-nett viktige.[34]

7.2 Hvordan reguleringen kan endres for å ta hensyn til nytten for nettkundene

I kapittel 3 identifiserte vi at nettkunder får flere fordeler av en overgang til TN-nett, hvorav flere av disse ikke blir hensyntatt i tilstrekkelig grad i reguleringen av nettselskapene.

I tillegg kan deler av inntektsreguleringen gi negative insentiver til å oppgradere til TN-nett. I kapittel 3 identifiserte vi at bruk av antall nettstasjoner som et estimat på fordelingen av etterspørselen innenfor et nettområde kan gi negative insentiver til omlegging til TN-nett, fordi TN-nett i mange tilfeller kan betjene en gitt kundemasse med færre nettstasjoner enn IT-nett.[35]

Vår vurdering er at disse nyttevirkningene, som i utilstrekkelig grad blir hensyntatt i reguleringen av nettselskap, kan være av vesentlig verdi. For å gi nettselskap riktigere insentiver ved valg av nettsystem kan regulator vurdere å:

1. Endre kostnadsindikatoren i inntekts-reguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett
2. Direkteregulere at TN-nett skal velges i nye områder
3. Inkludere nytten av TN-nett for nettkunder i inntektsreguleringen slik at den blir hensyntatt ved reinvesteringer

Disse mulige tiltakene beskrives nærmere i de neste underkapitlene.

7.2.1 Endre kostnadsindikatoren i inntektsreguleringen som utilsiktet kan hindre nettselskap i å velge TN-nett

I gjeldende regulering av nettselskap brukes antall nettstasjoner som en indikator på hvor spredt etterspørselen til et nettselskap er (hvor grisgrendt det er), og dermed hvor stor inntektsramme nettselskapet behøver for å betjene sitt område.

Problemet med å bruke antall nettstasjoner som en indikator på hvor spredt etterspørselen er, er at antallet nettstasjoner kan påvirkes av nettselskapets valg av nettsystem.

Over tid, og om mulig, bør regulator bevege seg bort fra kostnadsindikatorer som kan påvirkes til objektive, upåvirkbare kostnadsindikatorer (NVE, 2006). Grunnen er at nettselskapene med upåvirkbare indikatorer vil miste uønskede insentiver til å organisere seg på en måte som gir høyere inntektsramme. Med upåvirkbare

[34] Den samlede kostnaden av å styrke hele lavspenningsnettet i Norge slik at hvilken som helst kunde skulle ta i bruk effektkrevende apparater er blitt estimert til mellom 15 og 113 milliarder kroner i nåverdi (Seljeseth, 2013).

[35] Ifølge våre intervjuobjekter er ikke dette bare en hypotetisk utfordring. Enkelte av intervjuobjektene ga uttrykk for at det var uaktuelt å legge om til TN-nett, når det straffet seg økonomisk ved at færre nettstasjoner gir lavere inntektsramme.

Vi bemerker at omlegging fra IT- til TN-nett påvirker inntektene og kostnadene til nettselskap på flere måter. Overgang til TN-nett kan gi lavere drifts- og vedlikeholdskostnader, men høyere kapitalkostnader. Videre kan det påvirke antall kilometer høyspentledning som også inngår som en variabel av fastsettelsen av kostnadsnormen.

indikatorer, vil nettselskapene i større grad være styrt av ønskede insentiver om å tilby nettkunder en god tjeneste til en lavest mulig kostnad.

Det er utenfor rammen til denne analysen å vurdere hvilket, eller hvilke, indikatorer som kunne erstattet antall nettstasjoner som indikator på hvor spredt etterspørselen er. Data fra Elhub kan muligens gi nye muligheter for utvikling av eksogene indikatorer. Vi merker oss for øvrig at nettonyttemodellen, som brukes for å vurdere effektiviteten i svenske nettselskaper, potensielt kan inneholde en alternativ indikator som kan måle spredningen i nettselskapenes etterspørsel. Nettonyttemodellen bruker geografiske koordinater for tilkoblingspunktene til abonnenten blitt brukt, samt koblingspunkt mellom nettselskapets nett og overliggende nett (Foosnæs, 2007). Dette kan gjøre det mulig for modellen å fange opp kostnads-forskjellene som skyldes en spredt kundemasse, samtidig som det gir nettselskapene insentiver til å betjene kundemassen så effektivt så mulig.

7.2.2 Direkteregulere at TN-nett skal velges i nye områder

Dersom det var klart samfunnsøkonomisk lønnsomt å oppgradere til TN-nett i forbindelse med alle typer reinvesteringer, kunne det, fra et samfunns-økonomisk perspektiv, rettferdiggjøre å stille krav om at nettselskap ved alle reinvesteringer skal velge TN-nett.

Vi har imidlertid ikke grunnlag for å si at dette vil være tilfelle. Kostnadene av en oppgradering av lavspenningsnettet kan ha en nåverdi på et to- til tresifret milliardbeløp (Seljeseth, 2013). Det er sannsynlig at det i mange tilfeller, muligens de fleste, ennå vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å fortsette å reinvestere i eksisterende nett-typer, selv når alle virkninger tas med i vurderingen.

Kun ved nye nettområder kan det være klart lønnsomt, både for nettselskapet og samfunnet, å velge TN-nett. Dette illustreres ved at nye nettområder som regel blir utført som TN-nett (NVE, 2018). Ifølge NVE finnes det imidlertid tilfeller av nettselskap som velger å bygge nye nettområder som IT-nett, og at dette i noen tilfeller begrunnes med at det er «det de kan». Dersom undersøkelser viser at IT-nett velges i flere nye nettområder og at TN-nett er samfunnsøkonomisk lønnsomt i nye nettområder, kan regulator vurdere om det vil være hensiktsmessig å forskriftsfeste at alle nye nettområder skal bygges som TN-nett.[36]

7.2.3 Inkludere nytten av TN-nett for nettkunder i inntektsreguleringen slik at den blir hensyntatt ved reinvesteringer

Et annet mulig tiltak er å endre inntektsreguleringen slik at nettselskap som tilbyr TN-nett til sine abonnenter premieres for det økonomisk. Ved å inkludere en kvalitetsvariabel som fanger opp nytten av TN-nett for nettkundene, kunne reguleringen bidratt til at denne nytten blir tilstrekkelig hensyntatt i nettselskapenes valg av nettsystem.

Vi har i denne utredningen ikke kunnet detaljere ut hvordan en kvalitetsvariabel for nettsystem kan utformes for å bidra til at nettselskapene på en tar hensyn til nytten av TN-nett for nettkundene. For å illustrere hvordan det kunne fungere vil vi i de neste avsnittene likevel skissere hvordan en slik kvalitetsvariabel kunne tenkes å utformes.

Inkludering av en kvalitetsvariabel som nettsystem i inntektsreguleringen kunne for eksempel fulgt mønsteret til hvordan kostnader for ikke-levert energi (KILE) blir hensyntatt i beregningen av nettselskapenes tillatte inntekt. En kvalitetsvariabel som «andel TN-nett for nettkunde av en viss type» kunne i så fall blitt lagt til i formelen for beregning av tillatt inntekt.

Å inkludere en slik kvalitetsvariabel ville ført til en omfordeling av inntekter til nettselskaper som tilbyr TN-nett til en stor andel av sine kunder fra nettselskaper som tilbyr dette til en liten andel av sine kunder. Dermed ville nettselskapene fått insentiver til å øke andelen TN-nett.

Dersom en kvalitetsvariabel skulle bli inkludert i beregningen av tillatt inntekt eller på en annen måte, vil regulator måtte ta hensyn til hvor stor samlet vekt/verdi variabelen skulle få. Vår analyse tyder på at den samlede årlige verdien av TN-nett for nettkunder som har IT-nett i 2017 er mellom 140 og 420 mill. kroner pluss ikke-prissatte nyttevirkninger. I tillegg viser analysen vår at nyttevirkningene for nettkunder av TN-nett sannsynligvis vil stige vesentlig i fremtiden, ettersom norske nettkunder i økende grad tar i bruk elektriske apparater designet for TN-nett. Det kan derfor være aktuelt å øke viktigheten av kvalitets-variabelen over tid. Eventuelle planer fra regulator

[36] Som nevnt i kapittel 6 er det etter vår vurdering sannsynlig at problemene med IT-nett, og dermed fordelene av TN-nett for nettkunder, vil øke i fremtiden. Dersom problemene med IT-nett viser seg å være svært omfattende, kan det i fremtiden muligens bli aktuelt med direkte-regulering ved at TN-nett også skal velges ved vesentlige reinvesteringer. En slik direkteregulering bør etter vår vurdering kun vedtas dersom en samfunnsøkonomisk analyse av samtlige virkninger av et konkret forslag til regulering viser at det vil være lønnsomt for Norge som helhet og i de aller fleste tilfeller av de berørte nettområdene.

om å øke viktigheten av kvalitetsvariabelen bør kommuniseres til nettselskapene, slik at de kan ta hensyn til det på en god måte i sine vurderinger av alternative nettsystem.

I tillegg vil det være relevant å vurdere om kvalitetsvariabelen bør differensieres for ulike typer nettkunder, for å ta hensyn til at verdien av TN-nett varierer for ulike nettkunder. For eksempel tilsier mengden trefaseapparater som brukes i jordbruk, industri og andre næringsbygg, at nettselskaper bør ha sterkere insentiver til å gi disse TN-nett enn til å gi TN-nett til gjennomsnittlige husholdningskunder. Videre kan det tenkes at det er systematiske forskjeller i nytten av TN-nett mellom sentrale og usentrale strøk, og avhengig av andre kjennetegn ved nettkundene.

Et spørsmål er om en eventuell kvalitetsvariabel bør være «andel TN-nett for nettkunde av en viss type», eller om et annet kvalitetsbegrep enn TN-nett, for eksempel nettstyrke målt som kortslutningsytelse burde bli brukt. Ideelt sett bør kvalitetsvariabler i størst mulig grad være ytelsesmål (som kan nås med ulike teknologier) og ikke funksjons-/standardmål, som unødig spesifiserer bruk av en gitt teknologi. I denne sammenheng kan «TN-nett» sees på både som et ytelsesmål, ettersom mange apparater må tilpasses om de ikke får TN-nett.

En mulig innvendig mot å inkludere en kvalitets-variabel som TN-nett i inntektsreguleringen er at det sannsynligvis ikke vil være mulig å nøyaktig fastsette i kroner akkurat hvor stor kvalitets-variabelen per nettkundetype bør være. Etter vår vurdering bør denne innvendingen imidlertid kun tilsi at regulator bør være forsiktig i sin fastsettelse av størrelsen på en eventuell kvalitetsvariabel.

8. Referanser

Agder Energi, 2015. *Effektkrevende elektrisk utstyr, utfordringer for nettet,* Kristiansand: Agder Energi.

DFØ, 2018. *Veileder i samfunnsøkonomisk analyse,* Oslo: Direktoratet for økonomiforvaltning.

Energi Norge (rapport trukket), 1994. *Overgang til 230/400 V TN-C i bestående 230 V IT/TT/TN fordelingsnett. Håndbok for planleggere, driftsingeniører og montører,* Oslo: Energi Norge.

Energi Norge, 2017. *Veileder for utfordrende elektriske apparater,* Oslo: Energi Norge.

Foosnæs, A. H., 2007. *Nettregulering i en nordisk kontekst (masteroppgave),* Trondheim: NTNU.

Forskrift om kontroll av nettvirksomhet (1999) Olje- og energidepartementet.

Forskrift om leveringskvalitet i kraftsystemet (2004) Olje- og energidepartementet.

Fossen, L., 2016. *Innmating av solkraft i lavspenningsnettet (masteroppgave),* Trondheim: NTNU.

Hofmann, M., Seljeseth, H., Volden, G. H. & Kjølle, G. H., 2010. *Study on Estimation of Costs due Electricity Interruptions and Voltage Disturbances,* Trondheim: Sintef.

IEA, 2017. *World Energy Outlook 2017.* s.l.:s.n.

Kirkeby, H., 2018. *Problemer med elbillading,* Oslo: Power Quality Analysis (PQA).

Kirkeby, H. & Seljeseth, H., 2014. *Utfordrende elektriske apparater,* Oslo: Sintef/NEF Teknisk Møte 2014.

LOV-1990-06-29-50 (1990) Olje- og energidepartementet.

Multiconsult, 2018. *Solcellesystemer og sol i systemet.* s.l.:s.n.

Mørch von der Fehr, N.-H., 2010. *Den økonomiske reguleringen av strømnettet. En gjennomgang,* Oslo: Olje- og energidepartementet.

NBBL, E. o., 2018. *400 000 nordmenn vegrer seg for å kjøpe elbil fordi de mangler lademuligheter hjemme.* s.l.:https://enerwe.no/nyheter/400-000-nordmenn-vegrer-seg-for-a-kjope-elbil-fordi-de-mangler-lademuligheter-hjemme/.

NEK, REN (Utkast til høringsdokument), 2018. *Nettsystem til forsyning i nye bygninger og installasjoner,* Oslo: NEK, REN (Utkast).

Norsk elbilforening, 2018. *www.elbil.no.* [Internett] Available at: https://elbil.no/elbilstatistikk/elbilsalg/ [Funnet 1 11 2018].

NOVAP, 2018. *Salgstall varmepumper 2017, oversendt tallmateriale.* s.l.:s.n.

NVE, 2006. *Modell for fastsettelse av kostnadsnorm,* Oslo: NVE.

NVE, 2012. *Statistikk over rapporterte 400V anlegg.* Oslo: NVE.

NVE, 2015. *www.nve.no.* [Internett] Available at: https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/okonomisk-regulering-av-nettselskap/reguleringsmodellen/ [Funnet 29 10 2018].

NVE, 2015. *www.nve.no.* [Internett] Available at: https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/nettilknytning/anleggsbidrag/ [Funnet 31 10 2018].

NVE, 2016. *Energibruk til transport.* s.l.:s.n.

NVE, 2016. *Hva betyr elbiler for strømnettet.* s.l.:s.n.

NVE, 2016. *Oppsummeringsrapport: Mer treffsikre kostnadsnormer for nettselskaper,* Oslo: NVE.

NVE, 2016. *Varmepumper i energisystemet - status og muligheter.* Rapport 60-2016 red. s.l.:s.n.

NVE, 2016. *www.nve.no.* [Internett] Available at: https://www.nve.no/Media/4005/nve-agenda-bransjem%C3%B8te-om-lavspenningsnettet-14-april-2016_4.pdf [Funnet 11 10 2018].

NVE, 2018. *Omfang av henvendelser om leveringskvalitet,* Oslo: NVE.

NVE, 2018. *www.mercell.com.* [Internett] Available at: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwj4-ouS-_3dAhXG2SwKHUxdBesQFjAAegQICRAC&url=http

s%3A%2F%2Fwww.mercell.com%2Fm%2Ffile%2FGetFile.ashx%3Fid%3D86693307%26version%3D0&usg=AOvVaw3eumywDxVIJBGrZKFgGqxb
[Funnet 11 10 2018].

NVE, 2018. *www.nve.no*. [Internett]
Available at:
https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/nettjenester/leveringskvalitet/spenningskvalitet/
[Funnet 9 10 2018].

NVE, 2018. *www.nve.no*. [Internett]
Available at:
https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/okonomisk-regulering-av-nettselskap/
[Funnet 11 10 2018].

NVE, 2018. *www.nve.no*. [Internett]
Available at: https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-reguleringsmyndigheten-for-energi/endringer-i-regelverket-om-anleggsbidrag-styrker-vernet-av-kundene/
[Funnet 29 10 2018].

Olje- og energidepartementet, 2009. *Ot.prp. nr. 62 (2008-2009) Om endringer i energiloven*. Oslo: Olje- og energidepartementet.

Olje- og energidepartementet, 2017. *https://energifaktanorge.no*. [Internett]
Available at:
https://energifaktanorge.no/regulering-av-energisektoren/regulering-av-nettvirksomhet/
[Funnet 11 10 2018].

Opplysningsrådet for veitrafikken, 2018. *Bilåret 2018,* Oslo: Opplysningsrådet for veitrafikken.

Seljeseth, H., 2013. *Det norske distribusjonsnett "State of the art"?*. [Internett]
Available at:
http://www.standard.no/Global/PDF/Elektro-NEK/Lavspenning/Elsikkerhetskonferansen%202013/1-2%201700-1730%20Norsk%20Distribusjonsnett%20-%20Helge%20Seljeseth.pdf
[Funnet 10 10 2018].

Seljeseth, H., Sand, K. & Solvang, T., 2012. *Håntering av utfordrende elektriske apparter som tilknyttes elektrisitetsnettet,* Oslo: Sintef Energi AS.

Sintef, 2008. *Brannskadeutviklingen i Norge - Tiltak for å redusere brannskadene,* Trondheim: Sintef NBL AS.

Sintef, 2009. *Brannskadeutviklingen i Norge. Tiltak for å redusere brannskadene (presentasjon),* Oslo: Sintef.

Skogseth, E. K., 2017. *Ombygging av 230V IT-installasjoner til 230/400V TN-installasjoner (masteroppgave),* Trondheim: NTNU.

Skotland, C. H., Eggum, E. & Spilde, D., 2016. *Hva betyr elbiler for strømnettet,* Oslo: NVE.

Sweco Norge, 2015. *Vurdering av behov for å sette grenseverdi for minimum kortslutningsytelse i lavspenningsnettet,* Oslo: NVE.

Teknisk Ukeblad, 2013. *www.tu.no*. [Internett]
Available at: https://www.tu.no/artikler/darlig-stromkvalitet-har-kostet-ham-360-000-kroner/234865
[Funnet 9 10 2018].

Teknisk ukeblad, 2015. *www.tu.no*. [Internett]
Available at: https://www.tu.no/artikler/elbiler-og-induksjonskomfyrer-kan-knekke-lavspentnettet/222638
[Funnet 9 10 2018].

Torsæter, B. N. & Kirkeby, H., 2017. *Kost-nytte ved oppgradering fra IT- til TN-nett,* Trondheim: Sintef.

oslo**economics**

www.osloeconomics.no

post@osloeconomics.no
Tel: +47 21 99 28 00
Fax: +47 96 63 00 90

Besøksadresse:
Kronprinsesse Märthas plass 1
0160 Oslo

Postadresse:
Postboks 1562
Vika
0118 Oslo

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNSGATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no