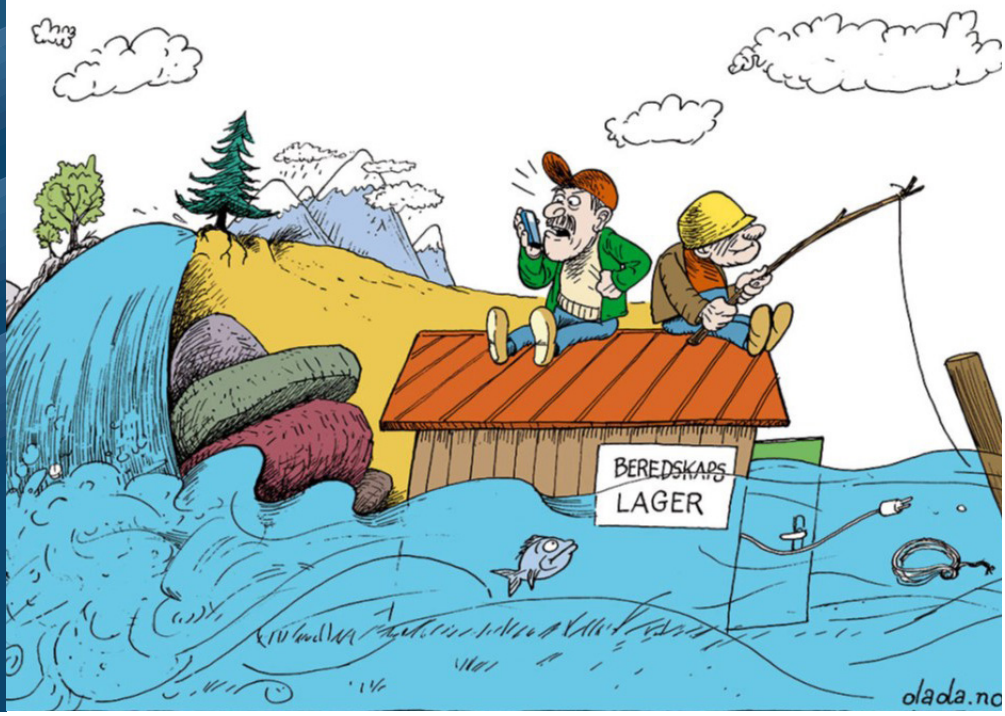
Mulige effekter av havnivåstigning og stormflo på norsk energiforsyning

3
2015

RAPPORT



Mulige effekter av havnivåstigning og stormflo på norsk energiforsyning

En kartlegging av status

Norges vassdrags- og energidirektorat
2015

Rapport nr. 3

Mulige effekter av havnivåstigning og stormflo på norsk energiforsyning

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør: Liv Arntzen Løchen, Skule Nilsen

Forfattere: Turid Bakken Pedersen, Jan Sørensen, Ivar Peereboom, Camilla Meidell Roald, Martin Windju, Astrid Gillund, Birgitte Ramm, Kjell Thorsen, Ingvild Vaggen Malvik, Liv Arntzen Løchen, Skule Nilsen.

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 400

Forsidefoto: Illustrasjon: Ola H. Hegdal. NVE alle rettigheter.

Sammendrag: Energiforsyningens anlegg bygges for fremtiden. Enkelte anlegg kan ha forventet leve- og driftstid som strekker seg flere tiår fram i tid, og anleggene skal være i driftssikker stand gjennom hele sin tekniske levetid. Dette innebærer at man må ta hensyn til alle endringer som klimaet direkte og indirekte vil kunne påføre anleggene. IPPC-rapporten fra 2014 viser at det globale havnivået vil fortsette å stige i det 21 århundre, og forskning viser at havnivåstigning også kan bli en utfordring langs store deler av norskekysten. Dette prosjektet har hatt som formål å kartlegge hvilke konsekvenser havnivåstigning og stormflo vil kunne ha for den norske energibransjen.

Emneord: Havnivåstigning, stormflo, klima, energiforsyning, nettselskaper, risiko- og sårbarhetsanalyser

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Februar 2015

Forord **4**

Sammendrag **5**

1 Innledning **6**

1.1 Prosjektgruppen 7
1.2 Metodisk tilnærming og gjennomføring 7

2 Havnivåstigning og stormflo **8**

2.1 Havnivåstigning globalt 8
2.2 Havnivåstigning i Norge 11
2.3 Stormflo 13
2.4 Tidevann 14
2.5 Referanseverdier 15
2.6 Gjentaksintervall og eksempler på stormfloverdier 18

3 Konsekvenser for energisystemet **19**

3.1 Generell beskrivelse av energisystemet 19
3.2 Kort om elektriske overføringsanlegg og mulige konsekvenser av stormflo eller havnivåstigning 20
3.2.1 Generelt 20
3.2.2 Transformatorstasjoner og muffehus 21
3.2.3 Stolper, kraftledninger og kabler 21
3.2.4 Nettstasjoner og lavspentnett 21
3.3 Kort om vannkraftverk og mulige konsekvenser av stormflo eller havnivåstigning 22
3.4 Kort om fjernvarmeanlegg og mulige konsekvenser av stormflo og havnivåstigning 23

4 Kartlegging av forsyningsanlegg som er i risikosonen for havnivåstigning og mulig stormflo **24**

4.1 Spørreundersøkelse blant enheter i KBO 24
4.1.1 Utvalget 24
4.1.2 Gjennomføring 25
Presentasjon av funn fra spørreundersøkelsen 26
4.2 Nasjonal grovkartlegging av utsatte områder og anlegg 34
4.3 Casestudier 36
4.3.1 BKK 36
4.3.2 Lyse Elnett 40
4.3.3 Lofotkraft 47

5 Eksisterende krav og anbefalte tiltak **50**

5.1 Krav fra NVE 51
5.1.1 Konsesjonsbehandlingen 51
5.1.2 Tilsyn og beredskap 53
5.2 Anbefalinger til selskaper 54

Litteratur **58**

Forord

Klimarelaterte påkjenninger har alltid vært en utfordring for energiforsyningen. Et klima i endring vil kunne bidra til å øke disse utfordringene. Å bygge og drive energiforsyningsanlegg er svært langsiktige prosjekter og den som eier og drifter disse må derfor ta høyde for mulige belastninger som anleggene kan bli utsatt for, også i framtiden. Endringer i klimaet vil kunne ha stor betydning for forsyningssikkerheten, og mer kunnskap og økt bevissthet om potensielle farer er viktig for å opprettholde og styrke beredskapen i norsk energibransje.

I denne studien er det satt fokus på havnivåstigning og stormflo, og hvilken potensiell utfordring dette utgjør for bransjen, og da spesielt for selskaper som opererer langs kysten og som har anlegg nært havet.

Oslo januar 2015

Ingunn Bendiksen
Avdelingsdirektør

Arthur Gjengstø
Seksjonssjef

Sammendrag

Energiforsyningens anlegg bygges for fremtiden. Ulike anlegg kan ha forventet leve- og driftstid som strekker seg flere tiår fram i tid. Anleggene skal være i driftssikker stand gjennom hele sin tekniske levetid. Dette innebærer at man i planlegging og utbygging av nye anlegg må ta hensyn til alle endringer som klimaet direkte eller indirekte vil kunne påføre anleggene.

IPPC-rapporten fra 2014 viser at det globale havnivået vil fortsette å stige i det 21 århundre. Alle IPPC-scenariene konkluderer med at det er svært sannsynlig at havnivået i dette århundret vil stige mer enn den observerte havnivåstigningen i perioden 1971-2010. Forskning fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009) viser at havnivåstigning også kan bli en utfordring for store deler av norskekysten.

Dette prosjektet har hatt som formål å kartlegge hvilke konsekvenser havnivåstigning og stormflo vil kunne ha for den norske energibransjen. På bakgrunn av analyser og spørreundersøkelser gjengitt i denne rapporten er det avdekket at et betydelig antall eksisterende energianlegg har en plassering som gjør at de vil kunne bli påvirket av havnivåstigning fram mot år 2100.

Gjennom kartlegging av bransjen har en fått et bilde av hvilken bevissthet energibransjen har om hva klimaendringer og havnivåstigning kan gi av utfordringer fremover. Rapporten belyser også den motivasjonen selskapene har til å gjennomføre fornuftige tilpasningstiltak og betydningen av at havnivåstigning og stormflo inngår som en del av selskapenes risiko- og sårbarhetsanalyser.

1 Innledning

Orkanen Sandy som traff østkysten av USA den 29.oktober 2012, ga en ny påminnelse om hvor utsatt samfunnet er for naturgitte hendelser. En rekordhøy stormflo medførte store oversvømmelser på Manhattan og fikk vann til å strømme ned i t-banetunneler og biltunneler. Store deler av New York City ble mørklagt, og ca en halv million husstander mistet strømmen, blant annet på grunn av en kraftig eksplosjon i en av Con Edison sine transformatorer på Manhatten (NTB 2012). New York er ikke unik med hensyn til lavtliggende elektriske anlegg. Stormer som Hilde og Ivar, og senest orkanen Nina i januar 2015, har vist sårbarheten for stormflo også her til lands. Langs norskekysten er det flere anlegg som ligger utsatt til dersom klimascenarioene som indikerer en økning i havnivået i de kommende årtier slår til. En av de viktigste erfaringene etter de siste stormene, er at nødaggregat på sjukehus var plassert lavere en stormfloa, dvs. de ble druknet.

Havnivået på jorden endrer seg hele tiden. Globale tidevannsmålinger viser at det globale havnivået i dag står ca 25 cm høyere enn i 1880. Beregninger i rapporten *Havnivåstigning*, utarbeidet av Bjerknessenteret på oppdrag fra DSB, forutsier en 70 cm havnivåstigning langs kysten av Sør og Vestlandet, ca. 60 cm i Nord-Norge og rundt 40 cm innerst i Oslo- og Trondheimsfjorden. Rapportens framskrivninger gjelder til utløpet av inneværende århundre. Usikkerheter knyttet til de ulike bidragene til framtidig havnivåstigning gjør at stigningen kan bli fra 20 cm lavere til 35 cm høyere (Vasskog et. al 2009).

Stormflo kan gi raske oversvømmelser mens havnivåstigning derimot er en langsom prosess. Havnivåstigning har i hovedsak to årsaker. For det første blir temperaturen i havet gradvis høyere, noe som igjen fører til at vannet utvider seg. I tillegg kan en temperaturøkning på land føre til at ismasser smelter, noe som igjen gjør at mengden av vann som renner ut i havet vil øke. Målinger viser derimot at havnivået ikke stiger like raskt alle steder. Mesteparten av den norske kysten har faktisk opplevd en netto senkning av havnivået etter siste istid. Grunnen til dette er den kraftige landhevingen som har funnet sted i Norge og resten av Skandinavia. Dette har skjedd som følge av at den fennoskandiske innlandsisen smeltet bort og vekten av den forsvant for ca. 11 500 år siden. Kartverket viser i en rapport fra 2012 at landhevingen er enda noe større enn tidligere beregnet. Slike nye tall og beregninger gjør at framskrivninger på hvor høyt havnivået og eventuelt stormflonivået kan bli i fremtiden, er forbundet med en viss grad av usikkerhet (ibid).

NVE-rapporten *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100* (NVE 2010) utarbeidet for Regjeringens klimatilpassingsutvalg av NVE konkluderte med at klimaendringene vil kunne gi nye utfordringer for kraftsektoren i form av havnivåstigning og stormflo. Havflommer (stormflo, springflo) vil blant annet kunne gi utfordringer knyttet til lavtliggende energiforsyningsanlegg. NVE slo i rapporten fast at det er behov for mer kunnskap om hvordan disse endringene eventuelt vil påvirke kraftinstallasjoner. Dette prosjektet inngår som et ledd i punktet i NVEs klimatilpasningsstrategi som dreier seg om å *kartlegge hvordan havnivåstigning og stormflo vil kunne påvirke kraftinstallasjoner*. Prosjektet er også en del av oppfølgingen av funnene i ovennevnte rapport. Den skal øke bevisstheten rundt klimaendringer påvirkning på kraftinstallasjoner generelt, og om aktuelle utfordringer for norsk

energiforsyning knyttet til havnivåstigning og stormflo spesielt. Gjennom blant annet en nasjonal kartlegging av anlegg i utsatte områder, vil rapporten være med på å gi en bedre oversikt over det potensielle problemets omfang i Norge. Ved å øke bevisstheten rundt problemstillingen vil rapporten også kunne bidra til å sikre bedre beslutningsgrunnlag for selskapene i planleggingen av nye anlegg, samt gjøre de oppmerksom på behovet for eventuelle tilpasningstiltak ved allerede eksisterende anlegg. Kartleggingen vil også kunne bidra til et bedre beslutningsgrunnlag for konsesjonsvedtak i NVE gjennom større bevissthet og fokus på risiko knyttet til etablering av energianlegg i utsatte områder.

1.1 Prosjektgruppen

Prosjektet ble startet opp i 2011. Prosjektgruppa har bestått av en bred sammensetning av ansatte i NVE, og seksjoner med forskjellig spisskompetanse på de ulike fagområdene har vært representert. Følgende har vært involvert i prosjektet, om en i ulik grad: Liv Arntzen Løchen og Ingvild Vaggen Malvik fra tilsyn og beredskapsavdelingen, seksjon for beredskap (TBB), Turid Bakken Pedersen fra Skred- og Vassdragsavdelingen og Region Sør (RS), Ivar Peereboom og Camilla Meidell Roald fra Hydrologisk avdeling, seksjon for geoinformasjon (HG). Fra konsesjonsavdelingen har Jan Sørensen fra seksjon for vassdragskonsesjon (KV), Martin Windju fra seksjon for nettkonsesjon (KN), Jørgen Bølling fra seksjon for energikonsesjon (KE) deltatt. Deltakere fra energiavdelingen har vært Birgitte Ramm fra seksjon for energibruk fram til mai 2011, deretter overtok Kjell Thorsen fra samme seksjon. Astri Gillund fra energiavdelingens nettseksjon deltok fram til oktober 2011, da Skule Nilsen fra beredskapsseksjonen (tidligere nettseksjonen) overtok. Det avsluttende arbeidet med rapporten har vært ledet av Skule Nilsen.

1.2 Metodisk tilnærming og gjennomføring

Værmessige påkjenninger har alltid vært og vil forbli en utfordring for energibransjen. Forskning viser at selskapers evne til å tilpasse seg et endret klima er påvirket både av nasjonale føringer, organisasjonskultur og egen evne og vilje til å gjennomføre risikoreduserende tiltak (NVE 2010, Inderberg & Arntzen Løchen 2012). De som eier og drifter anlegg må i tillegg til å ta høyde for allerede kjente påkjenninger, også ta høyde for fremtidige klimascenarioer som kan medføre nye utfordringer for bransjen (NVE 2013).

I vitenskapen er det ulike metoder for å samle inn, bearbeide og tolke data. Denne studien er en kartlegging av faktisk tilstand, og har ikke som formål å være hypotesetestende[1] eller teoriutviklende[2]. Studiens metodiske tilnærming har vært todelt, og består både av bruk av spørreundersøkelse og casestudier. Hensikten med spørreundersøkelsen var å fremskaffe et bilde av energiforsyningsbransjens bevissthet om hva klimaendringer generelt, og havnivåstigning og stormflo spesielt, kan gi av

[1] Deduktivt forskningsdesign: fra teori til empiri

[2] Induktivt forskningsdesign: fra empiri til teori

utfordringer fremover. Undersøkelsen skulle i tillegg belyse den motivasjon som allerede finnes for å gjøre formålstjenlige tilpasningstiltak.

Faktisk tilpasning gjøres på lokalt nivå, i dette tilfellet hos de enkelte selskaper. Det er derfor i denne studien funnet viktig å inkludere case studier for å ytterligere belyse det arbeidet som gjøres på lokalt nivå. Casestudier med få observasjoner er lite egnet til å teste hypoteser og teorier på en kontrollert måte (King et. al 1994: 211), men det er en godt egnet metode der hensikten er å forstå årsakssammenhenger knyttet til en spesifikk kontekst. Målet med case studiene i denne studien var å få undersøkt mer i dybden i hvilken grad og hvordan selskaper som er lokalisert i utsatte områder arbeider med havnivåstigning og stormflo.

Utvalgskriterier for casestudieobjektene
Vi har i denne studien gjennomført 3 casestudier[3] av selskaper som har anlegg som befinner seg i potensielt utsatte områder. En kvalitativ studie av samtlige utsatte anlegg ville vært den beste metoden for å få en fullstendig oversikt over det potensielle omfanget. Dette lot seg ikke gjennomføre innenfor rammene for studien, og vi har derfor valgt ut et par selskaper. Valg av case studie objekter ble gjort på bakgrunn av tall fra Bjerknesrapporten fra 2009. Utvalgskriteriene var 1) at selskapene skulle være lokalisert i en del av landet som var utpekt som et potensielt utsatt område i Bjerknesrapporten, og 2) at selskapene representerte en geografisk spredning.

2 Havnivåstigning og stormflo

2.1 Havnivåstigning globalt

Der hvor stormflo er noe som kan skje plutselig, så er havnivåstigning en mer langsom prosess. Likevel, og til tross for at det er en langsom prosess, så kan det vise seg å få store konsekvenser både globalt og nasjonalt. I det globale perspektivet har havnivåstigning potensialet til å påvirke lavtliggende deltaområder, landområder og øygrupper. For Norge vil det kunne gi store utfordringer for veier, kaianlegg, bygninger og annen infrastruktur langs store deler av norskekysten.

Havnivået på jorden er ikke jevnt fordelt og det endres hele tiden. De lokale forskjellene kan være noen titalls cm, og hovedårsaken til forskjellene er lokale variasjoner i havstrømmene, atmosfærens vinder og lufttrykk, samt fordelingen av varme i havet. Det har siden sent på det 19. århundre vært foretatt observasjoner av det globale havnivået basert på tidevannsmålinger (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009), og målingene foretatt på verdensbasis viser en årlig stigning i havnivået på 3 med mer (Barentswatch 2014).

Det er mange årsaker til at havet stiger. To av de viktigste årsakene er økt vanntemperatur og fastlandsis som smelter. Temperaturen i havet påvirker havnivået på grunn av at havvannet utvider seg med økende temperatur (såkalt termisk ekspansjon). Varmt vann tar opp mer plass en kaldt vann (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009,

[3] De utvalgte selskapene er BKK, Lyse og Lofotkraft. En takk rettes til Drammen Fjernvarme som også har bidratt i studien.

Barentswatch 2014). Effekten av økt temperatur er større over dype hav enn i grunne hav. Forklaringen på dette er at dype hav har større vannmasser som varmes opp. Verdenshavenes midlere dyp er på hele 3500 meter, så er det er store vannmasser som potensielt kan endre sitt volum. Den vertikale blandingen i havet er derimot en meget langsom prosess, så endring i havnivået på grunn av termisk ekspansjon vil skje meget langsomt, typisk 20-30 cm per 100 år (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009).

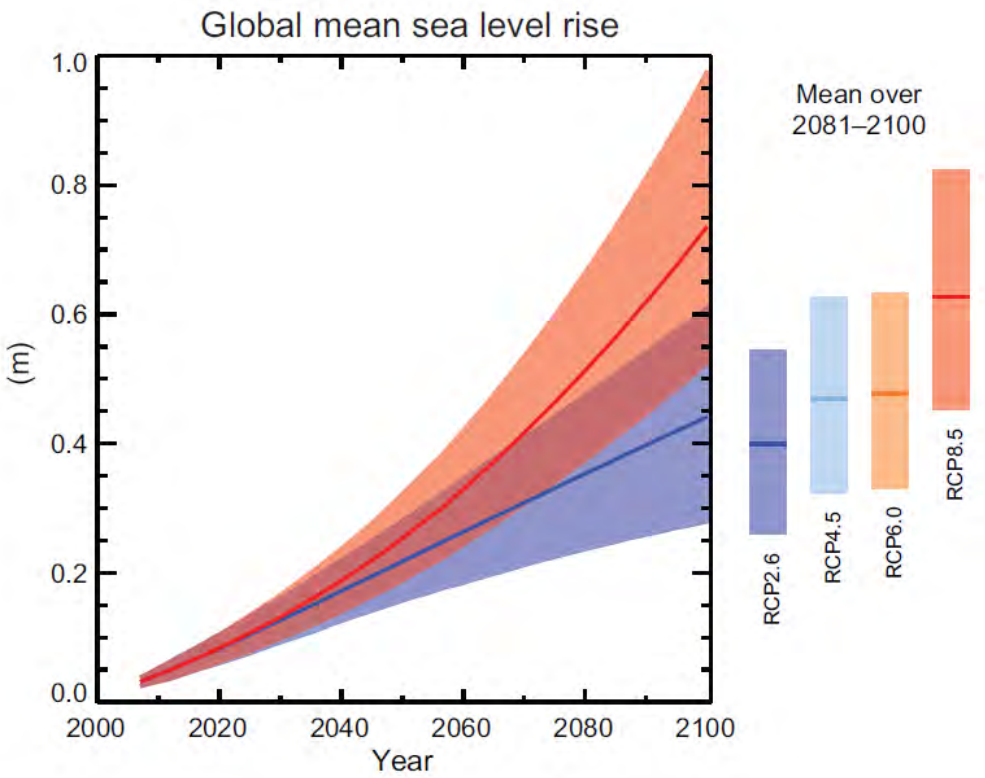
Siden 1993 har havnivået blitt målt via data fra satellitt- og vannstandsmålinger, og disse målingene viser at det globale havnivået i dag stiger på millimeterskala fra år til år. Årsakene til dette er oppvarming av havet og mengden av is på land[4] (Cazenave et al. 2008, Vasskog et. al 2009, Hanssen-Bauer, I. et. al 2009). Ifølge IPPC har det globale havnivå steget med rundt 17 cm i løpet av de siste 100 år (IPCC 2007), og globale tidevannsmålinger viser at det globale havnivået i dag står knappe 25 cm høyere enn i 1880. Målingene viser også at stigningen har akselerert, og den er nå på ca 3 millimeter i året (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009, Vasskog et. al 2009).

Ifølge tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009) bidro økende havtemperatur til rundt halvparten av havstigningen i perioden 1993-2003. Smelting fra isbreene utgjorde ca 25 %, og smelting av iskappene på Grønland og Antarktis stod for 12 % i samme periode. Tallene for perioden etter 2003 har endret seg litt. Bidraget fra økende havtemperatur har avtatt, mens bidragene fra smeltende breer og iskappene på Grønland og Antarktisk har derimot økt betydelig. Det siste er ifølge Bjerknesseneteret (ibid) bekymringsfullt da det er store vannmengder som er lagret som is i Antarktis og på Grønland. Et illustrerende bilde på hvor mye vann som ligger lagret som is på land, er at verdenshavene ville stige med ca 70 meter dersom all is i Antarktis og på Grønland smelter. En slik fullstendig nedsmelting vil ifølge forskerne ikke skje, men en delvis nedsmelting er alvorlig nok i seg selv. På grunn av gravitasjonskraften og geografisk plassering vil smeltevann fra Grønland ifølge forskere ikke ha like stor betydning for Norge som ismelsting på Antarktis (Barentswatch 2014). Smelting av is som flyter på havet, som for eksempel havisen i Arktis, bidrar derimot neglisjerbart til at havnivået stiger (Vasskog et. al 2009).

IPPC-rapporten fra 2013 viser at det globale havnivået vil fortsette å stige i det 21 århundre. Alle IPPC-scenariene konkluderer med at det er svært sannsynlig at havnivået i dette århundre vil stige mer enn den observerte havnivåstigningen i perioden 1971-2010. Figur 1a) viser anslag over global havnivåstigning i det 21 århundre for de ulike IPPC-scenariene. Årsaken til dette er varmere hav og massetap fra isbreer og iskapper (IPPC 2013).

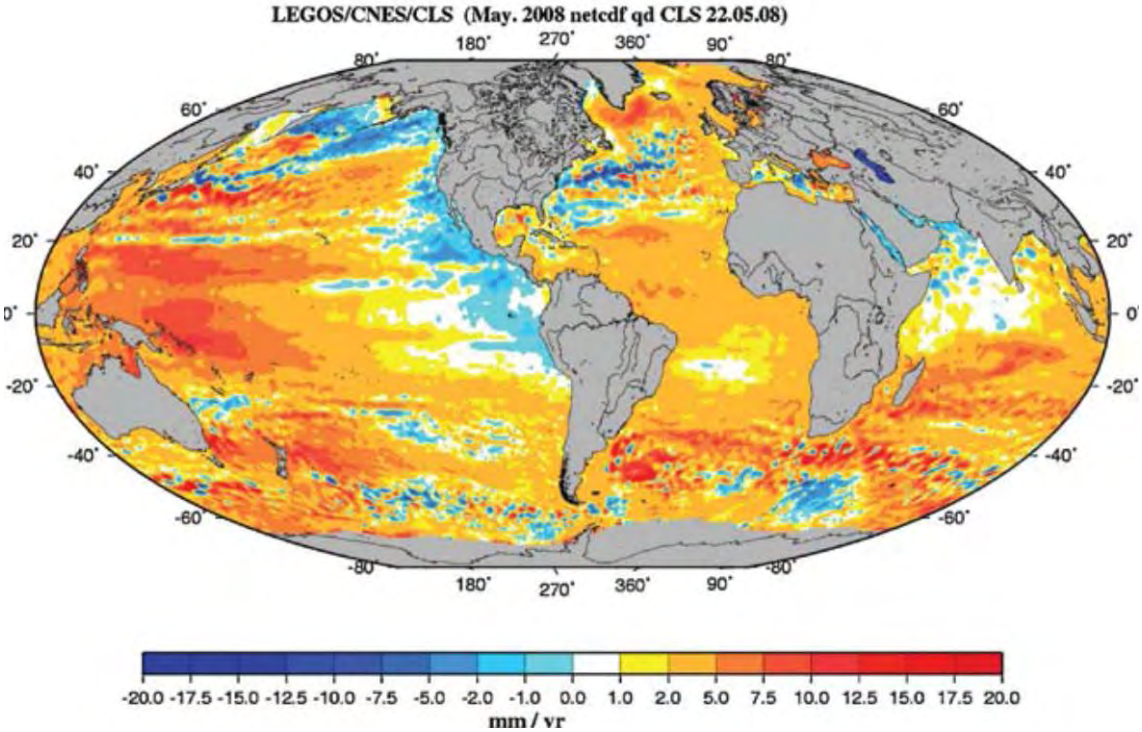
[4] Endringer i havets saltholdighet har også en påvirkning på havnivået, men denne effekten er generelt liten om man sammenligner med effekten av termisk ekspansjon (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009).

Figur 1a): Anslag over global havnivåstigning i det 21 århundre for de ulike scenariene



Kilde: IPPC 2013: 24

Figur 1b). Havnivåstigning i perioden 1992 til 2008 basert på satellittmålinger (figur fra Cazenave et al. 2008, hentet fra Bjerknesrapporten (Vasskog et. al 2009:8).



Det eksisterer fortsatt stor usikkerhet knyttet til framtidig havnivåstigning[5]. Estimater fra IPPC (2007, 2014) og fra forskere som Drange et al. (2007), Katsman et al. (2008), Pfeffer et al. (2008) og Bahr et al. (2009) gir ulike tall for fremtidig havnivåstigning. Forskjeller i estimater og prognoser kan bl.a. skyldes at forståelsen av noen viktige effekter som påvirker framtidig havstigning er begrenset.

En faktor som gjør fremtidige prognoser vanskelige å fastlå med 100% sikkerhet er usikkerheten knyttet til framtidig klimautvikling. Dette gjelder spesielt hvor raskt iskappenen i Arktis og på Grønland vil smelte (Vasskog et. al 2009). Nyere forskning viser bl.a. at havnivåstigningen kan bli mye større enn tidligere antatt. Grunnen til dette er bl.a. at bidraget fra smeltende isbreer, samt smelting og dynamiske endringer i innlandsisen i Antarktis og på Grønland tidligere i stor grad har blitt undervurdert. Arctic Monitoring and Assessment Program (AMAP), som er forskningsprogrammet til Arktisk Råd, viser i sin rapport fra 2011 til observasjoner der isen, med bl.a. Grønlandsisen, smelter raskere enn antatt. Rapporten anslår at smeltingen kan føre til en havnivåstigning på mellom 90 og 160 cm innen 2100 (AMAP 2012).

2.2 Havnivåstigning i Norge

Et varmere klima gir økt havnivå på verdensbasis. Dette betyr derimot ikke at vannstanden øker tilsvarende langs norskekysten. Økningen i havnivåstigningen er som tidligere nevnt ikke jevnt fordelt på jorden. En viktig faktor som påvirker

[5] I denne rapporten har vi lagt tallene fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009) til grunn.

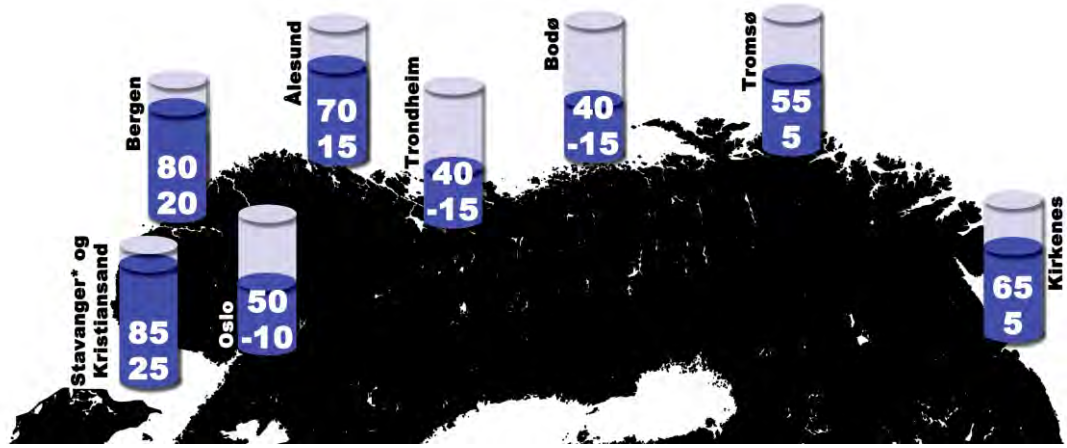
havnivåstigningen er differansen mellom endring i havnivå og landheving. Landheving er navnet på jordoverflatens langsomme vertikale bevegelse, og den skyldes endring i ytre påvirkning (f. eks ettervirkning fra istiden) og/eller endring av strømbildet for massebevegelser i jordens indre (Statens Kartverk 1995).

Landheving er spesielt viktig for Norge og vår region. Under siste istid ble Norge og Skandinavia presset ned av den store og kilometertykke fennoskandinaviske innlandsisen (Vasskog et. al 2009, Hanssen-Bauer, I., et. al 2009). Etter at denne smeltet bort og vekten forsvant for ca 11 500 år siden, har det funnet sted en kraftig landhevning. Landhevingen er ikke lik over alt, og den er sterkest der hvor isen var tykkest. Isen var tykkest i Bottenviken, og landhevingen er derfor størst i dette området. Den årlige landhevingen i Bottenviken utgjør cirka 1 cm i året, og tempoet i landhevingen minker i takt med avstanden til Bottenviken.

Det pågår fremdeles en heving av landmassene i Norge og resten av Skandinavia, men prosessen går tregere enn før (Vasskog et. al 2009, Barentswatch 2014). Til tross for at landhevningen stadig går saktere, kan vi i et tidsperspektiv på 100 år frem i tid anta at landhevningen vil være konstant. Dette gjør det mulig å beregne forventet landheving for år 2050 og år 2100. Vestøl (2006) har beregnet verdiene for dagens landheving, og beregninger gjort viser at landhevingen langs kysten av landet vil variere fra ca. 10 cm til 50 cm i løpet av tiden frem til år 2100. Det vil bli svakest landheving langs Sørlands- og Vestlands- og Finnmarkskysten, og sterkest landhevning på Østlandet og Trøndelag (Vasskog et. al 2009, Barentswatch 2014).

Ifølge Vestøl (2006) har det de siste 100 årene vært en havnivåstigning i Norge på 14 cm. I samme tidsperiode har store deler av norskekysten opplevd en landheving på mer enn 14 cm. Resultatet er dermed at havet i visse områder har sunket i forhold til land i denne perioden (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009). Dette er derimot i ferd med å endre seg. Havnivåstigningen akselererer, og Bjerknesrapporten (Vasskog et. al 2009) hevder at havnivået langs norskekysten kan stige med rundt 70 cm langs Sørlands- og Vestlandskysten, rundt 60 cm i Nord-Norge og rundt 40 cm innerst i Oslo- og Trondheimsfjorden løpet av tiden frem til år 2100.

Figur 2: Estimert stigning av havnivå i cm relativt til land i et 100 års perspektiv[6]



(Kilde: Drange et. al. 2012:18)

[6] Grenseverdiene er basert på et standardavvik, som indikerer at det er rundt 68 prosents sannsynlighet for at havstigningen vil ligge innenfor de oppgitte verdiene (Drange et. al. 2012).

Usikkerheten knyttet til global havnivåstigning gjelder også for Norge. Det er for eksempel mulig at havet langs norskekysten vil stige med 5-15 cm mer enn det globale gjennomsnittet. En årsak til dette er at oppvarming av havet ikke er jevnt fordelt, og at havstrømmene forventes å endre seg i et varmere klima. I tillegg vil en mulig styrking av de sterkeste stormene kunne føre til at stormfloen vil få et tillegg på kanskje 10 cm i forhold til hva den globale havstigningen tilsier. Denne usikkerheten fører til at den omtalte havstigningen lang norskekysten kan bli fra 20 cm lavere til 35 cm høyere enn verdiene gitt over (ibid).

2.3 Stormflo

Stormflo oppstår når påvirkning fra været gjør vannstanden ekstra høy. I tillegg til de astronomiske påvirkningene, spiller værforholdene en vesentlig rolle når vannstanden i sjøen er høyest. Høyden på vannstanden vil for eksempel påvirkes av flere faktorer. Endringer i lufttrykk og i vind kan ha betydelig påvirkning på vannstanden. Lavt lufttrykk fører til høy vannstand, og vind som presser vann inn mot land kan føre til at man får en oppstuing av vann ved kysten. For norskekysten er dette mest aktuelt for vind fra sør og vest. Kraftig vind i Nordsjøen kan også skape lange bølger oppover langs kysten, slik at det kan oppleves høye vannstander også i områder hvor det er omtrent vindstille (Tørresen 2012, Bjerknessenteret 2009). I situasjoner hvor værets virkning på havnivået sammenfaller med springflo, kan det føre til havnivåer som er betydelig høyere enn den høyeste springflo (HAT[7]). Det er dette som kalles stormflo (Vasskog et. al 2009)

Det er lavtliggende landområder med stor befolkningstetthet som er mest utsatt for skader under stormflo, og verdenshistorien er full av eksempler hvor stormflo har resultert i katastrofer der mange liv har gått tapt. Det er Bengalbukta som det området i verden som oftest rammes av stormflo, og i 1970 mistet flere hundre tusen mennesker i Bangladesh livet på grunn av en flodbølge. En av de største stormflokatastrofene i Europa skjedde i Nordsjøen i 1953. Hele 50 diker i Nederland brast, med det resultat at 1.800 mennesker omkom. I Storbritannia omkom 307 mennesker. USA ble rammet i 1900 da Galveston i Texas ble rammet av en stormflo som oppsto etter en orkan. Antall omkomne ble anslått til å ligge et sted mellom 6.000 og 12.000 (ibid). Historien er også rik på eksempler der stormflo har gitt store oversvømmelser og påført store skader også langs norskekysten. Bebyggelsen på øya Grip ble påført store skader og mange mennesker omkom under stormfloden rundt 1650 og igjen i 1797. Østlandet er heller ikke skånet for stormflo og uvær. Under en storm den 16. okt. 1987 var vannstanden hele 1,5 m over normalt høyvann i Oslofjorden. Sammen med sterk nedbør forårsaket dette store ødeleggelser, og da spesielt innerst i fjorden (Weber 2009).

[7] Highest Astronomical Tide (HAT) er den høyeste springfloen som er mulig under midlere værforhold, og som er matematisk beregnet over en periode på 19 år. Dersom værets virkning på havnivå (Vasskog et. al 2009)

2.4 Tidevann

Regelmessig veksling i vannstanden, som tidevann, flo og fjære, forekommer overalt langs kystene. I innlandshav og innsjøer derimot er tidevannet som regel helt ubetydelig. Den laveste vannstanden kalles fjære eller lavvann, og den høyeste flo eller høyvann. De største vekslingene i vannstanden inntreffer omtrent ved ny- og fullmåne *(springflo).* Den minste vekslingen i vannstanden, såkalt nippflo, finner sted ca. $7^1/_4$ dag før og etter springflo (Sælen & Weber 2009). Forskjellene i tidevann varierer i en månesyklus, og man opererer med noe man kaller springperioder. For Norges del er det fra Vestlandet og nordover størst forskjeller én til to dager etter ny- og fullmåne. I Oslofjorden og på Sørlandet kommer springperiodene to-tre dager før ny- og fullmåne (Tørresen 2012).

Tidevannet, også kalt astronomisk tidevann, er en følge av den alminnelige gravitasjon. Det vi normalt kaller tidevann skapes på grunn av tiltrekningskreftene mellom jord, måne og sol, samt de relative bevegelsene i jord-måne-sol- systemet (inkludert jordas egen rotasjon). Fenomenet skyldes i hovedsak månens tiltrekningskraft på vannmassene i havet, men også solens gravitasjonskraft gir et bidrag. Solen har også en påvirkning på tidevannet, men på grunn av månen sin nærhet til jorden, vil månens virkning være mer enn dobbelt så stor som solens. Tiltrekningen avhenger av avstanden, noe som betyr at tiltrekningen vil være sterkere på den siden som vender mot Månen. Vannet vil som en konsekvens av dette strømme mot det punkt som har Månen i senit. Tiltrekningen på motsatt side av jorden vil være svakere enn gjennomsnittsverdien. Vannet vil her strømme mot det diametralt motsatte punkt. Siden jorden roterer, så vil man derfor få to høyvann i døgnet (ibid, Statens Kartverk 2009, Tørresen 2012b).

Tidevannet på et sted kan beregnes for et hvilket som helst tidspunkt forutsatt at det er gjort vannstandsmålinger på stedet. Slike beregninger utføres av Statens Kartverk og finnes tilgjengelig på internett[8]. Analyser av vannstandsmålinger over minst en måned, og helst over flere år, kan fastsette størrelsen på det astronomiske tidevannet og dermed beregne tidevannstabeller for et hvilket som helst tidspunkt (Tørresen 2012b). Omkring nymåne og fullmåne ligger månen og solen på linje i forhold til jorden, noe som resulterer i en ekstra høy flo kalt springflo. Den laveste springfloen (LAT[9]) er det laveste vannstandsnivå som er mulig under midlere værforhold. Tilsvarende er den høyeste springfloen (HAT[10]) den høyeste springfloen som er mulig under midlere værforhold. Ved Kartverket blir LAT og HAT funnet ved å beregne tidevannsprediksjoner for 19 år og plukke ut henholdsvis laveste og høyeste vannstand (tidevannet har en langtidsvariasjon med periode på 18,6 år) (Statens Kartverk 1996 Vasskog et. al 2009).

---

[8] http://www.sehavniva.no/

[9] Lowest Astronomical Tide. ”LAT er laveste vannstand som kan beregnes under midlere meteorologiske forhold og ved alle mulige konstellasjoner mellom jord, måne og sol. LAT blir vanligvis funnet ved å beregne tidevannsprediksjoner for 19 år og plukke ut den laveste vannstanden” (Statens Kartverk 2003: 2)

[10] Highest Astronomical Tide (HAT) er den høyeste springfloen som er mulig under midlere værforhold, og som er matematisk beregnet over en periode på 19 år. Dersom værets virkning på havnivå sammenfaller med springflo kan vi få havnivåer som betydelig overstiger HAT. Dette kalles stormflo (Vasskog et. al 2009)

2.5 Referanseverdier

Havet påvirkes av vind og strøm og andre krefter som kan gi oppstuving eller underskudd på ulike steder langs kysten. For å unngå disse vanskelighetene brukes en annen flate, geoiden[11], som referansenivå. Den er en nivåflate i jordens tyngdefelt, dvs den flaten som faller nærmest sammen med middelvann for hele jorden. Også andre vannstandsnivåer enn middelvann brukes på enkelte kartserier, som f. eks sjøkart. Den vertikale avstanden fra utgangsnivået kalles høyde. Under havflaten blir høyden negativ og avstanden til havbunnen regnet fra sjøkartnull betegnes som dybde (Statens Kartverk 2009).

Standarden *Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer* gir en oversikt over offisielle høydesystemer og referansenivåer, og ble utarbeidet for å gi en rettesnor for entydig og korrekt høydeangivelse Langs sjøen er det viktig å vite hvilke høyder man refererer til. Det brukes i dag opptil flere referansenivåer for høydeangivelser, som f.eks. NN1954, sjøkartnull og lokalnull. Figur 3 viser en del av de referansenivåene som brukes ved sjøen av Statens kartverk, kommuner, entreprenører oppmålingsfirma mm. I tillegg kommer kommunale null, by-null, havnevesen-null etc. (Statens Kartverk 2009).

I 1954 ble det gamle høydesystemet for Sør-Norge, basert på Normal Null, avløst av et nytt utgangsnivå. Det ble ansett som uheldig at høyden på Normal Null (NN) ikke svarte til høyden av middelvann langs kysten. I januar 1954 ble det besluttet å gå over til et nytt høydesystem (NN1954) basert på middelvannstandsberegningene for Oslo, Nevlunghavn, Tregde, Stavanger, Bergen, Kjølsdal og Heimsjø vannstandsmålere. Det nye lå 21,2 cm under det gamle NN. Det nye normalhøydepunktet ble lagt til Tregde, i nærheten av Mandal (Statens Kartverk 1995).

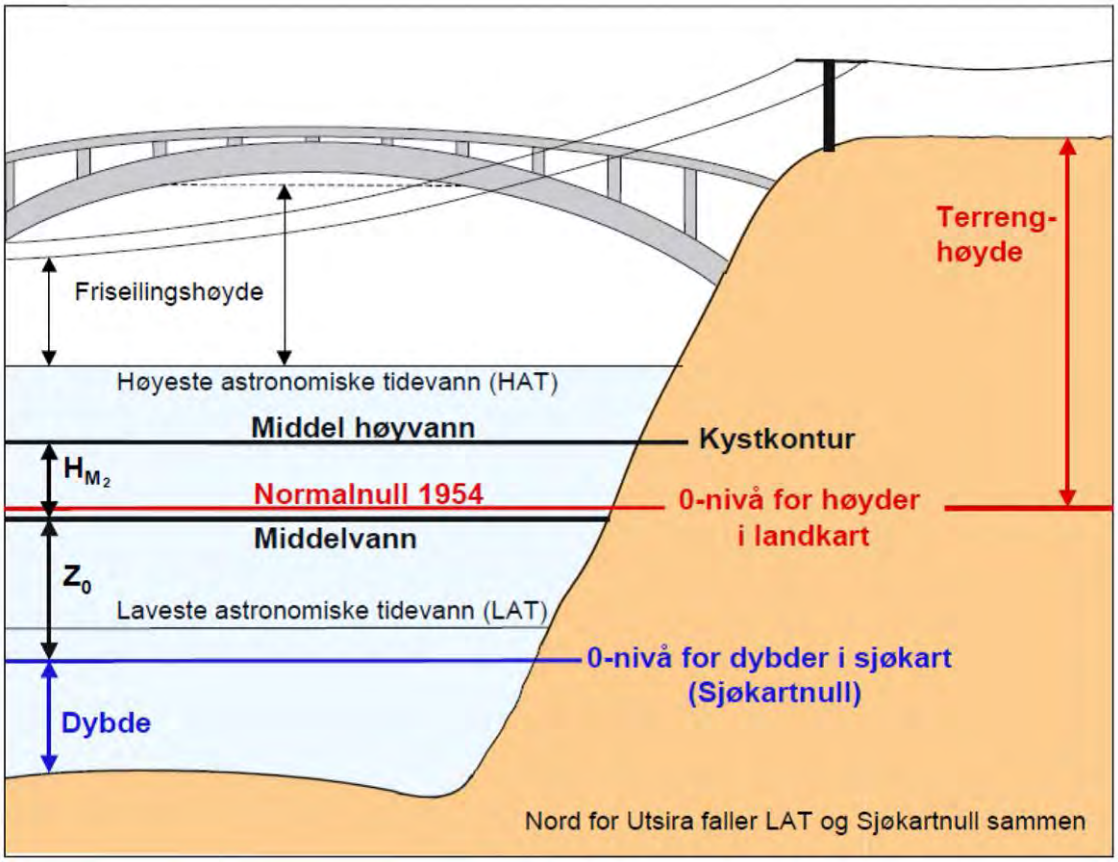
I 1957 ble det innført et nytt utgangsnivå for høyder i Nord-Norge. Nye målinger hadde vist at det gamle utgangsnivået lå 15 cm høyere enn middelvann i midten av 1950-årene. Det ble derfor i 1957 innført et nytt utgangsnivå, som ble kalt Nord-norsk null (NNN), ofte betegnet som NNN1957 (ibid).

Fram til og med 1995 eksisterte det to norske offisielle, nasjonale høydesystem, NN1954 for Sør-Norge og NNN1957 for Nord-Norge. Hovedgrunnen til at det eksisterte to adskilte høydesystem var mangelen på veier i Nord-Norge. Nøyaktig høydemålinger (presisjonsnivellement) utføres av praktiske grunner langs veier eller jernbaner, og mangelen på veier i Nord-Norge gjorde derfor slike målinger vanskelig å få til. Først i 1974 ble NNN1957 og NN1954 knyttet sammen. Differensen mellom de to systemene var på 28 mm, og NN1954 lå høyest. På grunn av liten nivåforskjell mellom de to høydesystemene ble det anbefalt å bruke NN1954 for hele landet fra 1. januar 1996. Normalnull 1954 er fysisk knyttet til ett bestemt fastmerke som ligger ved Tregde vannstandsmåler (Statens Kartverk 1995, 2009).

[11] En geoide er ”ekvipotensialflate i jordens tyngdefelt. Den faller sammen med midlere havflate når man tenker seg havet i fullstendig ro (uten tidevannsbevegelser, havstrømmer eller bølger). Geoiden følger havets tenkte forlengelse under kontinentene. Tyngdekraftens retning står vinkelrett på geoiden i ethvert punkt. Geoiden er bl a referanseflate for høydeangivelser og astronomiske observasjoner” (Statens Kartverk 1995: 4).

Et nytt høydesystem, NN2000, skal erstatte NN1954. Dette systemet blir basert på en felles nordisk beregning, og det har fundamentalpunkt i Amsterdam. Nivellementsnettet i Norge ble beregnet i dette systemet i desember 2008 (Statens Kartverk 2009).

Figur 3. Skisse over viktige referansenivåer i sjøkartene



Kilde: Statens kartverk (2009: 17)

Statens Kartverk Sjø driver i dag et moderne, digitalt målenett med 23 vannstandsmålere (inkludert en måler på Svalbard). Figur 4 gir en oversikt over målerne. Den eldste serien i Staten Kartverk Sjø sine arkiv er fra 1914 (Oslo), og ved flere av målestedene har det vært foretatt kontinuerlige vannstandsmålinger siden før 1950. De eldre målingene er digitalisert, og alt materiale er samlet i en database ved Staten Kartverk Sjø (Statens Kartverk 2009).

Figur 4. Oversikt over Staten Kartverk Sjø sine vannstandsmålere

Kilde: Statens Kartverk (2009: 48)

Denne rapporten legger tallene fra Bjerknesrapporten (2009b) til grunn. Referansenivået som er brukt i rapporten for beregning av stormfloverdier er NN1954 (normalnull 1954). Dette ble valgt fordi det representerer nullnivået (høydekote 0) i landkart, og er det hyppigst brukte referansenivå i planleggingsarbeid. NN1954 ligger også nært middelvannstand[12] ved de fleste målestasjoner. Normalnull 1954 må derimot ikke forveksles med sjøkartnull, som er referansenivå for dybder i sjøkart, og nullnivået i tidevannsdata fra Sjøkartverket (ibid).

[12] Middelvann er gjennomsnittlig høyde av sjøens overflate på et sted over en tidsperiode på 19 år. Tidsrommet er valgt bl.a. fordi tidevannet inneholder en periodisk svingning på 18,6 år (www.vannstand.no)

2.6 Gjentaksintervall og eksempler på stormfloverdier

Staten kartverk sjø har relativt lange måleserier fra sitt vannstandsmålenett langs kysten, se fig. 4. Med grunnlag i disse historiske dataene er det gjort ekstremvannstandsanalyse for å regne ut vannstanden ved ulike gjentaksintervall. Ved praktisk bruk må det i tillegg til de beregna verdiene tas hensyn til bølger og vind.

Flomstørrelser angis vanligvis med et antall års gjentaksintervall. Gjentaksintervall er det antall år som gjennomsnittlig går mellom hver gang en får en like stor eller større stormflo. Intervallet sier noe om hvor sannsynlig det er å få en stormflo av en viss størrelse. Beregningene av slike gjentaksintervall er basert på måling av vannføringen i det aktuelle vassdraget over flere år. Ved hjelp av sine måleserier, har Statens Kartverk Sjø regnet ut gjentaksintervaller eller returnivåer for vannstanden ved de faste målestasjonene. Dette igjen gir oss muligheten til å beregne sannsynligheten for at en stormflo av en viss størrelse inntreffer (Vasskog et. al 2009, Direktoratet for byggkvalitet 2011). NVE har også utarbeidet flomsonekart for de mest skadeutsatte strekningene i Norge. Disse kartene, som viser oversvømt areal ved flommer med ulike gjentaksintervall, er tilgjengelige på NVEs hjemmesider.

En flom med gjentaksintervall på 100 år, også kalt 100-årsflom, opptrer for eksempel i gjennomsnitt hvert 100 år. Det kan likevel skje at det forekommer to 100-årsflommer med kortere mellomrom, men over en lang tidsperiode vil en flom av denne størrelsen opptre i gjennomsnitt hvert 100 år. Sannsynligheten for eksempelvis for en 50-års stormflo er 1/50, dvs. 2 % hvert eneste år. Dersom en 50-års stormflo nettopp er inntruffet i et vassdrag betyr derimot ikke dette at det vil gå 50 år til neste gang. Den neste 50-årsstormfloen kan inntreffe allerede i inneværende år, om to, 50 år eller kan hende først om 200 år.

Et aktuelt spørsmål ved planlegging av virksomhet i stormfloutsatte områder er følgende: Hva er akseptabel sannsynlighet for flomskade i forhold til gjentaksintervall og levetid? Tabell 1 viser sammenhengen mellom periodelengde, gjentaksintervall og sannsynligheten for at det skjer en overskridelse i perioden. For en konstruksjon med forventet (økonomisk) levetid på 50 år kreves det at sannsynlighet for skade pga. stormflo om en 100-årsstormflo eller større inntreffer skal være mindre enn 40 %. Tar man utgangspunkt i en ”akseptabel sannsynlighet for flomskade” på eksempelvis 10 % i en 50-årsperiode, viser tabellen at konstruksjonen må være sikker mot en 500-års stormflo.

Tabell 1: Sannsynlighet for overskridelse i % ut fra periodelengde og gjentaksintervall.

Gjentaksintervall (T)	Periodelengde år (L)				
	10	50	100	200	500
10	65	99	100	100	100
50	18	64	87	98	100
100	10	40	63	87	99
200	5	22	39	63	92
500	2	10	18	33	63

Kilde: NVE (2011b: 7)

I Bjerknesrapporten fra 2009 (Vasskog et. al 2009) ble det beregnet fremtidige stormfloverdier for norske kystkommuner. Usikkerheten i disse beregningene av fremtidig havnivåstigning langs norskekysten er basert på Rahmstorfs (2007) modell, og den gir en stormfloverdi for år 2050 med et intervall fra -8 cm til +14 cm og fra -20 cm til + 35 cm for år 2100 (Vasskog et. al 2009). Tabell 2 viser øvre og nedre verdier (usikkerhetene inkludert) for havnivåstigning og stormflo for fem av de største byene i landet.

Tabell 2 Øvre og nedre verdier for havnivåstigning og stormflo (100 års returnivå) medregnet usikkerheter i havnivåstigning for fem større byer i Norge

	År 2050				**År 2100**			
	Havstigning (cm)		**Stormflo (cm) Relativt NN 1954**		**Havstigning (cm)**		**Stormflo (cm) Relativt NN 1954**	
By	**Min.**	**Maks.**	**Min.**	**Maks.**	**Min.**	**Maks.**	**Min.**	**Maks.**
Tromsø	10	32	229	251	43	98	267	322
Trondheim	-1	21	246	268	22	77	274	329
Bergen	15	37	178	200	53	108	221	276
Stavanger	17	39	143	165	58	113	189	244
Oslo	-1	21	189	211	21	76	216	271

Kilde: (Hanssen-Bauer, I., et. al 2009: 118, Vasskog et. al 2009: 19).

3 Konsekvenser for energisystemet

3.1 Generell beskrivelse av energisystemet

Dagens samfunn er i økende grad avhengig av elektrisitet. Så godt som alle viktige samfunnsoppgaver og samfunnsfunksjoner er kritisk avhengig av et velfungerende kraftsystem og en stabil og sikkert strømforsyning (St.meld. 14).

Elektrisitetsproduksjonen i Norge var 134,2 TWh i 2013, noe som var en reduksjon på 9,1 % i forhold til 2012. Den norske elektrisitetsproduksjonen kommer hovedsakelig fra vannkraft, og i 2013 kom 96,1 % av produksjon fra vannkraft. Pr. 1.januar 2012 fordelte den installerte kapasiteten i norske vannkraftverk på 30 172 MW seg på 1393 kraftverk (NVE 2013b).

For at kundene skal ha strøm i kontakten til enhver tid, er man avhengig av at det produseres elektrisitet i det øyeblikket den skal forbrukes. En sentral egenskap ved ethvert kraftsystem er at det må være balanse mellom samlet produksjon og samlet bruk av kraft. Dette stiller høye krav både til produksjons- og overføringskapasiteten i nettet (NVE 2013b).

Kraftnettet ivaretar en av de grunnleggende funksjonene i energiforsyningen, og utgjør en helt essensiell del av infrastrukturen i ethvert moderne samfunn. Forbruket av elektrisitet varierer mye, både i løpet av et døgn og ikke minst i løpet av et år. Kraftsystemet må derfor være dimensjonert for å kunne overføre tilstrekkelige energimengder også i de kaldeste timene og månedene på året da behovet for kraft er størst. Selve transporten må skje i de mengder og til de tidspunkter hvor forbrukerne trenger det (ibid).

Tabell 4: Nettnivå og spenningsnivå i det norske kraftsystem

Nettnivå	Spenningsnivå (kV)
Distribusjonsnett høyspent	over 1-22
Regionalnett	22-132
Sentralnett	132-420

(Kilde: St.meld.14: 16)

3.2 Kort om elektriske overføringsanlegg og mulige konsekvenser av stormflo eller havnivåstigning

3.2.1 Generelt

Ut over allerede kjente problemer med stormflo, vil havnivåstigning ikke nødvendigvis være et stort problem i nær fremtid, men problemene vil sannsynligvis øke utover i århundret. Generelle utfordringer for elektriske anlegg vil være relatert til fukt- og saltproblematikk samt erosjon/utvasking. For utsatte anlegg kan dette medføre økte problemer med råte og korrosjon og økt fare for elektrisk overslag.

Høyere vannstand vil gi økt bølgeerosjon med fare for utvasking av masser og endringer i grunnforholdene. Dette vil kunne gi redusert fremkommelighet til anlegg hvor veier og adkomst ligger nært havet, både på grunn av utvasking og høyere vannstand. Dette er det flere selskap som allerede har hatt erfaring med – jf. for eksempel Lofotkraft (se kapitel 4).

Stormflo er allerede et stort problem mange steder, og vil sammen med havnivåstigning ha effekter som kan føre til mange fukt- og korrosjonsrelaterte skader. Stormflo betyr store påkjenninger på bygninger nær havoverflaten, om enn av midlertidig karakter. Med kombinasjonen av havnivåstigning og stormflo øker faren for inntrengning av vann i kjellere og vannpåkjenning/vanntrykk på konstruksjoner som tidligere ikke har vært utsatt for slike påkjenninger eller er konstruert for det. Havnivåstigning kombinert med stormflo vil således kunne gi stor grad av følgeskader.

3.2.2 Transformatorstasjoner og muffehus

Økt havnivå kombinert med stormflo, vil øke sannsynligheten for oversvømmelse av anlegg nær sjøen. Dette kan medføre vanninntrenging og kortslutninger i utsatte anlegg. Økt tilførsel av saltvann vil også kunne bidra til at det kan dannes saltbelegg på utsatte komponenter med økt fare for krypstrømmer som gir dårligere holdfasthet og fare for overslag.

Muffehus er en bygningskonstruksjon som beskytter overgangen mellom sjøkabel og jordkabel eller luftledning. Muffehus inneholder normalt skjøtemuffer mellom tilførselsledninger og sjøkabel samt overspenningsavledere. Oversvømmelse av muffehus vil kunne føre til overslag i anlegget. På lengre sikt kan saltvann kunne føre til kortslutning i komponenter ved at det dannes saltbelegg som gir redusert holdfasthet.

3.2.3 Stolper, kraftledninger og kabler

En del kraftledninger går i fjæra eller nært sjøen. For disse vil økt havnivå kunne medføre problemer, både i forhold til utvasking og økt fare for råte på trestolper. Tilsvarende vil metallstolper være utsatt for korrosjon, mens betong vil være utsatt for oppsmuldring/nedbrytning. Komposittmaster er nå på veg inn som et alternativ til stolper i tre eller metall. Det antas at disse mastene ikke vil påvirkes materielt, men de vil også være utsatt for erosjon. Fundamenter kan bli utsatt for økt erosjon ved at vann og bølger vil kunne vaske ut grunnen, i tillegg til at vann kan gjøre grunnen ustabil.

Sjøkabler er konstruert for å ligge i saltvann og vil som sådan ikke påvirkes. Men de kan bli utsatt for påkjenninger i landtakene ved høyere vannstand. Jordkabler skiller seg konstruksjonsmessig fra sjøkabler ved at sjøkabler normalt har en mekanisk armering mens jordkabler normalt ikke har dette. Det forventes imidlertid ingen spesielle utfordringer for jordkabler, ut over eventuelle mekaniske påvirkninger i forbindelse med utvasking og ustabile grunnforhold relatert til kabelgrøfter.

3.2.4 Nettstasjoner og lavspentnett

Nettstasjoner er anlegg som transformerer strøm fra høyspent til lavspent fordelingsnett. Disse vil i mange tilfeller plasseres nærmere sjøen enn transformatorstasjoner og er således mer utsatt for havnivåstigning enn transformatorstasjonene. I tilfeller hvor disse ligger utsatt til, vil det være nødvendig enten å flytte dem eller gjøre spesielle tiltak for å beskytte dem mot inntrenging av saltvann. Nettstasjoner er også i mange tilfeller plassert i kjellerne på bygg. Dette er noe en bør være oppmerksom på og sørge for at en i bygg som ligger utsatt til enten plasserer stasjonen på et høyere nivå eller sørger for en utførelse som tåler oversvømming.

For lavspentnett utført både i form av kabel- eller luftnett, vil en ha de samme problemstillingene som for høyspentnettet.

3.3 Kort om vannkraftverk og mulige konsekvenser av stormflo eller havnivåstigning

Mange kraftstasjoner er plassert ved havnivå og havnivåstigning vil kunne påvirke disse anleggene på flere måter. Ved høyere havnivå vil det kunne oppstå fare for inntrenging av vann i anleggene og i adkomst- og rømningstunneler. Høyere havnivå vil også kunne redusere produksjonsevnen til kraftstasjonen pga. redusert fallhøyde og problemer med avløpet fra stasjonen. Men effekten vil stort sett være liten.

Utløpssystemet fører vannet fra kraftstasjonen og ut i elv, innsjø, magasin eller fjord/hav. Systemet kan bestå av en tunnel, kanal (med eller uten overdekning) eller kulvert/rør. I enkelte vannkraftverk er utløpet dykket, dvs. utløpet er lagt på dypere vann. Utløpssystemet er den delen av kraftverket som vil være mest utsatt for direkte påvirkning ved havnivåstigning og stormflo siden dette er det laveste anleggselementet. En forhøyet vannstand kan føre til at utløpssystemet fra kraftstasjon til fjord/sjø blir helt eller delvis liggende under vann. Det vil kunne endre de fysiske forholdene omkring utløpet og påvirke selve utløpskonstruksjonen. Det vil i en del tilfeller være mulig å endre eller rekonstruere utløpet for tilpasse dette til nytt vannivå. Dersom utløpet allerede i utgangspunktet er dykket vil en vannstandsstigning trolig ikke føre til spesielle problemer.

Dersom havnivåstigning eller stormflo fører til at selve kraftstasjonsområdet blir helt eller delvis oversvømt av sjøvann, vil dette kunne føre til korrosjon på aggregater og rør og gi skader på elektroniske drifts- og styringssystemer i kraftstasjonen, noe som i sin tur kan føre til delvis eller full driftsstans i kraftverket. Inntrengning av sjøvann i kraftstasjonen kan også skje via utløpstunnelen, spesielt der det er fritt vannspeil (ved Peltonturbiner). I enkelte tilfeller kan det være mulig å avbøte problemet ved å montere en tilbakeslagsventil i utløpstunnelen for å hindre inntrengning av vann. Ved stormflovarsel, som inntreffer periodisk, vil det være aktuelt å stenge kraftverket. Kraftstasjoner i fjell kan bli påvirket dersom portalbygget eller adkomsttunnelen er plassert slik at sjøvann kan trenge inn.

I tillegg vil oversvømmelser kunne føre til erosjon i områdene omkring kraftstasjonen og hindre ferdsel i, og tilkomst til stasjonsområdet. Adkomstveger vil kunne bli satt under vann eller bli vasket bort slik at det ikke vil være mulig å transportere deler og utstyr til stasjonen, samtidig som drift og vedlikehold vanskeliggjøres. Oversvømmelser vil også kunne føre til ødeleggelser på tilhørende lagerbygninger og annen bygningsmasse.

Konsekvensene av eventuell periodisk eller full driftsstans som følge av havnivåstigning eller stormflo vil være størst for de store vannkraftanleggene med utløp direkte til fjord/hav og som er av vital betydning for energiforsyningen.

3.4 Kort om fjernvarmeanlegg og mulige konsekvenser av stormflo og havnivåstigning

De viktigste komponentene i et fjernvarmeanlegg er varmesentralen(e) og fjernvarmerørene samt kundesentralene som definerer skillet mellom fjernvarmeanlegget og kundenes distribusjonsnett.

For varmesentralene kan havnivåstigning og flom først og fremst skade anleggene ved vanninntrenging og erosjon. Det er først og fremst de lavtliggende varmesentralene som er utsatt.. Varmepumpeanlegg leverer omtrent 10 % av varmen til fjernvarmeanlegg, og en betydelig del av disse er sjøvannbaserte, det vil si at de henter varmen fra sjøvann som tas fra et visst dyp og pumpes gjennom varmepumpen før det slippes ut igjen til sjøen. Det er først og fremst blant disse at en kan forvente at noen ligger i liten høyde over havet, i alle fall vil en naturlig plassering være nært sjøen.

NVE har i konsesjonsprosessen aldri lagt vekt på planlagte varmesentralers høyde over havet, og har heller ingen oversikt over hvordan høydeplasseringen for eksisterende varmesentraler er. Det arbeides nå med å utvikle rapporteringskriterier for fjernvarmeanlegg. Dette innebærer at det på sikt blir mulig å kartfeste eksempelvis varmesentralene. Eksempelvis kan dette gjøres ved at selskapene rapporterer inn x/y koordinatene for hjørnene på varmesentralen, i tillegg til dybde.

Fjernvarmerør ligger nedgravd i bakken, som oftest 1 til 1,5 meters dybde. Mange steder ligger de sammen med rør og ledninger for annen infrastruktur, som vann og avløp, strømkabler og elektronisk kommunikasjon. Oversvømmes et slikt tunnelsystem kan det lede til avbrudd i fjernvarmedistribusjonen. Økt havnivå eller dårlig drenering kan lede til markforskyvning. Ved at fjernvarmerørenes naturlige fiksering forsvinner, kan lavtliggende fjernvarmerør bli utsatt for alvorlige mekaniske påkjenninger. Resultatet kan bli rørbrudd, og skjøtene er spesielt utsatt. NVE har ingen oversikt over høyde- eller dreneringsforhold for nedlagte fjernvarmerør. Fjernvarmeselskapene har hittil kun vært pålagt å inntegne hovedtraséene på et kart. Det mer finmaskede nettet har de kunnet legge som de ville. Stort sett har fjernvarmeselskapene gode egne kart som viser hvor rørene er lagt, så det regnes som fullt mulig å få en god samlet oversikt over norske fjernvarmenett.

Generelt vurderes det at for fjernvarmeanleggene kan det gjøres justeringer underveis når det gjelder tilpasninger til eventuell havnivåstigning. Installasjoner i varmesentralene har en levetid på i størrelsesorden 25 år, og kan ved fornyelse enkelt heves til et høyere nivå. En eventuell heving av fjernvarmerørene kan representere en større reell kostnadsøkning, i det dette skjer før rørenes tekniske levetid er utløpt.

4 Kartlegging av forsyningsanlegg som er i risikosonen for havnivåstigning og mulig stormflo

4.1 Spørreundersøkelse blant enheter i KBO

Det ble i 2012 gjennomført en kartleggingsstudie blant enheter i Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO) for å skaffe et bilde av hva klimaendringer generelt, og havnivåstigning og stormflo spesielt, kan gi av utfordringer for energibransjen fremover. Hovedpoenget med denne undersøkelsen var å kartlegge status i bransjen pr 2012, og å avklare på hvilket nivå norsk energiforsyning står i forhold til å forstå klimaendringers mulige effekt på energiforsyningen og motivasjon for tilpasningstiltak. Dataene som ble samlet inn vil videre brukes som referansemål for å se fremtidig utvikling i bevissthet og motivasjon for klimatilpasning, og da med særlig fokus på forhold rundt havnivåstigning. Funnene fra undersøkelsen bidrar til å danne et bilde på hvor man fra myndighetssiden bør starte for å sikre en best mulig tilpasning. Dataene vil på den måten være med på å danne grunnlaget for en NVE-strategi med formål å sikre fornuftige klimatilpasningstiltak. De vil også være en del av vurderingene knyttet til bruk av ulike virkemidler for å sikre tilpasning, slik som for eksempel strategisk bruk av tilsyn som bidrag for å vekke bevisstheten.

Energiforsyningen er i utgangspunktet sårbar for naturkrefter, og det er derfor naturlig å forvente at bransjen er opptatt av å være robust og gjennomføre sårbarhetsreduserende tiltak også med tanke på stormflo og havnivåstigning. Kartleggingen fra 2012 som er gjengitt i denne rapporten er en oppfølging av en relatert undersøkelse gjennomført i 2009 om klimatilpasning i energiforsyningen (NVE 2009). Et mål med 2012-kartleggingen var blant annet å avdekke eventuelle endringer i klimabevisstheten i bransjen i årene som har gått.

4.1.1 Utvalget

Utvalget for undersøkelsen var Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO). KBO er en myndighetsoppnevnt organisasjon som pr kartleggingstidspunktet bestod av 198 virksomheter fordelt på kraftprodusenter, alle nettselskaper, fjernvarmeselskaper og vassdragsregulanter. I sum utgjør disse den norske energiforsyningen og er essensielle for at elektrisitets- og varmeproduksjon og distribusjon skal fungere.

Den vises i tilknytning til enkelte spørsmål til en sammenligning med de største virksomhetene i utvalget. Disse representerer de største produsenter, fjernvarmeseslskap og nettselskap basert på kunder og omsetning. I utgangspunktet ble det plukket ut de 10 % største virksomheter for å avdekke om størrelsen på selskapet kunne ha betydning for aktivitetsnivået. Henvisninger til de største virksomhetene i denne undersøkelsen peker tilbake til dette utvalget.

4.1.2 Gjennomføring

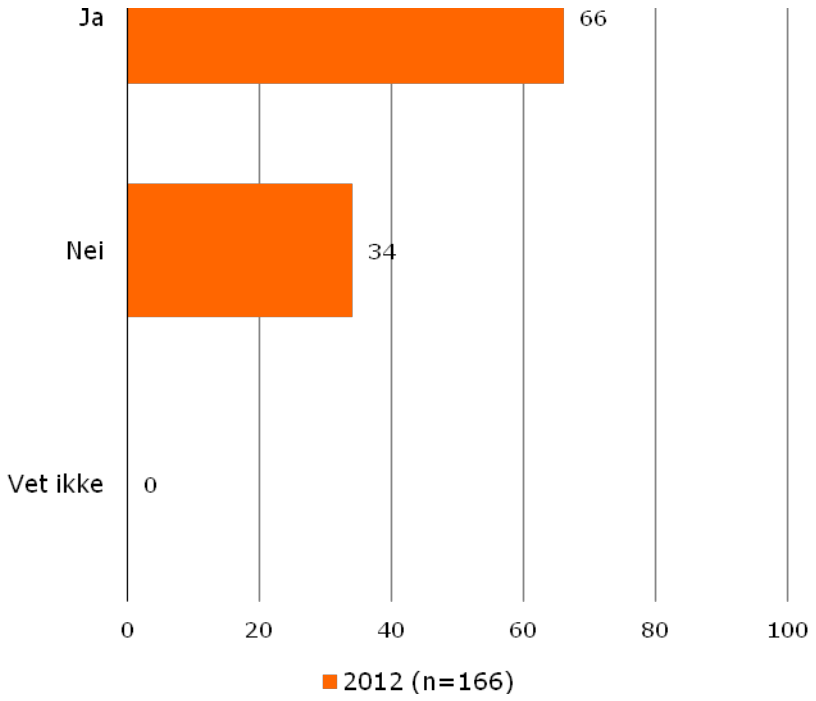
Undersøkelsen var primært gjennomført som en webundersøkelse. Noen få respondenter ble intervjuet på telefon. Undersøkelsen ble gjennomført i perioden mars og april 2012.

Henvendelsene ble rettet til beredskapsleder i de ulike virksomheter. Beredskapsledertittelen er ofte virksomhetslederen i den enkelte energiforsyningselskap eller en person nært knyttet til denne personen.

Utarbeidelse av spørsmål og analyse av resultatet ble utført av beredskapsseksjonen i NVE. Det ble gjennomført 166 intervjuer, noe som gav en svarprosent på 84 %. Ikke alle KBO-enheter har anlegg i strandsonen, så den delundersøkelsen som var fokusert på de med anlegg i strandsonen hadde et utvalg på 110 virksomheter. Kartleggingen var frivillig.

Presentasjon av funn fra spørreundersøkelsen

Spørsmål 1: Har din KBO-enhet anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen (0-10 meter over havnivå)?

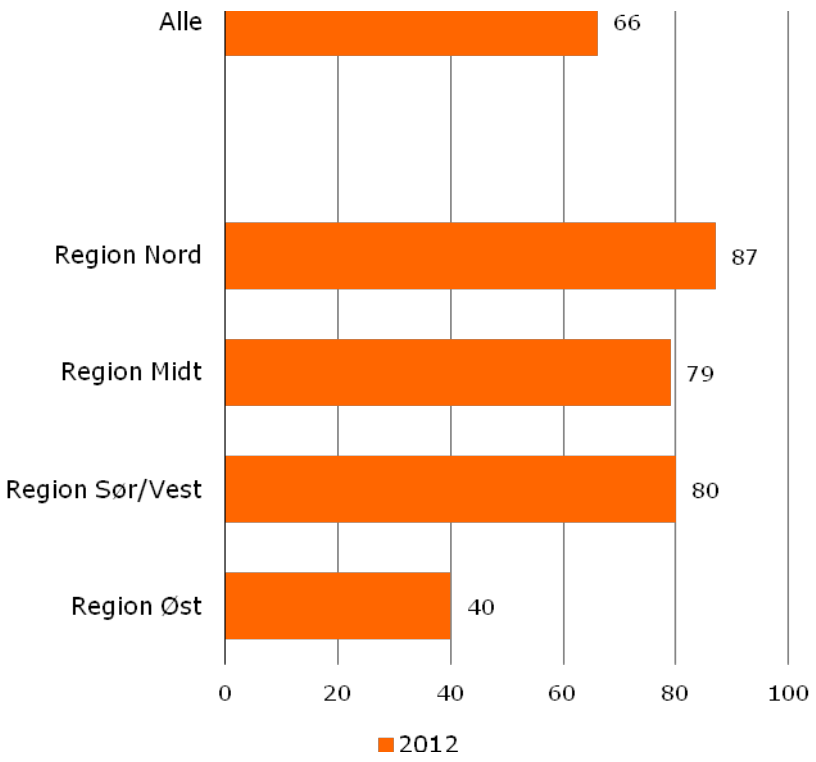


Base: Alle

I NVE sin undersøkelse fra 2009 opplyste 99 % av de spurte virksomheter at de hadde kjennskap til at klimaendringer kan medføre en økning i ulike effekter slik som for eksempel flom, skred, hyppigere stormer og mer ekstremnedbør. Havnivåstigning er et slikt potensielt scenario ved klimaendring.

I kartleggingen fra 2012 ble enhetene spurt om de har anlegg eller konsesjonsområder som strekker seg mot strandsonen. Så mange som 2 av 3 KBO-enheter har anlegg (strømstolper, transformatorer, produksjonsutstyr osv.) eller konsesjonsområder som strekker seg mot det vi har definert som strandsonen (0-10 meter over havnivå).
På grunn av Norges lange kystlinje, så er det ikke helt uventet at såpass mange enheter har anlegg nær strandsonen. Likevel er 66 % en stor prosentandel, og viser igjen viktigheten av at det blir gjennomført ytterligere forskning og utredning om dette temaet.

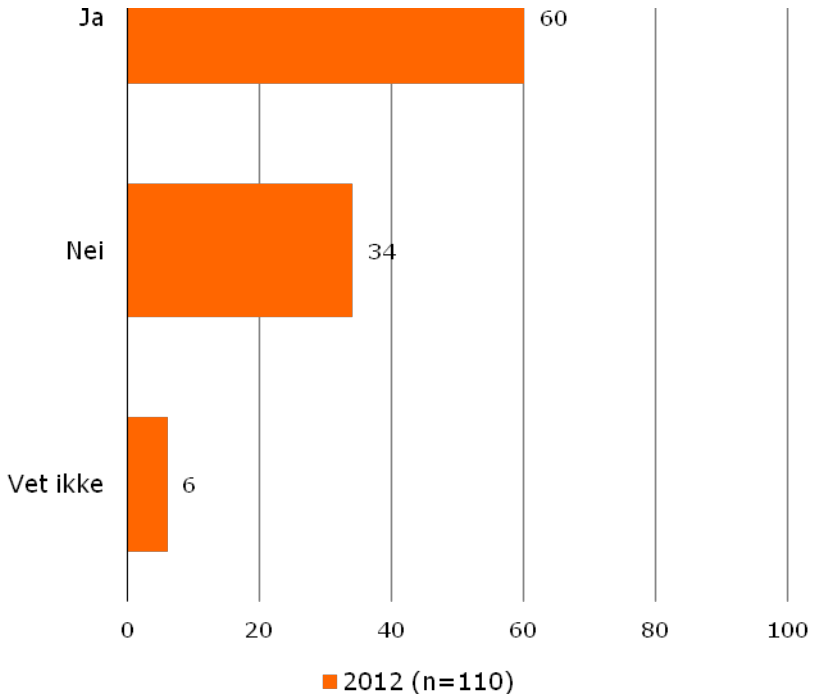
Spørsmål 2: Har din KBO-enhet anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen (kote 0-10 meter over havnivå)? (Geografisk tilhørighet blant de som svarte JA)



Base: Alle

Svarene viser at blant de som svarte ja på spørsmål 1, så var det i Region Øst at det var færrest KBO-enheter som har anlegg eller konsesjonsområder som strekker seg mot strandsonen.

Spørsmål 3: Har din KBO-enhet vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning og stormflo?

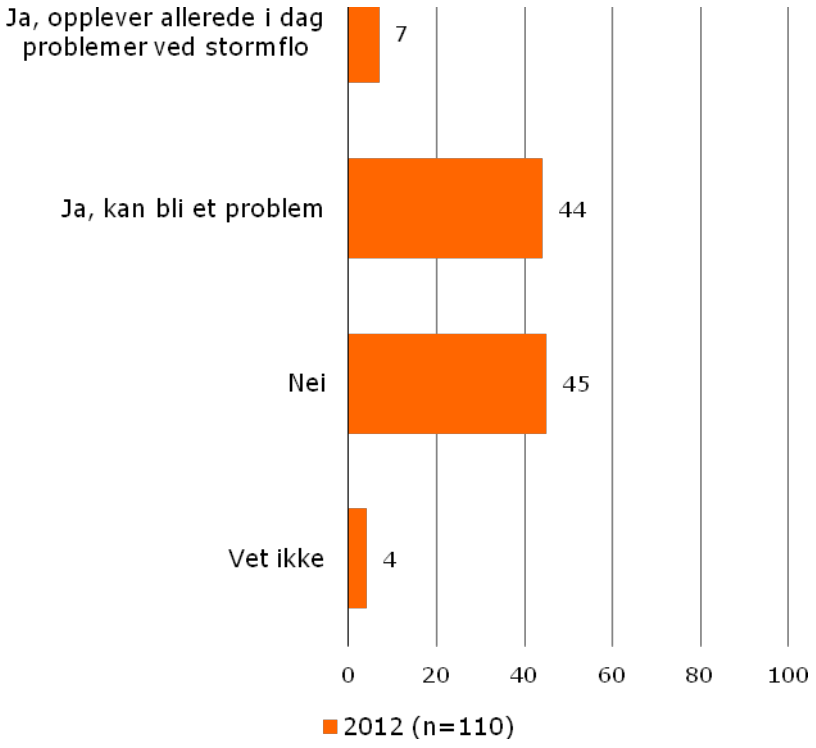


Base: De som har anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen.

Av NVE-rapporten fra 2009 fremgikk det at 59 % av av selskapene med anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen, trodde at klimaendringer kunne medføre sikkerhetsmessige utfordringer for egen enhet basert på forskernes scenarioer om mer ekstremt vær. Havnivåstigning er et eksempel på en utfordringer klimaendringer kan medføre for energiforsyningen.

På spørsmål om enhetene har vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning og stormflo svarte 60 % av de som har anlegg i strandsonen at havnivåstigning og stormflo har vært tatt opp i deres egen risiko- og sårbarhetsvurderinger. 34 % av de som har anlegg i denne sonen opplyser at de ikke har vurdert havnivåstigning eller stormflo. 60 % er en betydelig prosentandel, men samtidig viser resultatet at det fortsatt er en vei å gå med tanke på de 34 % som ikke har vurdert risiko knyttet til fremtidig havnivåstigning eller stormflo.

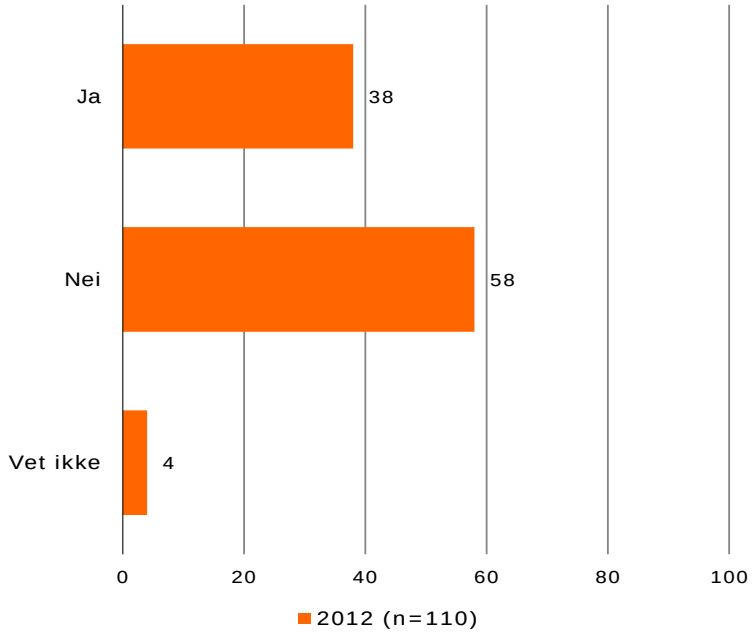
Spørsmål 4: Har din KBO-enhet avdekket mulig risiko og sårbarhet ved egne anlegg (eksisterende) som følge av fremtidig havnivåstigning og stormflo?



Base: De som har anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen.

Av de enhetene som har vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning og stormflo, så opplyser over halvparten at havnivåstigning og stormflo er eller kan bli et problem. Gitt at havnivået øker og stormfloen blir høyere oppgir hele 51 % at dette blir eller kan bli et problem. Det er viktig å trekke frem at 7 % opplyser at de allerede i dag opplever problem i forbindelse med stormflo.

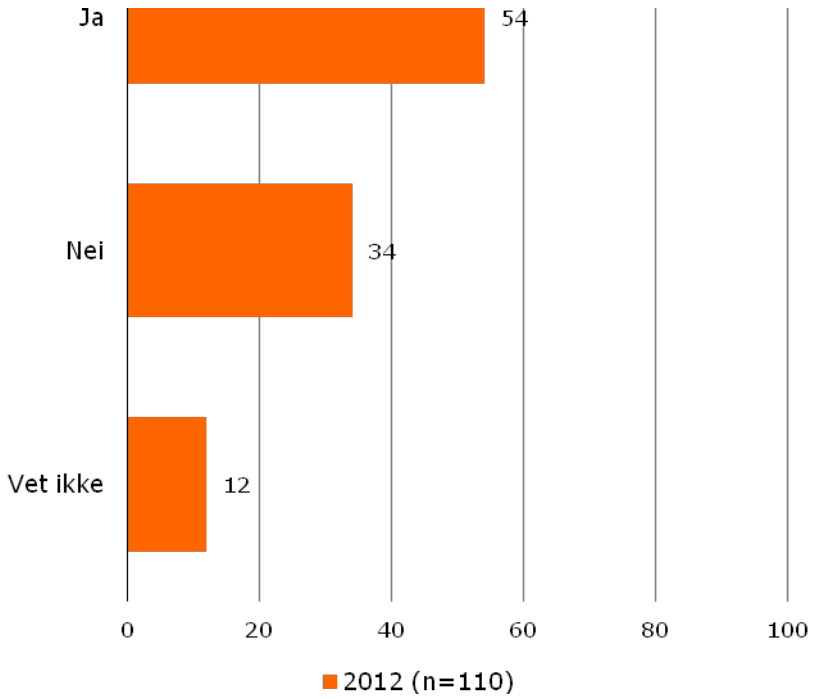
Spørsmål. 5: Har din KBO-enhet vurdert tiltak ved egne eksisterende anlegg for å redusere risiko og sårbarhet for havnivåstigning og stormflo?



Base: De som har anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen.

På spørsmål om enheten har vurdert konkrete tiltak ved eksisterende anlegg for å redusere risikoen for skader med bakgrunn i havnivåstigning eller stormflo, opplyser 38 % av virksomhetene at de har vurdert konkrete tiltak. Dette utgjør kun 6 av 10 av virksomhetene som opplyste at de tror havnivåstigning og stormflo kan bli et problem, noe som betyr at 4 av 10 ikke har valgt å foreta seg noe. Hva som er bakgrunnen for at disse ikke har valgt å foretas seg noe sier ikke kartleggigen noe om.

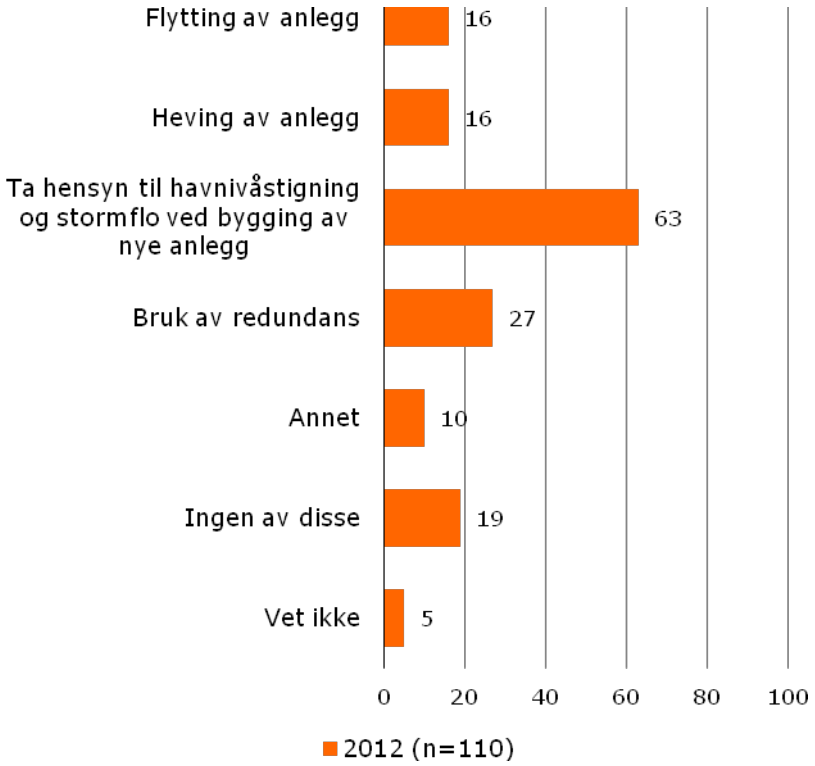
Spørsmål. 6: Har din KBO-enhet vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning og stormflo i planleggingen av nye anlegg?



Base: De som har anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen.

Over halvparten av virksomhetene som har anlegg som strekker seg mot strandsonen trekker frem at havnivå og stormflo er med i vurderingen i planleggingen av nye anlegg. Det å bygge inn dette hensynet allerede fra designfasen vil kunne spare virksomheten og samfunnet for enorme kostnader. 34 % sier derimot at de ikke har vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning og stormflo i planleggingen av nye anlegg. Dette viser en utfordring i forhold til å skape tilstrekkelig risikobevissthet hos alle virksomheter slik at hensynet til forsyningssikkerhet og driftsmessig robusthet blir en grunnleggende faktor i design, utbygging og drift.

Spørsmål. 7: Har din KBO-enhet vurdert noen av følgende tiltak som relevante for å redusere risiko og sårbarhet for havnivåstigning og stormflo?



Base: De som har anlegg eller konsesjonsområde som strekker seg mot strandsonen.

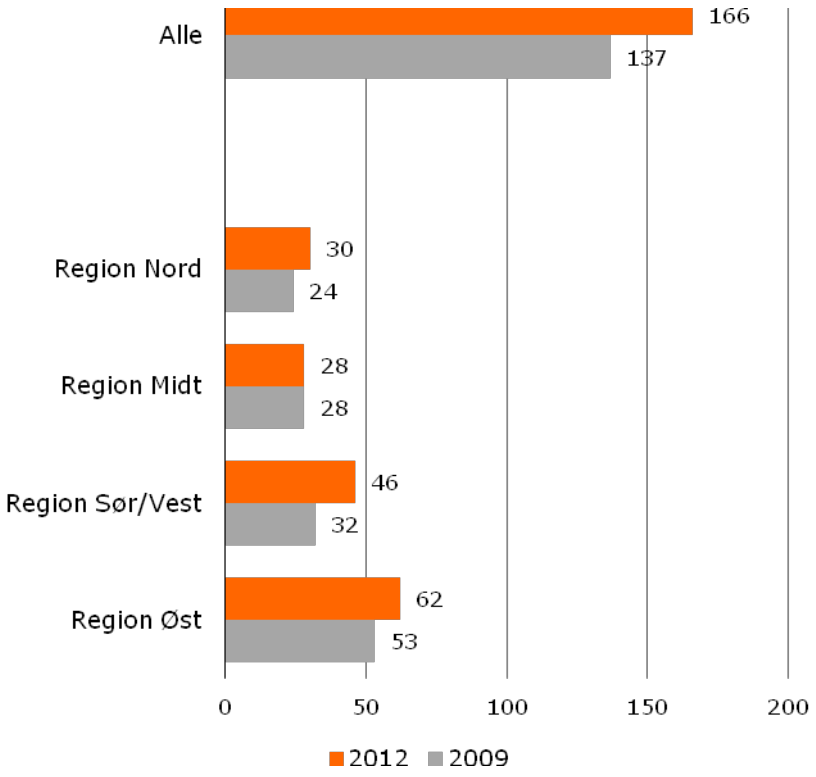
Av de KBO-enhetene som erkjenner at de av forebyggende hensyn bør gjøre noe med utsatte anlegg, så trekker hele 63% fram hensynet til havnivåstigning og stormflo når nye anlegg skal bygges.

En annen faktor som vektlegges høyt er å bygge inn kapasiteter (redundans) som kan avlaste utsatte anlegg i perioder med for eksempel stormflo. Variabler som flytting av utsatte anlegg eller heving av anlegg slik at de mest utsatte deler kommer klar av sjøvannet har en score på 16 % hver.

Bakgrunnsvariabler

Av landets 198 enheter i KBO valgte 166 å respondere på kartleggingen. Av disse igjen opplyste 110 virksomheter nasjonalt å ha anlegg nær sjø. Virksomhetene som deltok i denne kartleggingen har i tillegg blitt fordelt på 4 regioner. Regioninndeling som er valgt er som følger:

- Region nord: Finnmark, Troms og Nordland
- Region Midt: Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, Møre og Romsdal
- Region Sør/Vest: Sogn og Fjordane, Hordaland, Rogaland, Vest-Agder og Aust-Agder
- Region Øst: Hedmark, Oppland, Vestfold, Telemark, Østfold, Akershus, Oslo og Buskerud



Base: Alle

4.2 Nasjonal grovkartlegging av utsatte områder og anlegg

Det har vært gjennomført flere studier av fremtidig havnivåstigning og dets påvirkning på Norge. Bjerknesrapporten (Vasskog et. al 2009) er et godt eksempel på dette. Rapporten inneholder estimert havnivåstigning og stormflo for alle norske kyst- og fjordkommuner i 2050 og 2100. DSB kommer i sin veileder "Håndtering av havnivåstigning i kommunal planlegging" med råd om hvordan kommuner og andre kan gå fram for å skaffe oversikt over risikoer, farer og sårbarhet ved havnivåstigning, stormflo og bølgepåvirkning. Dette prosjektet er derimot faglig nybrottsarbeid i den forstand at det ikke tidligere har vært foretatt noen grovkartlegging av potensielt utsatte energianlegg for havnivåstigning og stormflo i Norge (som NVE er kjent med).

Tallene i Bjerknesrapporten er usikre og presenteres med et stort usikkerhetsintervall, men er likevel brukt som grunnlag for våre kart i denne rapporten. Figur 5 er basert på tall fra ovennevnte rapport og viser en oversikt over oversvømte nettstasjoner, fordelt på fylker. Som en ser av figuren så har havnivåstigning potensial til å bli en utfordring for nettselskaper langs hele norskekysten. Noen områder er derimot mer utsatt enn andre.

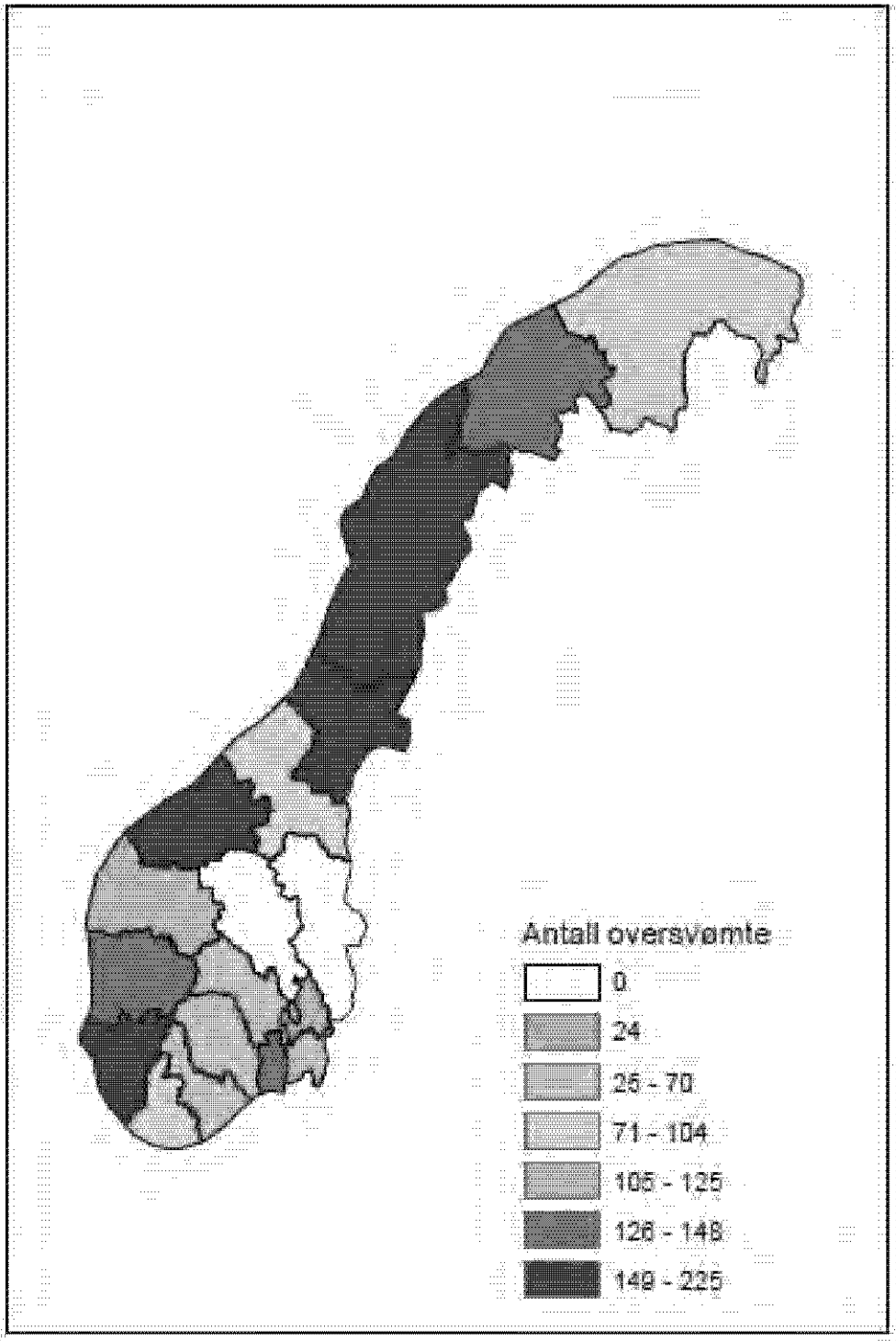
Samtidig er det også, på samme grunnlag, gjort en kartlegging av antall eksisterende energianlegg som vil være berørt av den prognoserte havnivåstigningen ved utgangen av århundret. Oppsummert gir dette flg. antall:

Anlegg	**Antall**
Nettstasjoner	1962
Transformatorstasjoner (regionalnett)	7
Kraftstasjoner (småkraftverk)	5

Kilde: Tabell laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Vasskog et. al (2009)

Som det fremgår av disse tallene, er det først og fremst anlegg i distribusjonsnettet som er utsatte ved den prognoserte havnivåstigningen. Men siden hendelser som berører anlegg i regionalnettet har større konsekvens, er det ekstra viktig at det settes fokus på disse anleggene.

Figur 5: Oversikt over oversvømte nettstasjoner fordelt på fylke i år 2100[13]



[13] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Vasskog et. al (2009)

4.3 Casestudier

Havnivåstigningen i andre halvdel av dette århundre vil kunne gi økende utfordringer for eksisterende infrastruktur (Nilsen et al. 2012). Dette gjelder også for energibransjen siden mange nettselskaper har anlegg som ligger utsatt til for fremtidig havnivåstigning.

Rapporten fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009) kartla områder i Norge som er utsatt for stormflo og havnivåstigning. Kapittel 4.2 i denne rapporten viser en nasjonal kartlegging, hvor fokus er rettet inn mot å gi en visuell oversikt over hvor omfanget av utsatte energianlegg langs den norske kyst er størst. I tillegg til en grovkartlegging av utsatte anlegg over hele kysten, har vi i denne rapporten også gjennomført casestudier av tre nettselskap i utsatte områder. Inkluderingen av casestudier i rapporten gir muligheten til å gå litt dypere inn på de tallene som har blitt framsatt tidligere, samt å se hvordan ulike selskap har valgt å tilnærme seg problemstillingen. De utvalgte selskapene er BKK Nett, Lyse Nett og Lofotkraft[14].

Viktige temaer som ble tatt opp i disse intervjuene var i hvilken grad havnivåstigning og stormflo var problemstillinger som selskapene selv var opptatt av, og i hvilken grad de har foretatt kartlegginger og gjennomført eventuelle tiltak for å minske farene ved fremtidig havnivåstigning. Dette gjelder både for nåværende og fremtidige anlegg. Et annet viktig moment som har stor betydning, og da særlig i forhold til bygging av nye anlegg, er dialogen med kommunene. Kommuner kan i arealplanleggingen styre ny utbygging og infrastruktur til områder som er mindre utsatt for havnivåstigning og stormflo. Å få på plass en god og konstruktiv kontakt mellom nettselskaper og kommuner i utbyggingssaker kan vise seg å bli en fremtidig veldig god investering av tid og ressurser for begge parter.

4.3.1 BKK

BKK ble stiftet 2. juni 1920 som et resultat av at Bergen kommune og 11 omlandskommuner gikk sammen om å danne det som skulle bli Vestlandets største kraftselskap. Nye eiere har siden den gang kommet til, og andre solgt seg ut. BKK eies i dag av Statkraft (49,9 %), Bergen kommune (37,75 %), samt 16 landkommuner som eier de resterende 12,35 %. Selskapet er i dag et av Norges største selskaper innenfor produksjon, engrosomsetning og transport av elektrisk kraft (BKK 2014).

Som for flere andre selskap med kystnære anlegg, så er havnivåstigning og stormflo noe som ifølge Bjerknesrapporten (2009b) kan komme til å medføre problemer for Bergensområdet og områder som i dag ligger under BKK sitt forsyningsområde. Tabell 4 gir en oversikt over Bjerknessenterets tall for fremtidig landheving og beregnet havstigning og stormflonivåer for kystkommunene i BKK sitt forsyningsområde.

[14] Også en stor takk til Drammen Fjernvarme for deltakelse i prosjektet

Tabell 5: Oversikt over landheving og beregnet havstigning og stormflonivåer for kystkommunene i BKK sitt forsyningsområde

	År 2050 relativt år 2000			**År 2100 relativt år 2000**		
Kommune	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**100 års stormflo[15] relativt NN 1954 (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -20 til +35 cm)**	**100 års stormflo[16] relativt NN1954 (usikkerhet -20 til +35 cm)**
Bergen	**8**	**23 (15-37)**	**186 (178-200)**	**17**	**73 (53-108)**	**241 (221-276)**
Askøy	**8**	**23 (15-37)**	**186 (178-200)**	**17**	**73(53-108)**	**241 (221-276)**
Lindås	**9**	**23 (15-37)**	**186 (178-200)**	**17**	**73 (53-108)**	**241 (221-276)**
Fjell	**8**	**23 (15-37)**	**181 (173-195)**	**17**	**73 (53-108)**	**237 (217-272)**
Sund	**8**	**23 (15-37)**	**175 (167-189)**	**17**	**73 (53-108)**	**231 (211-266)**
Kvam	**9**	**22 (14-36)**	**177 (169-191)**	**18**	**72 (52-107)**	**232 (212-267)**
Meland	**9**	**23 (15-37)**	**186 (178-200)**	**17**	**73 (53-108)**	**241 (221-276)**
Radøy	**9**	**22 (14-36)**	**185 (177-199)**	**18**	**72 (52-107)**	**240 (220-275)**
Voss[17]	**9**	**22 (14-36)**	**187 (179-201)**	**18**	**73 (53-108)**	**242 (222-277)**
Øygarden	**9**	**22 (14-36)**	**185 (177-199)**	**17**	**73 (53-108)**	**241 (221-276)**
Austrheim	**9**	**22 (14-36)**	**188 (180-202)**	**18**	**72 (52-107)**	**243 (223-278)**
Vaksdal	**9**	**22 (14-36)**	**187 (179-201)**	**18**	**73 (53-108)**	**242 (222-277)**
Gulen	**9**	**22 (14-36)**	**189 (181-203)**	**18**	**72 (52-107)**	**244 (224-279)**
Høyanger	**12**	**19 (11-33)**	**192 (184-206)**	**23**	**67 (47-102)**	**245 (225-280)**
Fedje	**9**	**22 (14-36)**	**186 (178-200)**	**18**	**72 (52-107)**	**241 (221-276)**
Masfjorden	**10**	**22 (14-36)**	**188 (180-202)**	**19**	**71 (51-106)**	**243 (223-278)**
Granvin	**11**	**20 (12-34)**	**176 (168-190)**	**21**	**69 (49-104)**	**230 (210-265)**

Kilde: Vasskog et. al 2009: 29

Kartlegging og oversikt over egen sårbarhet

Selskapet selv opplyser at fokus per i dag har vært mer på klimautfordringer generelt, og ikke på havnivå spesielt. Langsiktige klimaendringer som havnivåstigning er ikke blitt gitt samme oppmerksomhet i selskapet som ras og flom i vassdrag.
Samtidig viser prognosene for havnivåstigning og stormflonivået fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009) at havnivåstigning vil kunne ha alvorlige og omfattende konsekvenser for bebyggelse og infrastruktur flere steder i BKK sitt forsyningsområde. Situasjonen i BKK sitt forsyningsområde er at landhevingen i dag er omtrent lik havnivåstigningen. Men de fremtidige prognosene tilsier at det skal bli en økning i

[15] Intervallet som er oppgitt for stormflo i tabellen, tar kun hensyn til usikkerheten i havstigning. Usikkerheten i stormflonivået er ikke tallfestet. Denne ekstra usikkerheten er ansett for å være relativt liten ved de faste vannstandsmålerne, men øker jo lenger unna man kommer fra de faste målestasjonene. I enkelte områder kan den derfor være stor (Vasskog et. al 2009: 25).

[16] Se kommentar fotnote 15.

[17] ”Oppgitte stormfloverdier representerer maksimumsverdier. Reelle verdier er sannsynligvis lavere” (Vasskog et. al 2009: 29)

havnivået, og at en forventet havnivåstignings langs vestlandskysten vil være et sted mellom 20-80 cm mot slutten av dette århundre (Vasskog et. al 2009 (Grieg Foundation, Visjon Vest og GC Rieber Fondene 2009).

En utsjekk med Kartverket som selskapet selv har gjort, viste at selskapet per i dag 135 nettstasjoner som ligger under kote 5. Selskapet selv anser Bergen sentrum som mest utsatt, pga. geografiske forhold, samt konsekvensene av skader et slikt utfall vil kunne medføre. Den høyeste vannstanden som noensinne er målt i Bergen er 241 cm den 27. februar 1990 (Vannstand.no). En rapport finansiert av de private fondene Grieg Foundation, Visjon Vest og GC Rieber Fondene (2009) konkluderer med at fremtidig endring av havnivået vil ha konsekvenser i hele strandsonen i Bergensområdet. Det indre havnebasseng i Bergen inneholder blant annet en del av byens mest verdifulle historiske minnesmerke. Videre inneholder det indre og ytre havnebasseng i tillegg bedrifter med betydelige økonomiske aktiviteter og boligområder, samt at det planlegges videre utbygging. Figur 6 viser et kartutsnitt av Bergen sentrum som gir en oversikt over utsatt anlegg. Omfanget viser at det vil kunne bli behov for nye overordnede løsninger for store deler av Bergen sentrum når det kommer til plassering av elektriske anlegg.

Kontakten med kommunene

En utfordring for selskapet har vært dialogen med kommunene knyttet til nevnte problemstillinger. I sentrumsnære områder er det kamp ofte konkurranse om lokaler og plassering, og kommuner og utbyggere finner det ofte ønskelig å plassere elektriske forsyningsanlegg i kjellere og ute av syne. En slik plassering vil imidlertid gjøre anlegget mer utsatt og fremkommelighet og feilsøking vanskeligere. For å unngå dette er det viktig at selskapet selv tidlig kommer i dialog med kommunen. Selskapet har årlige planleggingsmøter med kommunene og uttaler seg til reguleringsplaner. I høringsuttalelsene fra selskapet prøver de å fremheve nettopp dette med plasseringshensyn, men opplever at det likevel ikke alltid blir tatt hensyn til. På eksisterende anlegg er det ofte private gårdeiere selskapet må i dialog med, noe som kan oppleves som en større utfordring.

Et mulig forbedringspotensial fra selskapets side, er innholdet i høringsuttalelser til reguleringsplaner. Selskapets innspill har ofte en generell karakter, og gjennomslagskraften kan bli større dersom det fremsettes mer spesifikke krav.

Figur 6: Oversikt over utsatte installasjoner i Bergen sentrum[18]

[18] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

4.3.2 Lyse Elnett

Lyse startet sin virksomhet 1. januar 1999, men har røtter mer enn 100 år tilbake i tid. Konsernet eies i dag av 16 kommuner i Sør-Rogaland. Lyse Elnett AS er det lokale nettselskapet til kommunene Stavanger, Sandnes, Sola, Randaberg, Finnøy, Rennesøy, Strand, Time, Gjesdal, Hjelmeland og Kvitsøy. Nettselskapet er ansvarlig for utbygging, drift og vedlikehold av strømnettet i denne regionen.

Kartlegging og oversikt over egen sårbarhet

I likhet med BKK har også Lyse et forsyningsområde med en lang kystlinje. Selskapet har over en lengre periode hatt fokus på og jobbet systematisk med problemstillinger knyttet til klimaendringer, og fremtidige utfordringer relatert til havnivåstigning har vært og er inkludert i dette arbeidet.

Flere av byene /tettstedene i Lyse sitt forsyningsområde har allerede fått erfare hvilke utfordringer havnivåstigning og stormflo kan føre med seg. Sandnes sentrum hviler for eksempel på det som tidligere har vært langfjære innerst i Gandsfjorden. Store deler av Sandnes sentrum ligger lavt, og i enkelte områder er utfyllingshøyden under én meter over dagens havnivå (Hov & Holstad 2012). Med tanke på at dette er et område som ifølge forskning er utsatt for fremtidig havnivåstigning, så er det viktig at man stiller spørsmålet om dette er nok. Stavanger er også en by som ligger utsatt til med tanke på stormflo og fremtidig økning i havnivå. Tabell 4 viser Bjerknessenteret sine tall for landheving, havnivåstigning og stormflo for kystkommuner innenfor Lyse Nett sitt forsyningsområde.

Tabell 6. Oversikt over landheving og beregnet havstigning og stormflonivåer for kystkommuner i Lyse sitt forsyningsområde

	År 2050 relativt år 2000			**År 2100 relativt år 2000**		
Kommune	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**100 års stormflo[19] relativt NN 1954 (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -20 til +35 cm)**	**100 års stormflo[20] relativt NN1954 (usikkerhet -20 til +35 cm)**
Stavanger	**6**	**25 (17-39)**	**151 (143-165)**	**12**	**78 (58-113)**	**209 (189-244)**
Sandnes	**6**	**25 (17-39)**	**152 (144-166)**	**12**	**78 (58-113)**	**210 (190-245)**
Sola	**6**	**25 (17-39)**	**147 (139-161)**	**11**	**79 (59-114)**	**206 (186-241)**
Klepp	**6**	**26 (18-40)**	**141 (133-155)**	**11**	**79 (59-114)**	**199 (179-234)**
Hå	**5**	**26 (18-40)**	**142 (134-156)**	**10**	**80 (60-115)**	**201 (181-236)**
Randaberg	**6**	**25 (17-39)**	**151 (143-165)**	**11**	**79 (59-114)**	**209 (189-244)**
Eigersund	**4**	**27 (19-41)**	**133 (125-147)**	**9**	**81 (61-116)**	**192 (172-227)**
Strand	**6**	**25 (17-39)**	**151 (143-165)**	**13**	**77 (56-111)**	**208 (188-243)**
Rennesøy	**6**	**25 (17-39)**	**149 (141-163)**	**11**	**79 (59-114)**	**208 (188-243)**
Hjelmeland	**7**	**24 (16-38)**	**147 (139-161)**	**14**	**76 (56-111)**	**204 (184-239)**
Gjesdal	**6**	**26 (18-40)**	**156 (148-170)**	**11**	**79 (59-114)**	**215 (195-250)**
Finnøy	**6**	**25 (17-39)**	**148 (140-162)**	**13**	**77 (57-112)**	**205 (185-240)**
Kvitsøy	**5**	**26 (18-40)**	**150 (142-164)**	**10**	**80 (60-115)**	**209 (189-244)**

Kilde: Vasskog et. al 2009: 30

Som tabellen viser, er Rogaland et potensielt utsatt fylke med tanke på havnivåstigning og stormflo. For de aller fleste stedene er det forventet at stormfloen i år 2100 kan bli mer enn 2 meter over NN1954. For Sandnes viser tallene fra Bjerknessenteret 2,10 meter, noe som vil føre til at store deler av Sandnes sentrum vil bli oversvømt.

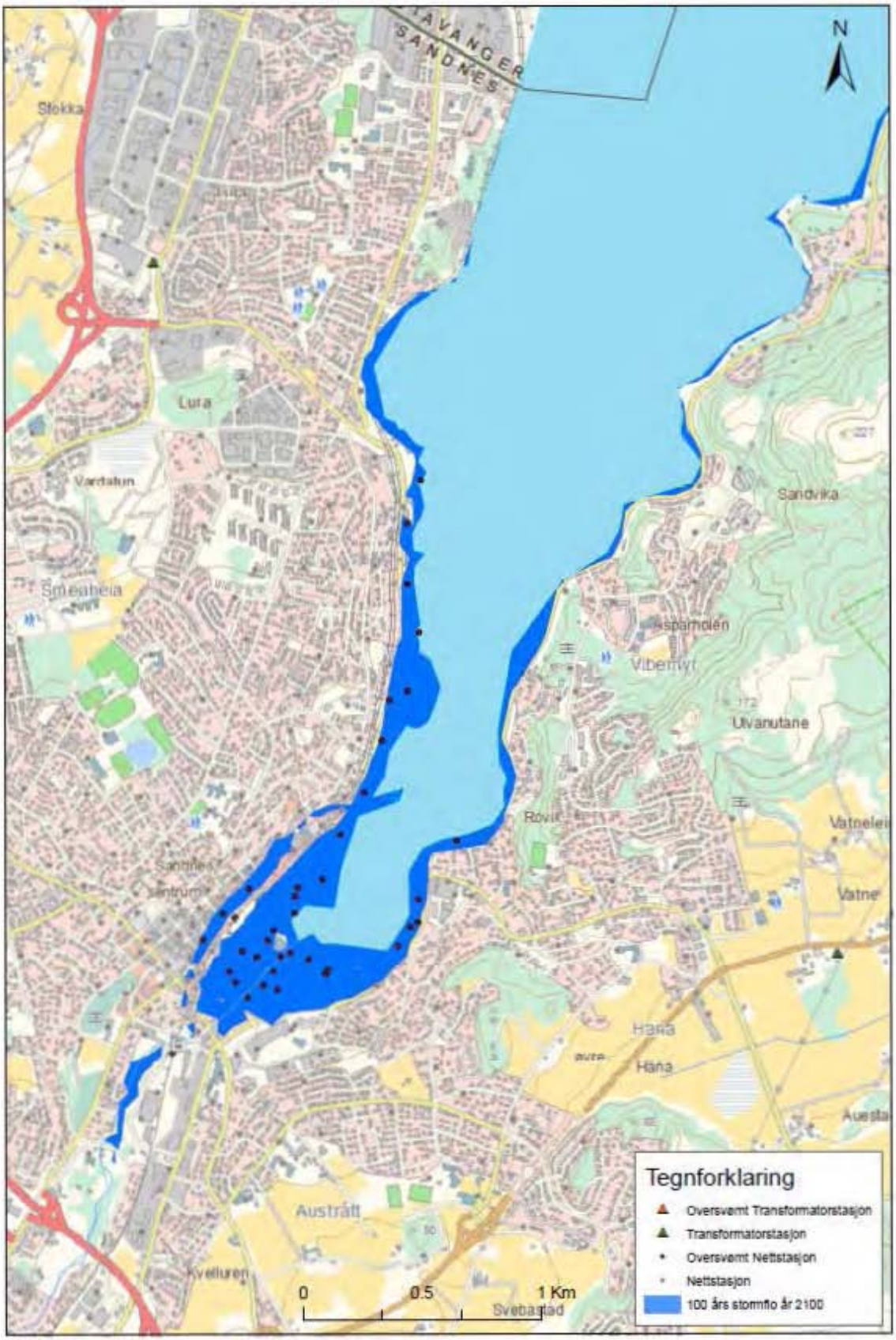
[19] Intervallet som er oppgitt for stormflo i tabellen, tar kun hensyn til usikkerheten i havstigning. I tillegg kommer en usikkerhet i stormflonivået som ikke er tallfestet, men diskutert i del 3.2 og 3.3 av rapporten. Denne ekstra usikkerheten er ansett for å være relativt liten ved de faste vannstandsmålerne, men øker jo lenger unna vi kommer fra de faste målestasjonene, og kan derfor være stor i enkelte områder (Vasskog et. al 2009: 25).

[20] Se kommentar fotnote 15.

Figur 7: Oversikt over utsatte installasjoner i Stavanger sentrum[21]

[21] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

Figur 8: Oversikt over utsatt installasjoner i Sandnes sentrum[22]



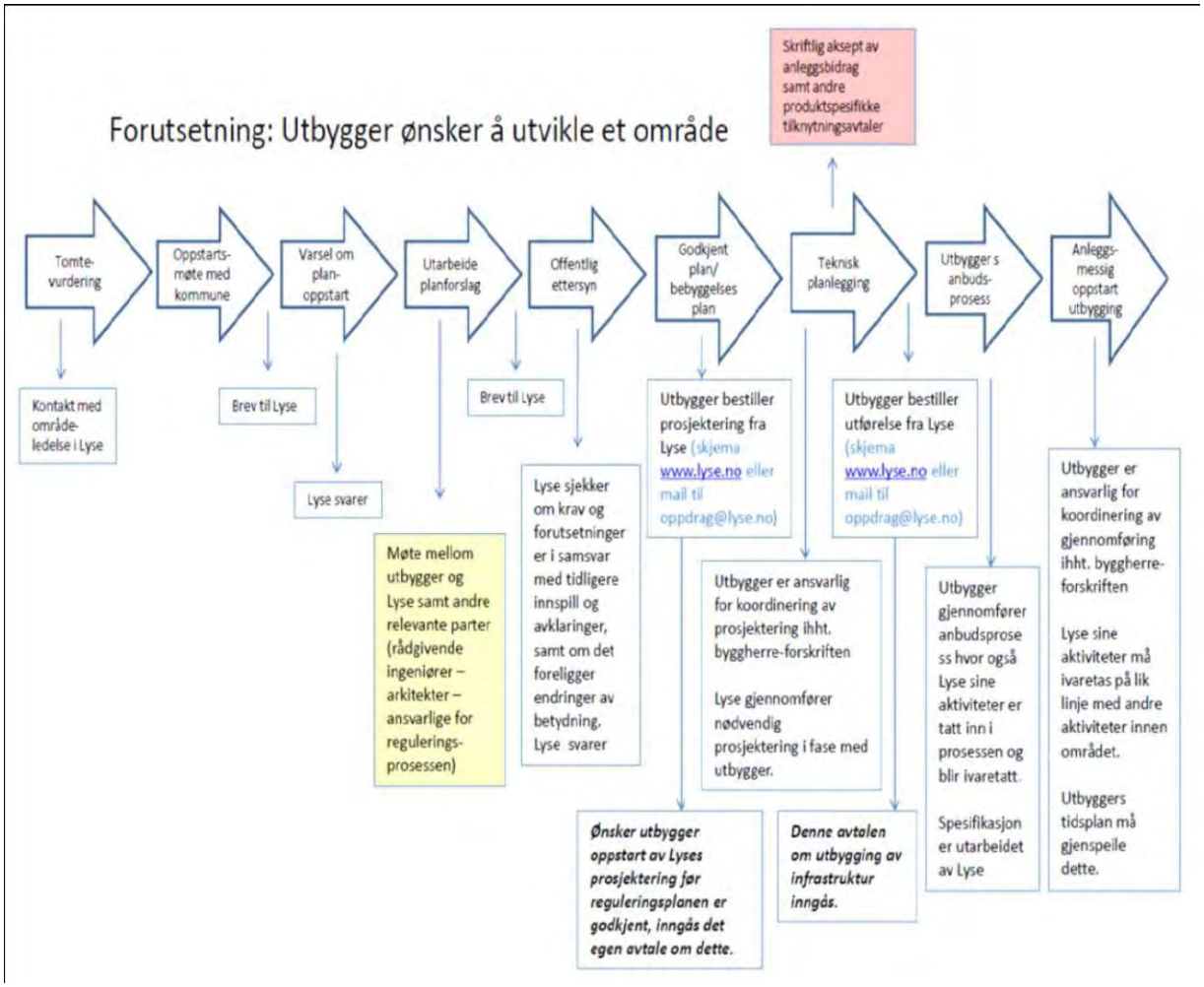
[22] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

Kontakten med kommunene: Lysemodellen

Lyse Elnett er ansvarlig for levering av strøm til et område som forventer stor tilflytning og utbygging i fremtiden. Allerede i dag opplever man flere steder en sterk fortetting av områder, for eksempel i og rundt Stavanger. De store utbyggingsplanene gjør at det er ekstra viktig for selskapet å ha en god og konstruktiv dialog med de aktuelle kommunene for slik å sikre at det blir tatt hensyn til nettekniske løsninger i prosessene.

Et godt og systematisk samarbeid mellom kommunene og nettselskapet har vi valgt å kalle "Lysemodellen". Selskapet har i dag to ansatte som jobber med å koordinere kontakten med kommunene. Dette sikrer at de kommer tidlig inn i prosessene, noe som igjen er avgjørende for å kvalitetssikre at alle elektriske komponenter er inkludert i planene, samt å sikre gode løsninger for de elektriske anleggene. Sjansen for at nettstasjoner og inntak vil bli plassert i kjellere vil for eksempel minke dersom nettselskapene kommer tidlig inn i planleggings- og prosjekteringsprosessene.

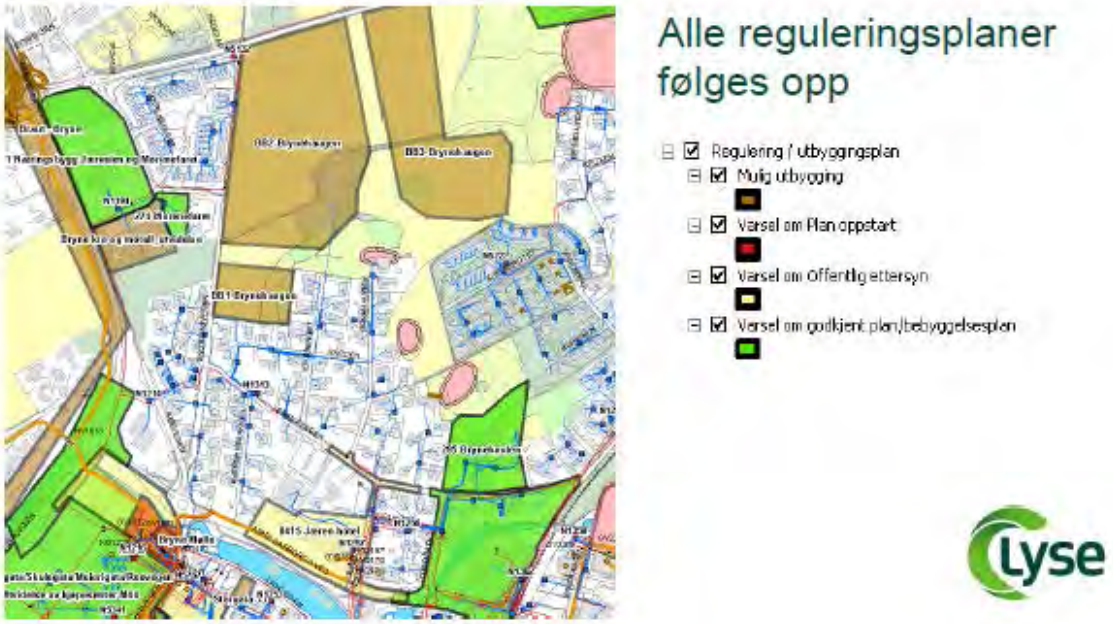
Figur 9: Oversikt over prosessen og dialogen med kommunene



Kilde: Lyse Elnett

Selskapet har hatt en aktiv bruk av karttjenester de siste årene, og har siden april 2011 brukt et kartsystem hvor alle reguleringsplaner følges opp. Kartsystemet utgjør informasjonsportalen for selskapet, og all informasjon som selskapet får fra kommunene angående utbyggingsplaner legges inn i kartet. Figur 10 viser et eksempel på hvordan et slikt kartutsnitt kan se ut. De ulike fargekodene indikerer de ulike stadiene i utbyggingsprosessen.

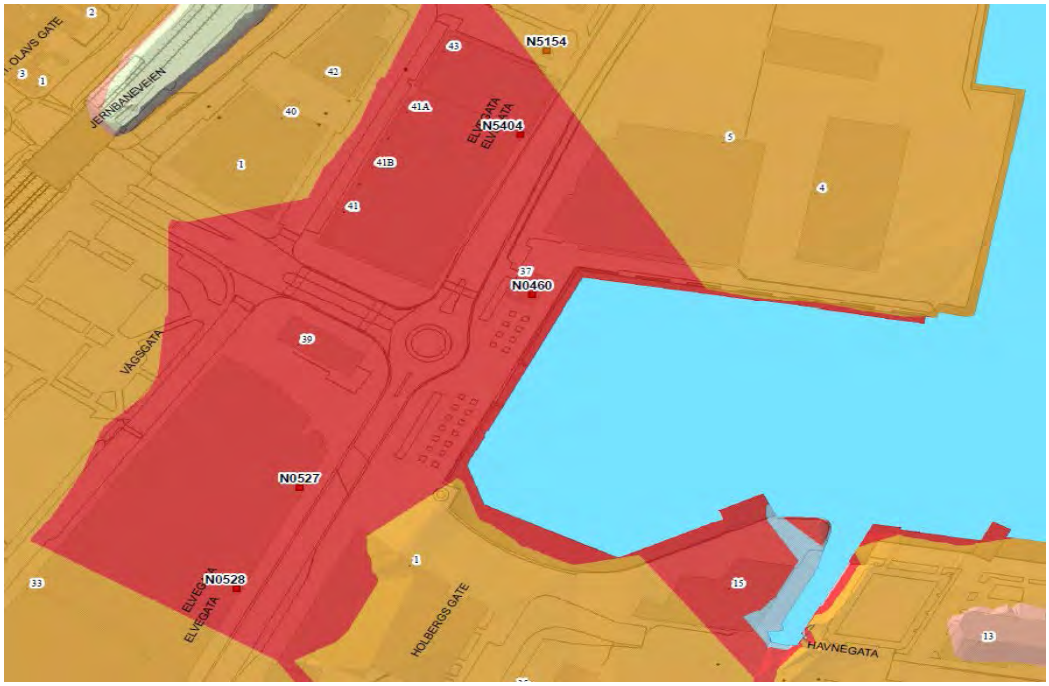
Figur 10: Eksempel på kart over mulige og varslede utbyggingsplaner



Kilde: Lyse Elnett

Klimascenarioer som anses som gjeldene framover legges også inn i prosjekteringsverktøyet. Selskapet legger følgende data inn i kartet: steinskred, snøskred, havstigning, skredhendelser, løsmasseflater og flomsoner for de ulike vassdragene. Figur 11 viser et eksempel på et slikt kart. Røde områder viser områder som er utsatt ved havnivåstigning på opptil 1 meter. De brune områdene er utsatt til ved havnivåstigning på mellom 1 og 2 meter.

Figur 11: Eksempel på bruk av kart for å synliggjøre utsatte områder



Kilde: Lyse Elnett

Selskapet har krav om klimatilpasning og at det tas hensyn til fremtidige klimautfordringer i prosjektering av nye anlegg. Havnivåstigning utgjør et eget punkt under klimatilpasningsdelen i selskapets eget prosjekteringssystem. Som selskapet selv sier, er det vanskelig å tallfeste med sikkerhet, konsekvensene av fremtidige klimaendringer. Det at selskapet har inkludert klimatilpasning i sjekklista gjør likevel at det blir vurdert og inkludert i prosjekteringsprosessen for nye anlegg.

Lyse opererer i en del av landet hvor det er umulig å bygge seg helt bort fra alle farer. Selskapet har kartlagt utsatte anlegg, og selskapet henter regelmessig inn data ved den årlige inspeksjonen av alle nettstasjoner. De har også en fullverdig fotodokumentasjon av alle anlegg, noe som gjør analysejobben enklere.

Ved prosjektering av nye anlegg skal områder som har vist seg utsatte unngås. Dersom dette ikke lar seg gjøre, skal det utarbeides en egen ROS-analyse relatert til design og utforming av anlegget. ROS-analysen skal vise hvilke designmessige tiltak som må iverksettes for at den tekniske installasjonen vil være i stand til å håndtere miljøpåvirkningen.

Selskapet understreker at det viktige er å sette ting i system og jobbe systematisk med problemstillingene. På den måten kan man bli mer klar over og bevisst den risiko man opererer under, og hvilke tiltak som er mulige å gjennomføre for å minske risikoen.

4.3.3 Lofotkraft

Lofotkraft er et regionalt energikonsern som opererer i hele Lofoten. Konsernet eies av de seks Lofotkommunene. Lofotkraft AS er et heleid datterselskap av Lofotkraft Holding AS, og selskapets formål er virksomhet tilknyttet overføring av elektrisk energi, og annet som står i forbindelse med dette. Selskapet eier og driver regionalnettlinjene i Lofoten, i tillegg til distribusjonsnettet i konsesjonsområdet. Selskapet er også ansvarlig for vakt og beredskap for elektrisitetsnettet i Lofoten (Lofotkraft 2014).

Kartlegging og oversikt over egen sårbarhet

Lofoten ligger værutsatt til og man er vant til å takle mye uvær. Flere steder, som for eksempel Kabelvåg, ligger lavt i forhold til dagens havnivå. I tillegg varierer tidevannshøyden mye fra nordsiden til sørsiden av Lofoten, og forskjellene øker jo lengre inn i Vestfjorden en kommer. I rapporten fra Bjerknessenteret fra 2009 ble det derfor beregnet to stormfloverdier for de fleste kommunene i Lofoten. Se tabell 4 for de utregnede verdiene for dagens 100 års returnivå for måleverdiene for kommunene i Lofoten.

Uværet Berit høsten 2011 medførte store utfordringer for Lofoten og Lofotkraft. Berit førte med seg stormflo og hadde nivåer for 100-års flom. Hele Kabelvåg sentrum lå under vann, og det ble målt ny vannstandsrekord med hele 428 centimeter, noe som var 6 cm over den gamle rekorden fra 1949.

Lofotkraft har på grunn av geografien et aktivt og bevisst forhold til klima og klimaendringer. I prosjektering og bygging av nye anlegg benytter selskapet seg av REN sine standarder. Disse standardene omtaler ikke havnivå og stormflo, og Lofotkraft har derfor laget en egen standard som inkluderer dette. I selskapets egne standarder er det fastsatt at det ikke skal bygges under bakkenivå eller i kjellere, og selskapet setter strenge krav til utbygger om at det avsettes egnet plass til de elektriske forsyningsanleggene. Det opereres i dag med kotehøyde 4 ved prosjektering av nye anlegg , noe som vil si at spenningsførende deler av anlegget skal være plassert høyere enn kote 4. Dette betyr at det i utgangspunktet ikke skal bygges noe lavere enn kote 4. Mange av de befolkede områdene i Lofoten, for eksempel deler av Værøy og mestparten av Røst, ligger derimot under denne kotehøyden, noe som betyr at det ikke alltid er mulig å unngå å bygge lavere. I de tilfeller hvor det er nødvendig å bygge under kote 4, må det foretas en risikovurdering og tiltak iverksettes.

Tabell 7: Oversikt over landheving og beregnet havstigning og stormflonivåer for kommunene i Lofotkraft sitt forsyningsområde

	År 2050 relativt år 2000			**År 2100 relativt år 2000**		
Kommune	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**100 års stormflo[23] relativt NN 1954 (usikkerhet -8 til +14 cm)**	**Land-heving (cm)**	**Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -20 til +35 cm)**	**100 års stormflo[24] relativt NN1954 (usikkerhet -20 til +35 cm)**
Røst	**11**	**20 (12-34)**	**247 (239-261)**	**21**	**69 (49-104)**	**300 (280-335)**
Moskenes[25]*	**11/12**	**20 (12-34) 20 (12-34)**	**220 (212-234) 264 (256-278)**	**22/23**	**68 (48-103) 67 (47-102)**	**273 (253-308) 317 (297-352)**
Flakstad*	**12/12**	**19 (11-33) 19 (11-33)**	**230 (222-244) 285 (277-299)**	**24/24**	**66 (46-101) 66 (46-101)**	**282 (262-317) 337 (317-372)**
Vestvågøy*	**11/12**	**20 (12-34) 19 (11-33)**	**215 (207-229) 287 (279-301)**	**23/24**	**67 (47-102) 66 (46-101)**	**267 (247-302) 339 (319-374)**
Vågan*	**12/13**	**19 (11-33) 18 (10-32)**	**219 (211-233) 288 (280-302)**	**25/26**	**66 (46-101) 64 (44-99)**	**271 (251-306) 339 (319-374)**
Værøy*	**12/12**	**19 (11-33) 19 (11-33)**	**243 (235-257) 256 (248-270)**	**25/25**	**66 (46-101) 66 (46-101)**	**295 (275-330) 307 (287-342)**

Kilde: Vasskog et. al 2009: 25

Kontakt med kommuner og lokalbefolkning

I likhet med de andre selskapene, er også Lofotkraft avhengig av en dialog med kommunene med tanke på utbygging og prosjektering av nye anlegg. Selskapet opplever at det ikke er gjort en god nok jobb i kommunene med tanke på tilpasning til fremtidig havnivåstigning og stormflo. Noen kommuner har vært i kontakt med selskapet, mens andre ikke. Selskapet ønsker og forsøker å komme tidlig inn i prosessene med reguleringsplaner, og synes selv det stort sett har fungert bra. Det å prøve å unngå bygging under kote 4 var et felles vedtak med kommunene i 2012.

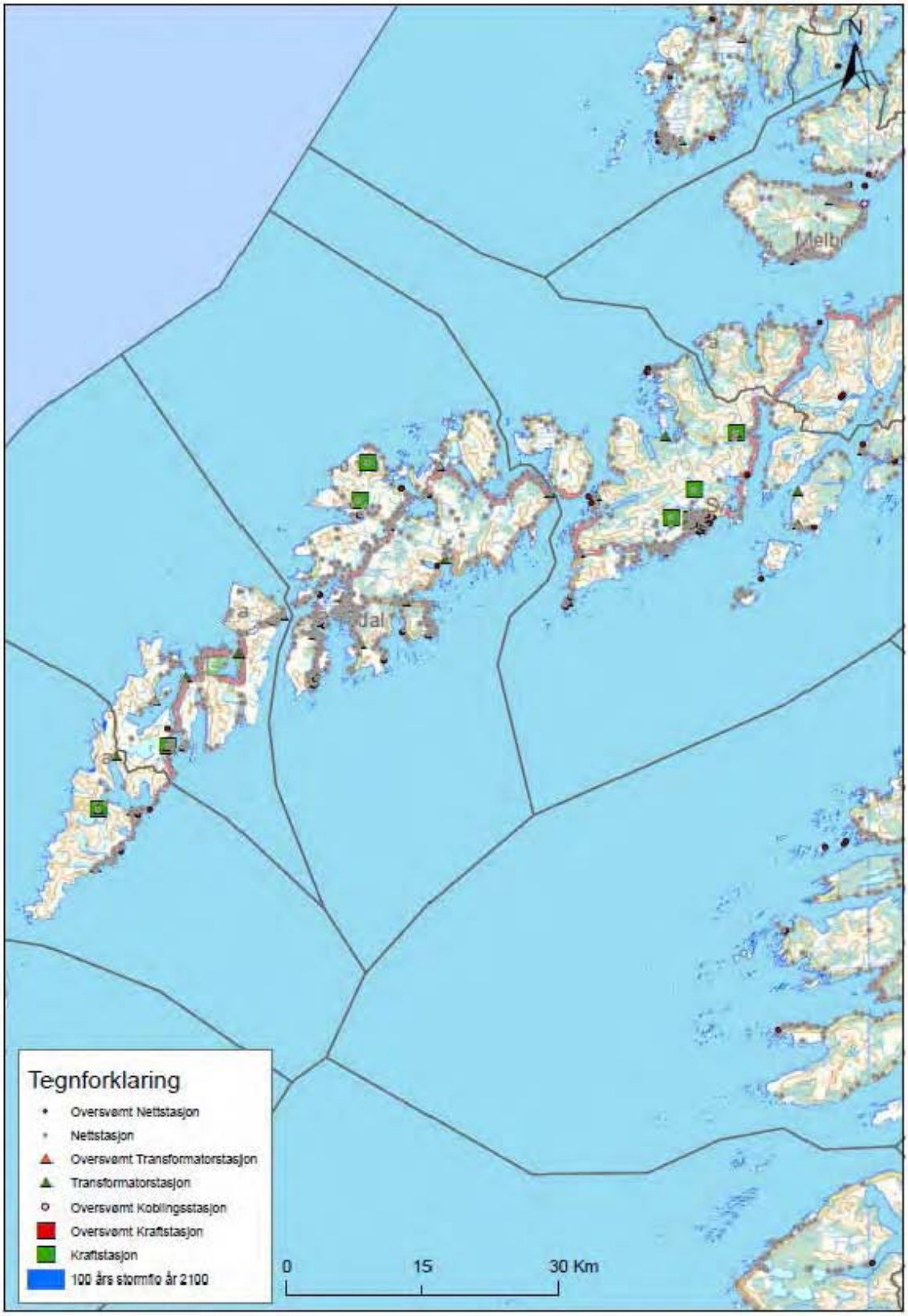
Selv om selskapet ikke har en systematisk kontakt med kommunene i utbyggingssaker, så synes de å ha et konstruktivt og godt forhold til folk som bor i utsatte områder. Selskapet fremhever verdien av god lokalkunnskap og det å kunne skape en felles forståelse av problemstillingen med berørte kunder. Det å skape en lokal forankring og felles forståelse for utfordringene kan gjøre prosessene med prosjektering og plassering av nye anlegg mindre konfliktfylt.

[23] Intervallet som er oppgitt for stormflo i tabellen, tar kun hensyn til usikkerheten i havstigning. I tillegg kommer en usikkerhet i stormflonivået som ikke er tallfestet, men diskutert i del 3.2 og 3.3 av rapporten. Denne ekstra usikkerheten er ansett for å være relativt liten ved de faste vannstandsmålerne, men øker jo lenger unna vi kommer fra de faste målestasjonene, og kan derfor være stor i enkelte områder (Vasskog et. al 2009: 25).

[24] Se kommentar fotnote 15.

[25] * = Kommune med to målepunkter. Nord/Sør

Figur 12: Oversikt over utsatte installasjoner i Lofoten[26]



[26] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

Figur 13: Kartutsnitt over området som inkluderer Svolvær, Kabelvåg og Henningsvær[27]

5 Eksisterende krav og anbefalte tiltak

Dette prosjektet har hatt som formål å kartlegge hvilke konsekvenser havnivåstigning og stormflo vil kunne ha for energiforsyningen. I takt med økte forventninger om stabil strømforsyning, har samfunnets avhengighet av elektrisitet ført til at konsekvensene av et strømbrudd kan bli større enn tidligere. Spørreundersøkelsen som ble gjennomført blant KBO-enhetene i 2012 viste et øyeblikksbilde over klimatilpasningsstatus generelt og havnivåstigning og stormflo spesielt (jf. kap. 4.1). Hovedfunnene fra spørreundersøkelsen kan oppsummeres slik:

- 51 % av KBO-enhetene har avdekket mulig risiko og sårbarhet ved egne eksisterende anlegg som følge av fremtidig havnivåstigning og stormflo.
- 59 % av de KBO-enhetene som har anlegg eller konsesjonsområder som strekker seg mot strandsonen har vurdert risiko og sårbarhet for fremtidig havnivåstigning i planleggingen av nye anlegg

Undersøkelsen viste at mange selskaper allerede er klar over fremtidige farer ved økt havnivåstigning og stormflo. Samtidig viste undersøkelsen at mange selskaper som er

[27] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

lokalisert i utsatte områder ikke konkret har tatthøyde for dette i sine vurderinger og prosjekteringer av nye anlegg.

Det er sannsynlig at fremtidens klima i Norge kan bli varmere, villere og våtere, noe som vil kunne bety mer nedbør, høyere temperatur og høyere havnivå. Nye områder vil kunne bli utsatt og måtte tåle uvante naturmessige påkjenninger. Værfenomener som noen steder ikke regnes som ekstreme kan for andre steder i landet bety ekstreme påkjenninger. Uavhengig av hvor en befinner seg vil man måtte ta hensyn til et klima i endring. Dette gjelder både myndigheter og selskaper. Det vil kunne bli behov for å tenke nytt, og stille krav om å legge nye hensyn til grunn for beslutninger og vedtak.

5.1 Krav fra NVE

5.1.1 Konsesjonsbehandlingen

I Norge er det energimyndighetene som gir konsesjon til utbygging av energianlegg[28]. Energilovens § 3-1 om konsesjon på anlegg, med utdyping i energilovforskriften, fastslår at elektriske anlegg med spenning over 1000 volt ikke kan bygges, eies eller drives uten konsesjon. Dette gjelder også for ombygging eller utvidelse av bestående anlegg. Kravene til utforming og innhold i konsesjonssøknader er hjemlet i energiloven § 2-1 og utdypet i energilovforskriften § 3-2.

Ifølge energilovforskriftens § 3-3 er det normalt kun anlegg med spenningsnivå over 22 kV som krever anleggskonsesjon. For anlegg på lavere spenningsnivå bygger nettselskapene sine anlegg i henhold til områdekonsesjonen, som gis i henhold til § 3-2 i energiloven. For disse anleggene gjelder kravene i plan- og bygningsloven og TEK 10.

Anlegg for overføring og omforming av energi som krever anleggskonsesjon, er som nevnt, unntatt fra de fleste kravene i plan- og bygningsloven, se energiloven § 3-1, 3. ledd jfr plan- og bygningsloven § 1-3, 2. ledd. Det er bare bestemmelsene om konsekvensutredninger i kapittel 14, sammen med kapittel 2 om stedfestet informasjon som gjelder for disse anleggene. Selv om kravene i plan- og bygningsloven og byggteknisk forskrift (TEK 10) ikke gjelder direkte, vil kravene i TEK 10 gi god veiledning med hensyn til hvilke hensyn som bør tas når anlegget skal plasseres, se særlig § 7-2 om sikkerhet mot flom og stormflo.

Tallene fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009), samt NVEs egne GIS-data viser at enkelte områder er potensielt mer utsatt for havnivåstigning og stormflo enn andre. Energiloven og forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (beredskapsforskriften) setter krav til sikring av energiforsyningsanlegg. En konsesjonssøknad må inneholde informasjon om beredskapsmessige forhold som er av betydning for bygging, ombygging, utvidelse og drift av anlegget. Boksene nedenfor er tatt fra NVEs veileder for utforming av søknader om anleggskonsesjon for kraftoverføringsanlegg, veileder 4-2013.

[28] "Konsesjonsmyndigheten brukes som samlebetegnelse på de organer som er formelt ansvarlig for behandlingen av konsesjonssøknader. Det er Olje- og energidepartementet (OED) og NVE som er ansvarlige for konsesjonsbehandlingen".

Boks 1: Krav til sikkerhet og beredskap

Konsesjonssøknaden må inneholde informasjon om beredskapsmessige forhold som er av betydning for bygging, ombygging, utvidelse og drift av anlegget.

- Det må gjøres en vurdering av risiko for og konsekvenser av naturgitt skade på anlegget. Eksempler på naturgitt skade er skred (snø, kvikkleire, jord, m.m.), trefall, stormflo, flom, uvær, hakkespett o.l.
- Det må gjøres en vurdering av anleggets plassering, planløsning og utforming ut fra påregnelige risikoforhold. Herunder skal også anleggets robusthet vurderes for f.eks. valgt mastetype, konstruksjon og dimensjonering av anlegg og anleggskomponenter. Alternative løsninger skal diskuteres.
- Tilgang til vedkommende anlegg/anleggsdel mht. reparasjoner og feilretting i ekstraordinære situasjoner, f.eks. valg av ledningstraseer og transportmuligheter for tyngre reservedelskomponenter og reparasjonsutstyr, må beskrives og vurderes. Herunder må reparasjonstider og behov for reservemateriell og utstyr beskrives.

Kilde: NVE 2013: 24

Kulepunkt to i boks 1 viser til behovet for at det gjøres en vurdering av plassering og utforming sett ut fra risikoforholdene. Selv om klimaendringer ikke er nevnt spesielt, legger NVE til grunn at teksten kan tolkes slik at risikoen skal vurderes for hele levetiden for det omsøkte anlegget. Dersom risikoen knyttet til klimaendringer er antatt å øke i omsøkt periode, så må det vurderes hvilke følger dette kan ha for anlegget. Nye former for risiko kan fremkomme, og bør dermed også inkluderes i en slik vurdering.

Boks 2: Krav til sikkerhet mot flom og skred

- I vurderingen av om anleggene kan være utsatt for flom eller skred, må det vises til eksisterende kartlegging av området (hhv. NVE Atlas og Skrednett.no). Hvis området ikke er kartlagt, skal det utføres en vurdering av eventuell fare for skred og flom, for eksempel med bakgrunn i veiledningen "Flaum- og skredfare i arealplanar", NVE 2/2011.

- For transformator- og koblingsstasjoner med tilhørende bygg og bianlegg må det legges til grunn tilsvarende sikkerhet som gitt i krav i kap. 7 i forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10 - Byggteknisk forskrift) av 26.03.2010 nr. 489.

- I det tilfelle anlegget ligger i flom- eller skredutsatt område må det utføres en kompetent vurdering av fareområde, gjentakelsesfrekvens og aktuelle tiltak. Søker må angi og begrunne sikkerhetsklasse, samt vurdere tiltak, jf. §§ 7-2 og 7-3 i forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK 10). Direktoratet for byggkvalitet har utgitt en veileder til forskriften. For transformatorstasjoner bør vurderingen av sikkerhetsklasse etter TEK 10 ta utgangspunkt i anleggets klasse etter beredskapsforskriften § 5-2.

Kilde: NVE 2013:24-25

Det er anlegg i distribusjonsnettet, som normalt bygges i henhold til områdekonsesjonen, som på grunn av sin plassering vil være mest utsatte ved stormflo og en fremtidig havnivåstigning. Områdekonsesjoner er omfattet av bestemmelsene i plan- og bygningsloven og TEK 10. Det stilles for eksempel krav til plasseringen av bygg, se TEK 10 § 7-2 som gjelder sikkerhet mot flom og stormflo.

5.1.2 Tilsyn og beredskap

NVE fører tilsyn med energiforsyningens etterlevelse av forskrift om forebyggende sikkerhet og beredskap i energiforsyningen (beredskapsforskriften (bfe)) er en av forskriftene det føres tilsyn etter. Den setter, som allerede nevnt, krav til sikring av energiforsyningsanlegg, og stiller klare krav til alle enheter innen Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO) om å arbeide systematisk med tiltak for å forebygge og håndtere ekstraordinære hendelser som kan skade eller hindre energiforsyningen. [29]

Beredskapsforskriften stiller krav om risiko og sårbarhetsanalyser:

Alle KBO-enheter skal gjennomføre risiko- og sårbarhetsanalyser knyttet til ekstraordinære forhold. Analysene skal ha et slikt omfang at enheten kan identifisere risiko og sårbarhet ved alle funksjoner, anlegg og tiltak av betydning for å oppfylle kravene i forskriften. Analysene skal minimum gjennomgås årlig og oppdateres ved behov (§ 2-4).

[29] Kraftforsyningens beredskapsorganisasjon (KBO) omfatter også viktige fjernvarmeselskap.

Gode risiko- og sårbarhetsanalyser vil hjelpe selskapene med å identifisert risiko- og sårbarhet som kan redusere eller true virksomhetens evne til å fungere. Formålet med å identifisere risiko og sårbarhet ved ekstraordinære hendelser knyttet til teknisk svikt, naturgitt skade eller påført skadeverk er å sortere mellom det som kan forebygges, for eksempel gjennom sikringstiltak, og det som må håndteres ved hjelp av beredskapsplanverket.

Det er viktig at selskaper i utsatte områder i forbindelse med risiko- og sårbarhetsanalysene vurderer hvordan stormflo og fremtidig havnivåstigning eventuelt kan påvirke både selve installasjonene, men også transportberedskap og kommunikasjonsforhold.

Krav til sikring av det enkelte anlegg, avhenger av hvilken klasse et anlegg har (1 til 3). Skade eller havari som følge av stormflo skal vurderes på linje med andre naturgitte hendelser.

NVE følger opp forventningen om at eventuelle utfordringer knyttet til stormflo blir analysert av selskapene dette er relevant for, gjennom tilsynsvirksomheten.

5.2 Anbefalinger til selskaper

Det er forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK10) som trekker opp grensen for det som anses som minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. Forskriften skal på den måten sikre at tiltak planlegges, prosjekteres og utføres ut fra hensyn til god visuell kvalitet og universell utforming, samt at tiltaket oppfyller tekniske krav til miljø, sikkerhet, helse og energi (Direktoratet for byggkvalitet 2011).

Kommuner kan gjennom plan- og bygningsloven styre ny utbygging og infrastruktur til områder som er mindre utsatt for naturmessige påkjenninger som for eksempel stormflo, havnivåstigning og bølgepåvirkning. Kommunen som planmyndighet har ved ny bebyggelse mulighet til å påvirke det enkelte byggverk og stille krav til plassering og utforming (DSB 2013).

Anlegg for overføring eller omforming av elektrisk energi er unntatt fra kravene i plan- og bygningsloven, se energiloven § 3-1 jf pbl § 1-3. Det er NVE som gjennom konsesjonsbehandlingen følger opp at det stilles tilsvarende krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger som ellers følger av TEK 10 kapittel 7.

Det har tidligere vært lite fokus på havnivåstigning, men man ser nå et økende fokus også på denne problemstillingen. Det har av mange vært ansett som noe som tilhører en fjern fremtid, og dermed ikke verdt å ta hensyn til nå. Dette kan imidlertid vise seg å være en kostbar holdning, da byggene og konstruksjonene som settes opp nå, har en forventet levetid som langt overskrider den som er benyttet i prognosene som legges til grunn for fremtidig havnivåstigning. Bjerknessenteret opererer med tall for 2050, og de fleste av de elektriske anleggene som bygges i dag forventes å ha en levetid som overskrider dette med god margin.

For eksisterende anlegg kan det vise seg vanskelig å iverksette avbøtende tiltak for å hindre sjøvann i å trenge inn dersom de ligger utsatt til. Et aktuelt tiltak kan være å flytte anlegget opp i tilstrekkelig høyde over havnivå, eller det kan gjøres tilpasninger for å hindre skader. En flytting av et anlegg vil imidlertid kunne være en omfattende og

kostnadskrevende prosess, og det kan også vise seg vanskelig i byer og tettbygde strøk hvor behovene for arealer er stort.

Beredskapsforskriften stiller i § 2-4 krav til selskapene om å gjennomføre risiko- og sårbarhetsanalyser knyttet til ekstraordinære forhold. I denne forbindelse vil det være naturlig at det også inkluderes analyser som omfatter stormflo og havnivåstigning. Som det fremgår av analysen i kapittel 4.2, er det et stort antall anlegg som ligger utsatt til og vil kunne bli berørt av havnivåstigningen, både på kort og lang sikt.

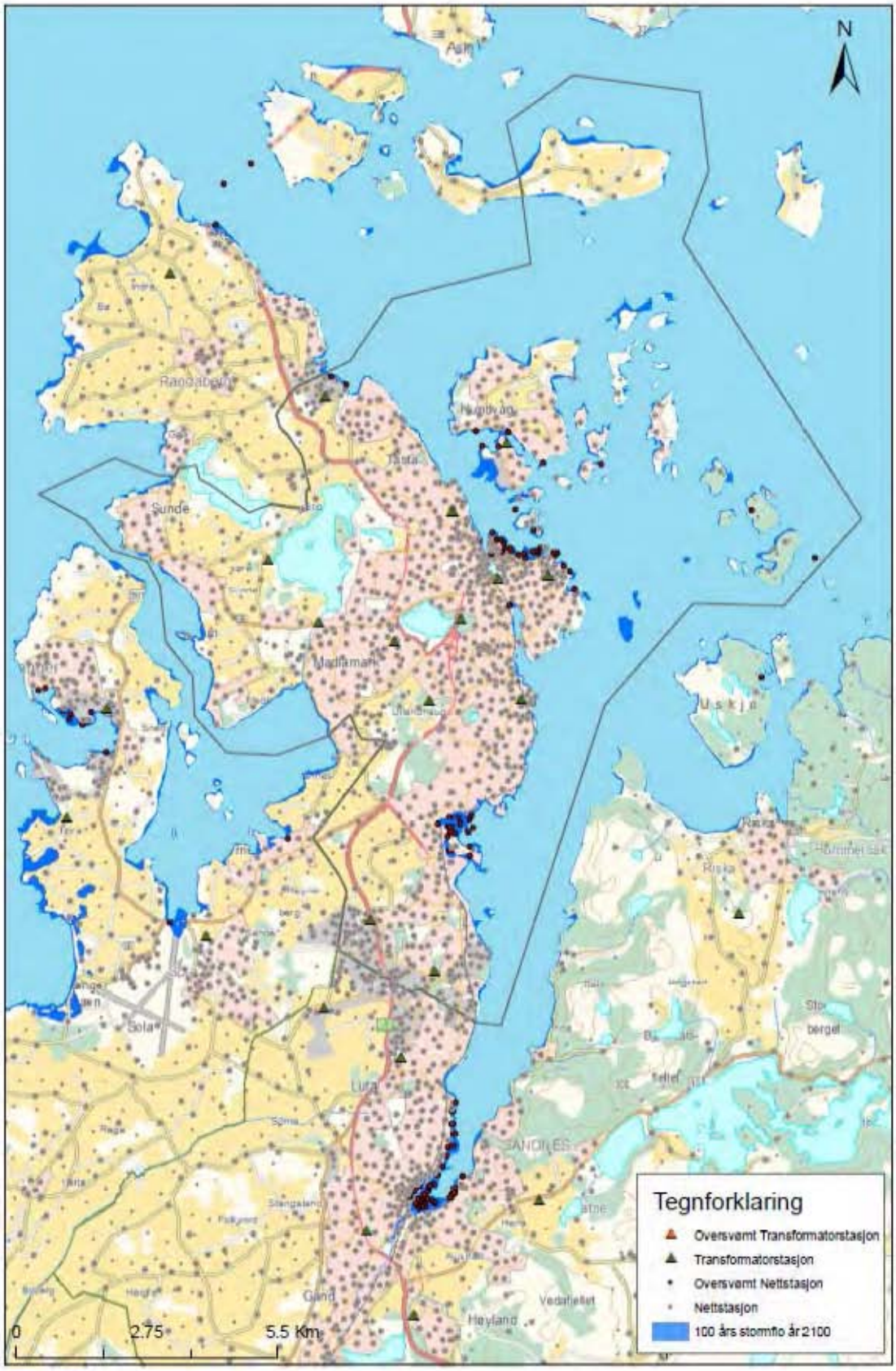
Det er planer om stor byggeaktivitet i energibransjen i årene som kommer, noe som kan by på utfordringer for både utbyggere og kommuner. I prosessen med å bygge nye anlegg bør det en tenke langsiktig og vurdere mulige klimatilpasningstiltak både i planleggings- og byggefasen. Dette vil sannsynligvis være kostnadsbesparende i et lengere perspektiv.

Et viktig element i ”føre var” tankegangen til selskapene er god dialog med kommunene. Det å få tidlig tilgang til utbyggingsplaner og å sikre god dialog med kommunene om behov og ønsker kan spare selskapene for både tid og penger. Det anbefales derfor å etablere gode rutiner og lage et system som sikrer en slik dialog og oppfølging. Selskaper som opererer i områder med stor byggeaktivitet bør vurdere å ha medarbeidere som har ansvar for dialogen med kommunene, for slik å sikre gode prosesser som ivaretar selskapenes interesser og verdier.

Det å være informert er ikke alltid nok for å skape motivasjon for endring og tilpasning. Forståelsen må ofte ha kommet på et slikt nivå at direkte og indirekte effekter av klimaendringer fremstår som tydelig for alle ansvarlige beslutningstakere. Stormflo er noe flere av aktørene i bransjen allerede har hatt kjennskap med. Havnivåstigning er derimot noe som hører inn under potensielle framtidige farer. Dette betyr ikke at vi ikke trenger å gjøre noe allerede nå. Energibransjen bygger infrastruktur for fremtiden, og det er derfor viktig at motivasjonen for tilpasning, også for havnivåstigning, starter i dag.

Vedlegg 1:

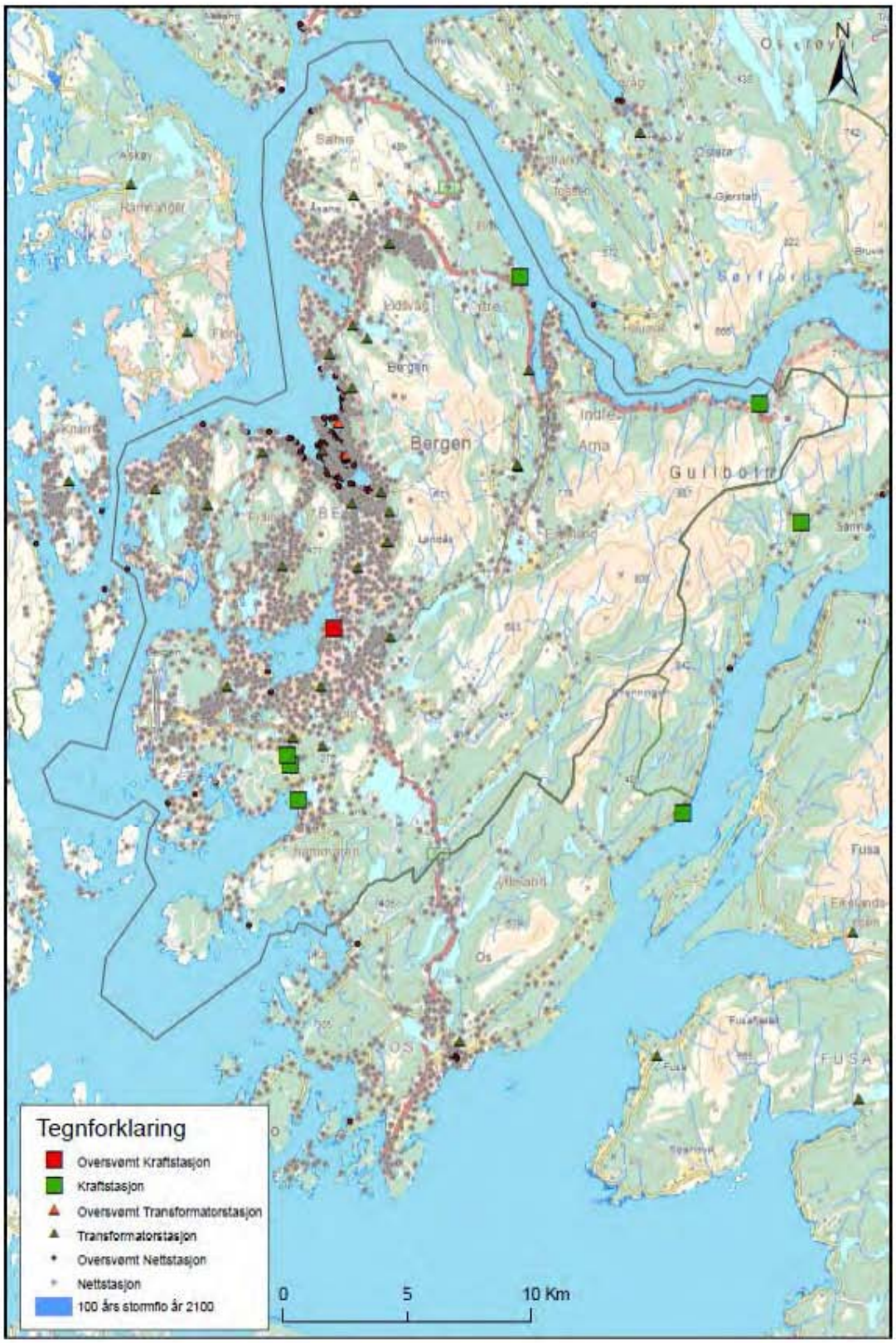
Figur 14: Oversikt over utsatte installasjoner i Stavanger kommune[30]



[30] Figur laget av Camilla Meidell Roald (NVE) basert på tall fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

Vedlegg 2:

Figur 14: Oversikt over utsatt installasjoner i Bergen kommune[31]



[31] Figur laget av Camilla Meidell Roald basert på tall fra rapport fra Bjerknessenteret (Vasskog et. al 2009)

Litteratur

AMAP (2012). "Arctic Climate Issues 2011: Changes in Arctic Snow, Water, Ice and Permafrost". SWIPA 2011 Overview Report. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo. xi + 97pp

Bahr, D. B., M. Dyurgerov, et al. 2009. Sea-level rise from glaciers and ice caps: A lower bound. *Geophysical Research Letters* 36: 4.

Barentswatch (2014) «Flere grunner til at havet stiger». Lastet ned 29.6.2014 fra

http://www.barentswatch.no/Tema/Klima-og-miljo/Klima/Havniva/

Beredskapsforskriften. FOR-2002-12-16-1606. (2014) lastet ned 25.5.2014 fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-07-1157

BKK (2014) «Kort oversikt over BKK-konsernet». Lastet ned 20.3.2012 fra http://www.bkk.no/om_oss/konsernfakta/

Byggteknisk forskrift. (FOR-2014-12-09-1552) (2015). Lastet ned 20.3.2012 fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489

Cazenave, A., Lombard, A., Llovel, W. (2008). Present-day sea level rise: A synthesis, *Comptes R. G.*, 340, 761.

Cicero (2009): «Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge». CICERO Report 2009:04 Internett: http://nou-klimatilpassing.no/enkel.aspx?m=57528

Direktoratet for byggkvalitet (2011) «Veiledning om tekniske krav til byggverk». Lastet ned 23.11.2013 fra http://byggeregler.dibk.no/dxp/content/tekniskekrav/1/

Drange, H., Marzeion, B., Nesje, A. and Sorteberg, A. 2007. Opptil én meter havstigning langs Norskekysten innen år 2100. *Cicerone* 2/2007: 29-31.

Drange, H., J.E.Ø. Nilsen, K. Richter, A. Nesje (2012). «Oppdatert framskriving av havstigning langs norskekysten». I J.E.Ø. Nilsen, Drange, H., Richter, K., Jansen, E., Nesje, A. *Endringer i fortidens, dagens og framtidens havnivå med spesielt fokus på vestlandskysten*. NERSC Special Report 89, Bergen, Norge.

DSB (2013) «Hvordan ta hensyn til havnivåstigning og stormflo?» Lastet ned 19.2.2014 fra http://www.miljodirektoratet.no/no/Klimatilpasning_Norge/Bibliotek/Veiledere/Hvordan-ta-hensyn-til-havnivastigning-og-stormflo/

Energiloven. (LOV-2014-06-20-56) (2014). Lastet ned 20.3.2012 fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1990-06-29-50

Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog og B. Ådlandsvik (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilplassing*, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo

Inderberg, T.H. and Løchen, Liv Arntzen (2012) «Adaptation to climate change among electricity distribution companies in Norway and Sweden: lessons from the field». Local Environment: *The International Journal of Justice and Sustainability*.17 (6-7): 663-678.

IPCC 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.

IPCC, 2013: «Summary for Policymakers». In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker,T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Katsman, C. A., W. Hazeleger, S. S. Drijfhout, G. J. van Oldenborgh, G. Burgers (2008), «Climate scenarios of sea level rise for the northeast Atlantic Ocean: a study including the effects of ocean dynamics and gravity changes induced by ice melt». *Climatic Change*, 91, 351–374.

King, Gary, Robert O. Keohane og Sidney Verba (1994). *Designing Social Inquiry – Scientific Infernce in Qualitative Research*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Nilsen, J.E.Ø., Drange, H., Richter, K., Jansen, E., Nesje, A. (2012) *Endringer i fortidens, dagens og framtidens havnivå med spesielt fokus på vestlandskysten*. NERSC Special Report 89, Bergen, Norge. 48 s.

Norsk Klimasenter (2009): *Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing*.

NOU 2010: 10. *Tilpassing til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane*. Miljøverndepartementet 2010

NTB (2012) «Hurricane Sandy. Store oversvømmelser og strømbrudd i New York». *Teknisk Ukeblad*, 30.oktober. Lastet ned 2.11.2012 fra http://www.tu.no/klima/2012/10/30/store-oversvommelser-og-strombrudd-i-new-york

NVE (2009): «Klimatilpasning i kraftforsyningen 2009».NVE-rapport 2009: 16.

NVE (2010): «Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100». Utredning utarbeidet for Regjeringens klimatilpassingsutvalg av NVE. Hovedrapport. Oppdragsrapport A 5/2010.

NVE (2011): «Veiledning til forskrift om beredskap i kraftforsyningen». NVE-veileder 2011: 1

NVE (2011b) «Retningslinjer for flomberegninger» http://www.nve.no/Global/Sikkerhet%20og%20tilsyn/Damsikkerhet/Retningslinjer/Retningslinje%20for%20flomberegninger%202011.pdf

NVE (2012) «Visuelle virkninger av transformatorstasjoner» http://www.nve.no/Global/Konsesjoner/Nett/rapport2012_63.pdf

NVE (2013) «Veileder for utforming av søknader om anleggskonsesjon for kraftoverføringsanlegg», lastet ned 25.02.2014 fra http://www.nve.no/Global/Konsesjoner/Nett/Veileder/Veileder%2021022014.pdf

NVE (2013b) *Energi i Norge*. NVE

NVE (2014) «Veileder for utforming av melding om bygging av kraftoverføringsanlegg. Meldinger etter plan- og bygningsloven kap. 14 og tilhørende forskrift om konsekvensutredninger», lastet ned 10.05.2014 fra http://www.nve.no/Global/Konsesjonsveiledere/Forskrift%20om%20konsekvensutredning/Veileder%20for%20utforming%20av%20melding%20om%20kraftoverf%C3%B8ringsanlegg.pdf

Pfeffer, W. T., J. T. Harper, et al. 2008. Kinematic constraints on glacier contributions to 21st-century sea-level rise. *Science* 321(5894): 1340-1343.

Prop. 112 L (2010-2011). «Endringer i energiloven og i enkelte andre lover». Lastet ned 25.8.2012 fra https://www.regjeringen.no/nb/dokumenter/prop-112-l-20102011/id642213/

Rahmstorf, S. 2007. «A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise». *Science* 315: 368-370.

Rosvold, Knut A. (2012) *Transformatorstasjon*. I Store Norske leksikon. Hentet 23.11.2013 fra http://snl.no/transformatorstasjon.

Statens Kartverk (1996) *Norges offisielle høydesystem og referansenivåer*. Statens Kartverk.

Statens Kartverk (2003) *Valg av metode for beregning av sjøkartnull (K0) og Z0 for norske havområder*. Statens Kartverk

Statens Kartverk (2009) *Norges offisielle høydesystemer og referansenivåer*. Statens Kartverk.

Staten Kartverk Sjø (2003) «Valg av metode for beregning av sjøkartnull (K0) og Z0 for norske havområder». Lastet ned 24.8.2012 fra http://vannstand.no/attachments/084_GEO03-1_Valg_av_metode_for_beregning_av_sjkartnull_og_Z0_for_norske_havomrder.PDF

St.meld. 14 (2011-2012).2014) *Vi bygger Norge – om utbygging av strømnettet*. Olje- og energidepartementet

Store norske leksikon (2005 - 2007). *Kortslutning*. Hentet 25.2.2014 fra http://snl.no/kortslutning

Sælen, Odd Henrik & Weber, Jan Erik (2009). *Tidevann*. I Store norske leksikon. Hentet 21.november 2013 fra http://snl.no/tidevann

Tørresen, Tor (2012) «Hva er stormflo?» Lastet ned 25.10.2013 fra http://www.sehavniva.no/tema/stormflo/hva-er-stormflo/

Tørresen (2012b) «Hva er tidevann og vannstand?» Lastet ned 25.10.2013 fra http://sehavniva.no/tema/tidevann-og-vannstand/hva-er-tidevann-og-vannstand/

Vasskog, Kristian, Drange H., Nesje A. *Havninvåstigning, Estimater av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner, revidert utgave 2009*. DSB, Det nasjonale klimatilpasningssekretariatet

Vestøl, O. 2006. Determination of postglacial land uplift in Fennoscandia from levelling, tide-gauges and continuous GPS stations using least squares collocation. *Journal of Geodesy* 80: 248-258.

Weber, Jan Erik (2009) *Stormflod*. I Store norske leksikon. Hentet 21.november fra http://snl.no/stormflod

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Rapportserien i 2015

Nr. 1 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 3.1. Andrea Taurisano/NIFS.
Nr. 2 Kostnader i Energisektoren. Kraft, varme og effektivisering. David Weir.
Nr. 3 Mulige effekter av havnivåstigning og stormflo på norsk energiforsyning.

Norges vassdrags- og energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no