

Vestlandsforskinsrapport nr. 13/2019

Del 2: Utredning av konsekvensar av klimaendringar på natur og samfunn i Rogaland; utfordringar, moglegheiter og prioriteringar

Marta Jansen, Carlo Aall, Kyrre Groven



Vestlandsforskning rapport

Tittel:

Del 2: Utredning av konsekvensar av klimaendringar på natur og samfunn i Rogaland; utfordringar, moglegheiter og prioriteringar

Rapportnummer

13/2019

Dato 06.01.2020

Prosjekttittel

Utredning av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – utfordringer, muligheter og prioriteringar

Tal sider 147

Prosjektnr 6530

Forskarar

Marta Jansen, Kyrre Groven

Prosjektansvarleg

Carlo Aall

Oppdragsgjevar

Rogaland fylkeskommune

Emneord

Fylkeskommune,
klimapolitikk, klimatilpassing

Samandrag

Rapporten gir ei vurdering av korleis forventa endringar av klima og samfunn kan påverke Rogaland fram mot 2050 og gjer framlegg om tiltak for tilpassing til klimaendringar. Rapporten kan også lesast som eit framlegg til metode for korleis vurdere påverknad, sårbarheit, eksponering og risiko knytt til klimaendringar.

Andre publikasjonar frå prosjektet

Aamaas, B., Berg, A. (2019): Del 1: Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland. Rapport 2019:19. Oslo: CICERO.

ISBN: 978-82-428-0409-9

Pris: 100 kroner

Forord

I juni 2019 lyste Rogaland fylkeskommune ut prosjektet «Utredning av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland – utfordringer, muligheter og prioriteringer», og et konsortium med utgangspunkt i Norsk senter for berekraftig klimatilpassing (Noradapt) blei tildelt oppdraget. Desse var Vestlandsforskning (prosjektleder), Norce, CICERO og met.no.

Prosjektet skal ifølgje konkurransegrunnlaget inngå som ein viktig del av utgreiingsarbeidet til Regionalplan for klimatilpassing i Rogaland. Det er tre leveransar frå prosjektet

1. Ei overordna analyse av konsekvensar av klimaendringar på natur og samfunn i Rogaland (ansvar CICERO)
2. Ei analyse av sårbare og robuste areal i Rogaland (ansvar Vestlandsforskning i samarbeid med Norce samfunn)
3. Skisse til ein metode for utarbeiding av lokale klimaprofilar (ansvar Norce klima og met.no)

Denne rapporten er leveranse 2, mens følgjande er rapport for del 1: Aamaas, B., Berg, A. (2019): *Del1: Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland*. Rapport 2019:19. Oslo: CICERO.

Prosjektet er finansiert av Rogaland fylkeskommune gjennom midlar frå Miljødirektoratet.

Sogndal, 20.01.2020.

Carlo Aall (prosjektleder)

Marta Jansen

Kyrre Groven

Innhold

TABELLAR OG FIGURER	5
SAMANDRAG	8
INNLEIING	11
BAKGRUNN	11
METODE	11
SCENARIO FOR SAMFUNNSUTVIKLING	13
VERKNADSKJEDE-ANALYSE	15
KLIMATILPASSING	17
GJENNOMFØRING AV PROSJEKTET	18
OVERVATN	20
SPØRJEUNDERSØKING OM OVERVASSHANDTERING	20
VERKNADSKJEDE-ANALYSE	32
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	46
FLAUM	50
VERKNADSKJEDE-ANALYSE	50
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	60
HAVNIVÅ OG STORMFLO	62
VERKNADSKJEDE ANALYSE	62
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	73
SKRED	75
VERKNADSKJEDE ANALYSE	75
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	86
VIND	88
VERKNADSKJEDE ANALYSE	88
STRATEGIAR FOR KLIMATILPASSING	94
TØRKE	96
VERKNADSKJEDE ANALYSE	96
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	104
VEKSTSESONG	106
VERKNADSKJEDE ANALYSE	106
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	114
ØKOSYSTEM PÅ LAND	115
VERKNADSKJEDE ANALYSE	115
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	124
HAVFORSURING OG MARINE ØKOSYSTEM	126
VERKNADSKJEDE-ANALYSE	126
AKTUELLE TILTAK FOR KLIMATILPASSING	133
OPPSUMMERING OG KONKLUSJON	135
PÅVERKNAD	135
EKSPONERING FOR BRÅ HENDINGAR	135
EKSPONERING FOR GRADVISE ENDRINGAR	139
SÅRBARHEIT	140
KLIMARISIKO	141
SAMFUNNSSCENARIO FOR ROGALAND	142
KLIMATILPASSING	145
REFERANSAR	147

Tabellar og figurer

TABELL 1 MATRISE FOR VURDERING AV KLIMARISIKO.....	16
TABELL 2 HOVDKATEGORIER AV KLIMATILPASSINGSTILTAK (AALL, 2011).....	17
TABELL 3 VURDERING AV SÅRBARHEIT FOR OVERVASSPROBLEM I DAG, TAL RESPONDENTAR ETTER DISTRIKT (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=17).....	22
TABELL 4 FORDELING MELLOM AREALBRUKSKATEGORIER FRÅ SSBs AREALBRUKSSTATISTIKK I 2011, SNITT FOR 55 TETTSTADER I ROGALAND.	42
TABELL 5 MATRISE FOR VURDERING AV RISIKO KNYTT TIL OVERVASSHENDINGAR.....	45
TABELL 6 EKSISTERANDE NYARE FLAUMSONEKART OG FLAUMBAREKNINGAR I ROGALAND (HENTA FRÅ NVE).....	52
TABELL 7 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR FLAUM I ROGALAND.....	59
TABELL 8 BEHOV FOR SIKRINGSTILTAK MOT FLAUM IDENTIFISERT AV NVE.....	61
TABELL 9 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR HAVNIVÅAUKE OG STORMFLO I ROGALAND.....	73
TABELL 10 NYARE VURDERINGAR AV FARESONER I BRATT TERRENG I ROGALAND (HENTA FRÅ NVE).....	77
TABELL 11 UTSETTE OBJEKT LOKALISERT I SKREDFARESONER I ROGALAND (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019).....	77
TABELL 12 RESULTAT FRÅ KLIMARISIKOVURDERINGA PÅ DELSTREKNINGA AGDER-HARESTAD FOR STATENS VEGVESEN.....	81
TABELL 13 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR SKRED I ROGALAND.....	85
TABELL 14 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR VINDSKADE I ROGALAND.....	94
TABELL 15 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR TØRKE I ROGALAND.....	103
TABELL 16 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR VEKSTSESONG I ROGALAND.....	113
TABELL 17 NATURTYPAR SOM KAN BLI UTSETT FOR OVERSVØMMING I ROGALAND FRAM MOT 2090. RAUD SKRIFT INDIKERER RAUDLISTA NATURTYPE.	119
TABELL 18 VURDERING AV KLIMARISIKO FOR ØKOSYSTEM I ROGALAND.....	123
TABELL 19 VURDERING AV RISIKO KNYTT TIL KYSTNÆR HAVFORSURING I ROGALAND.....	132
TABELL 20 OPPSUMMERING AV STATUS NÅR DET GJELDER KUNNSKAP OM KORLEIS KLIMAENDRINGAR PÅVERKAR NATUR OG SAMFUNN (AALL MFL, 2018).....	139
TABELL 21 EKSPONERINGSFAKTORAR MED REGISTRERTE KONFLIKTOMRÅDE I ROGALAND FORDELT PÅ FIRE ANALYSERTE TEMA SOM OMHANDLAR GRADVISE KLIMARELATERTE ENDRINGAR.....	140
TABELL 22 SAMANSTILLING AV TAL SÅRBARHEITSAKTORAR GRUPPERT UNDER HOVDKATEGORIER AV SÅRBARHEIT FOR DEI ULIKE ANALYSETEMA.....	141
TABELL 23 INNORDNING AV SCENARIOA FRÅ «PERSPEKTIV 2050 – JÆREN» I SELSTAD (2008; 2010) SIN MODELL FOR DRIVARAR SOM KAN PÅVERKE SAMFUNNET SI EKSPONERING FOR KLIMAENDRINGAR.....	143
TABELL 24 MOGELEG ENDRING I IDENTIFISERT KLIMARISIKO FOR DEI TEMA SOM INNGÅR I DENNE ANALYSEN KAN BLI PÅVERKA AV UTVIKLINGA INNEBYGD I DEI TRE SCENARIOA FRÅ «PERSPEKTIV 2050 – JÆREN».....	145
TABELL 25 SYSTEMATISERING AV FRAMLEGG TIL AKTUELLE KLIMATILPASSINGSTILTAK FOR ROGALAND FYLKESKOMMUNE.....	146
FIGUR 1 ANALYTISK INNRETNING AV OG ARBEIDSDELING I PROSJEKTET.....	11
FIGUR 2 EKSEMPEL PÅ KORLEIS FYLLE UT EIT VERKNADSKJEDE-OPPSETT.....	13
FIGUR 3 MODELL FOR ANALYSE AV DRIVARAR SOM PÅVERKAR SAMFUNNET SIN EKSPONERING FOR KLIMAPÅVERKNAD (TILPASSA ETTER SELSTAD, 2008).....	14
FIGUR 4 VURDERING AV SÅRBARHEIT OVERFOR OVERVASSPROBLEM I DAG (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=17). DATAETIKETTANE VISER TAL RESPONDENTAR.	22
FIGUR 5 VURDERING AV NOKRE OVERVASSSTILTAK (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=16). DATAETIKETTANE INNI SØYLENE VISER TIL TAL RESPONDENTAR. DEI FULLSTENDIGE SVARALTERNATIVA ER GJENGITT I TEKSTEN.	24
FIGUR 6 KRAV STILT I UTBYGGINGSSAKER I PERIODEN 2010-2014 I ROGALANDSKOMMUNANE (N=16). DATAETIKETTANE INNI SØYLENE VISER TIL TAL RESPONDENTAR. DEI FULLSTENDIGE SVARALTERNATIVA ER GJENGITT I TEKSTEN.	25
FIGUR 7 GRADEN AV RUTINISERING AV VA-KRAV I UTBYGGINGSSAKER SISTE 5 ÅR, FORDELT PÅ DEI FIRE DISTRIKTA I ROGALAND (2014).	26
FIGUR 8 OVERVASSANSVARLEGE I ROGALANDSKOMMUNANE SIN KJENNSKAP TIL ULIKE TYPAR LOH-ANLEGG I EIGEN KOMMUNE I 2014 (SAME RESPONDENT KUNNE SVARE FLEIRE ALTERNATIV).	28
FIGUR 9 BRUK AV VERKEMIDDEL FOR Å STIMULERE TIL INNØFØRING AV LOH (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=14).....	29

FIGUR 10 BRUK AV VERKEMIDDEL FOR Å STIMULERE TIL INNFØRING AV LOH, ETTER DISTRIKT (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014).	30
FIGUR 11 VURDERING AV HINDRINGAR FOR INNFØRING AV BLÅGRØNE LOH-LØYSINGAR (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=6).	31
FIGUR 12 VURDERING AV ULIKE AKTØRGRUPPER SIN KUNNSKAP OM LOH; SVAR FRÅ RESPONDENTAR FRÅ KOMMUNAR MED MINDRE ENN 12 000 INNBYGGARAR (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=7).	32
FIGUR 13 VURDERING AV ULIKE AKTØRGRUPPER SIN KUNNSKAP OM LOH; SVAR FRÅ RESPONDENTAR FRÅ KOMMUNAR MED MEIR ENN 12 000 INNBYGGARAR (KOMMUNAR I ROGALAND I 2014, N=7).	32
FIGUR 14 VERKNADSKJEDE-ANALYSE FOR TEMA URBAN FLAUM/OVERVATN UTFØRT AV ROGALAND FYLKESKOMMUNE	33
FIGUR 15 GJENNOMSNIITTEG ERSTATNINGSUTBETALING KNYTT TIL VASSINNTRENGING UTANFRÅ I 2008-2018. 1000 KR. KJELDE: FINANS NORGE.	37
FIGUR 16 GJENNOMSNIITTEG ERSTATNINGSUTBETALING PER INNBYGGAR KNYTT TIL VASSINNTRENGING UTANFRÅ I 2008-2018. KRONER/INNBYGGAR. KJELDE: FINANS NORGE.	38
FIGUR 17 KOMMUNEVIS GRADERING AV FORSIKRINGSUTBETALING FOR VASSINNTRENGING UTANFRÅ I 2008-2018 I ROGALAND DELT INN ETTER FORSKJELL FRÅ GJENNOMSNIITTEG PER KOMMUNE. KJELDE: TILPASSA FRÅ FINANS NORGE.	39
FIGUR 18 TETTSTADER I ROGALAND MED STOR DEL UTBYGD AREAL, BASERT PÅ SSBs AREALBRUKSSTATISTIKK FOR 2011. SENTRUMSOMRÅDE ER MERKA MED BLÅ FARGE.	44
FIGUR 19 VERKNADSKJEDE-ANALYSE FOR TEMAET FLAUM UTFØRT AV ROGALAND FYLKESKOMMUNE.....	50
FIGUR 20 SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING I 1000 NOK FOR FLAUM I 2007-2017 I ROGALAND; KOMMUNAR MED NYARE FLAUMSONEKARTLEGGINGAR ER MARKERT I RAUDT (KJELDE: FINANS NORGE)	53
FIGUR 21 FORSIKRINGSUTBETALING PER INNBYGGJAR FOR FLAUM I 2007-2017 I ROGALAND; KOMMUNAR MED NYARE FLAUMSONEKARTLEGGINGAR ER MARKERT I RAUDT (KJELDE: FINANS NORGE)	54
FIGUR 22 KOMMUNEVIS GRADERING AV FORSIKRINGSUTBETALING FOR FLAUM I 2007-2017 I ROGALAND DELT INN ETTER FORSKJELL FRÅ GJENNOMSNIITTEG PER KOMMUNE KJELDE: TILPASSA DATA FRÅ FINANS NORGE.	55
FIGUR 23 FORVENTA ENDRING I 200-ÅRS FLAUM (%) FRÅ PERIODEN 1971-2000 TIL 2071-2100 FOR 115 VASSDRAG I NORGE (WWW.KLIMASERVICESENTER.NO)	56
FIGUR 24 OMRÅDE MED REGISTRERTE FØREKOMSTAR AV GRUNNUREINING OG RISIKO OFR NATURSKADEHENDINGAR	57
FIGUR 25 VERKNADSKJEDE ANALYSE FOR TEMA HAVNIVÅ OG STORMFLO UTFØRT AV ROGALAND FYLKESKOMMUNE.....	62
FIGUR 26 SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING I 1000 NOK FOR STORMFLO I 2007-2017 I ROGALAND; KOMMUNAR MED GJENNOMFØRT FLAUMSONEKARTLEGGINGAR ER MARKERT I RAUDT (KJELDE: FINANS NORGE)	64
FIGUR 27 FORSIKRINGSUTBETALING PER INNBYGGJAR FOR STORMFLO I 2007-2017 I ROGALAND (KJELDE: FINANS NORGE)	65
FIGUR 28 TAL BYGNINGAR SOM KAN PÅVERKAST VED EIN STORMFLO MED 200 ÅRS GJENTAKSINTERVAL I 2019 OG 2090 (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019).....	66
FIGUR 29 LENGD VEGAR SOM KAN PÅVERKAST VED EIN STORMFLO MED 200 ÅRS GJENTAKSINTERVAL I 2019 OG 2090 (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019).....	67
FIGUR 30 ULIKE TYPAR AREAL SOM KAN PÅVERKAST VED EIN STORMFLO MED 200 ÅRS GJENTAKSINTERVAL I 2019 OG 2090 (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019).....	68
FIGUR 31 INDIKATORAR EKSPONERING FOR STORMFLO GITT DAGENS (TIL VENSTRE) OG MORGONDAGENS (TIL HØGRE) KLIMA, BASERT PÅ TAL FRÅ FINANS NORGE (TIL VENSTRE) OG ROGALAND FYLKESKOMMUNE (TIL HØGRE)	69
FIGUR 32 ENDRING AV RELATIVT HAVNIVÅ FRÅ 1986-2005 TIL 2081-2100 I SØR-NORGE (TIL VENSTRE) OG ENDRING I MIDDEL HØYVANN I 2090 (UTSNITT STAVANGER)	70
FIGUR 33 TAL OBJEKT SOM KAN BLI OVERSVØMT VED HAVNIVÅSTIGNING FRAM MOT 2090 (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019)	71
FIGUR 36 VERKNADSKJEDE-ANALYSE FOR TEMAET SKRED UTFØRT AV REPRESENTANTANE FRÅ ROGALAND FYLKESKOMMUNE	75
FIGUR 37 SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING I 1000 NOK FOR SKRED I 2007-2017 I ROGALAND; KOMMUNAR MED GJENNOMFØRT VURDERING AV FARESONER ER MARKERT I RAUDT (KJELDE: FINANS NORGE)	78
FIGUR 38 FORSIKRINGSUTBETALING PER INNBYGGJAR FOR SKRED I 2007-2017 I ROGALAND; KOMMUNAR MED GJENNOMFØRT VURDERING AV FARESONER ER MARKERT I RAUDT (KJELDE: FINANS NORGE)	79
FIGUR 39 KOMMUNEVIS GRADERING AV FORSIKRINGSUTBETALING FOR SKRED I 2007-2017 I ROGALAND DELT INN ETTER FORSKJELL FRÅ GJENNOMSNIITTEG PER KOMMUNE KJELDE: TILPASSA DATA FRÅ FINANS NORGE.	80
FIGUR 40 RESULTAT FRÅ KLIMARISIKOVURDERINGA PÅ DELSTREKNINGA AGDER-HARESTAD FOR STATENS VEGVESEN	83
FIGUR 41 VERKNADSKJEDE-ANALYSE FOR TEMAET STORM UTFØRT AV VESTLANDSFORSKING.	88
FIGUR 42 SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING I 1000 NOK FOR STORMSKADAR PR KOMMUNE I ROGALAND I 2007-2017 (KJELDE: FINANS NORGE).....	90
FIGUR 43 INDEKS FOR SAMLA UTBETALING OG UTBETALING PER INNBYGGJAR FOR STORMSKADER PER KOMMUNE I ROGALAND I 2007-2017, GJENNOMSNIITTEG FOR KOMMUNANE = 1 (KJELDE: FINANS NORGE)	91
FIGUR 44 KOMMUNEVIS GRADERING AV SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING FOR STORM I 2007-2017 DELT INN ETTER FORSKJELL FRÅ GJENNOMSNIITTEG UTBETALING PER KOMMUNE I ROGALAND (KJELDE: TILPASSA DATA FRÅ FINANS NORGE)	92

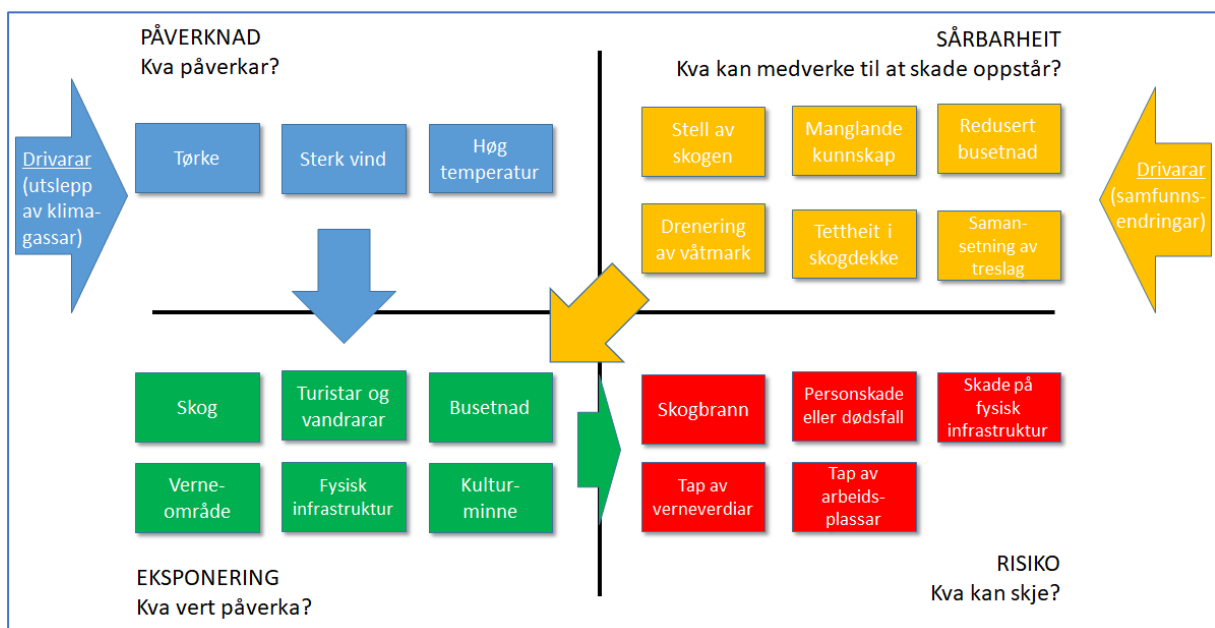
FIGUR 34 VERKNADSKJEDE ANALYSE FOR TEMA TØRKE UTFØRT AV REPRESENTANTAR FRÅ ROGALAND FYLKESKOMMUNE	96
FIGUR 35 PROGNOSE FOR GRUNNVASSTANDEN EI VEKE FRAM, TIL 13. JULI 2018 I ROGALAND. SAMANLIKNIINGSGRUNNLAGET ER GJENNOMSNITTLEG VASSTAND FOR SAME DATO I PERIODEN 1981-2010. WWW.SENORGE.NO	98
FIGUR 45 UTBETALT ERSTATNING PÅ GRUNN AV AVLINGSSVIKT I 2017 OG 2018 I ROGALAND. DEI GRØNE MERKENE ER FRÅ 2018 (TØRKE + REGN) OG DEI RAUDE FRÅ 2017 (REGN).	110
FIGUR 46 VERKNADSKJEDE ANALYSE FOR TEMA ØKOSYSTEM PÅ LAND UTFØRT AV REPRESENTANTAR FRÅ ROGALAND FYLKESKOMMUNE	115
FIGUR 47 DISTRIBUTUSJON OVER TRUA OG SÅRBARE ARTAR PÅ LAND I ROGALAND (KJELDE: HTTPS://ARTSKART.ARTSDATABANKEN.NO/APP/#MAP/).....	118
FIGUR 48 AREAL UTSETT FOR STORMFLO OG OVERSVØMMING I 2090 (ROGALAND FYLKESKOMMUNE, 2019).....	119
FIGUR 49 FORDELING AV UTVALDE NATURTYPAR OG VERNEOMRÅDE I ROGALAND (KJELDE: HTTPS://MILJOATLAS.MILJODIREKTORATET.NO/MAKARTWEB/KLIENTFULL.HTM)	121
FIGUR 50 HISTORISK pH-VERDI I HAVET GJENNOM DEI SISTE 25 MILLIONAR ÅR. UTVIKLINGA FRÅ MENNESKEAPE TIL HUMANOIDAR OG HOMO SAPIENS HAR FUNNE STAD GJENNOM MINDRE ENN HALVPARTEN AV DETTE TIDSSPENNET. KJELDE: DANNEVIG ET AL., 2019.	126
FIGUR 51 ARAGONITTMETNING PÅ 50 METERS DJUP I BUKSNESFJORDEN I LOFOTEN I 2017 (TIL VENSTRE) OG 2067 (TIL HØGRE). TERSKELVERDIAR FOR VERKNAD PÅ KALKDANNANDE ORGANISMAR ER INDIKERT MED RAUDE PILER. KJELDE: DANNEVIG ET AL., 2019.	128
FIGUR 52 TILSTAND FOR BOTNFAUNA I KYSTVATN I ROGALAND. KJELDE: VANN-NETT.NO	131
FIGUR 53 SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING I 1000 NOK FOR SKREDE, FLAUM, STORM OG STORMFLO I 2007-2017, OG VATN-INNTRENGING UTANFRÅ 2008-2018 (KJELDE: FINANS NORGE)	136
FIGUR 54 KOMMUNEVIS VARIASJON I SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING OG FOLKETETTLEIK (INNBYGGJAR PER KM ²) FOR SKREDE, FLAUM, STORM OG STORMFLO I 2007-2017, OG VATN-INNTRENGING UTANFRÅ 2008-2018. INDEKSERTE VERDIAR DER 100 = GJENNOMSNITT FOR DEI TO DATASETTA (KJELDE: FINANS NORGE)	137
FIGUR 55 KOMMUNEVIS GRADERING AV SAMLA FORSIKRINGSUTBETALING SISTE 10 ÅR FOR SKREDE, FLAUM, STORM OG STORMFLO I OG VATN-INNTRENGING UTANFRÅ, DELT INN ETTER TAL HØGASTE GRAD SKADEUTBETALING FOR KVAR AV DEI FIRE SKADEKATEGORIANE. KJELDE: TILPASSA DATA FRÅ FINANS NORGE.	138
FIGUR 56 OPPSUMMERING AV KORLEIS KLIMARISIKOEN I ROGALAND VARIERER LOKALT FOR DEI TEMA SOM ER ANALYSERT I DENNE RAPPORTEN: OVERVATN, FLAUM, HAVNIVÅ OG STORMFLO, TØRKE, SKRED, VIND, VEKSTSESONG, ØKOSYSTEM, OG HAVFORSURING OG MARINE ØKOSYSTEM	142

Samandrag

Vestlandsforskning har i samarbeid med CICERO, met.no og Norce laga eit kunnskapsgrunnlag for Rogaland fylkeskommune sitt arbeid med å lage ein Regionalplan for klimatilpassing. Eit viktig datagrunnlag har vore oversyn over forsikringsutbetalingar fordelt på kommunar frå Finans Norge.

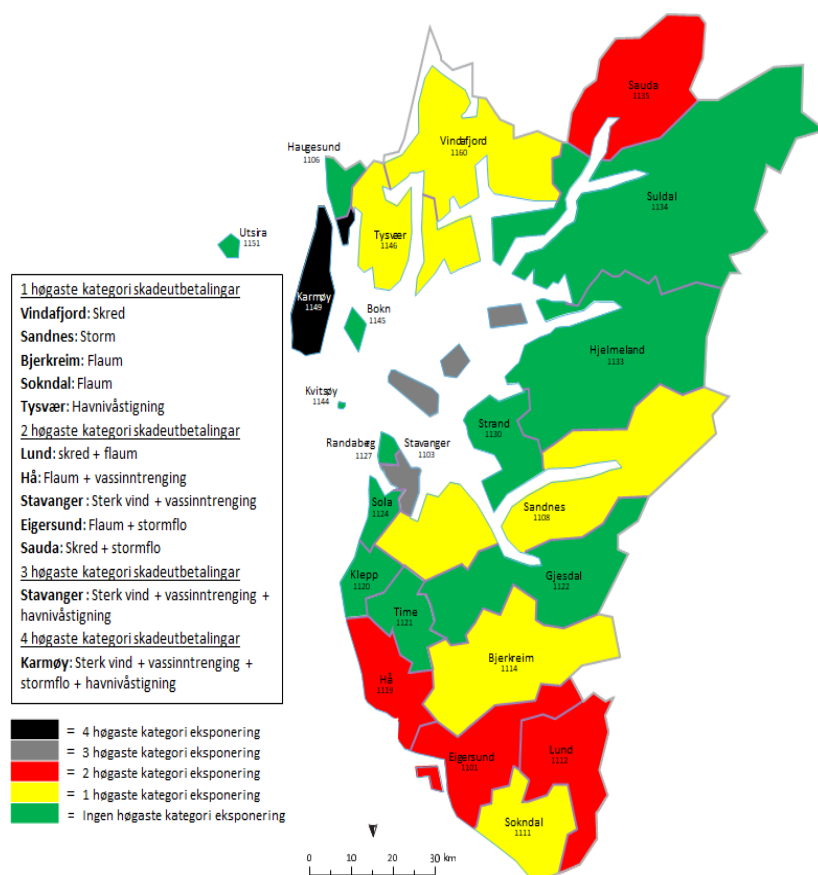
Prosjektet har ei tredelt tilnærming, der eit viktig grep for den analytiske tilnærminga er å kople saman klima- og samfunnsendringar, for på den måten å få fram sumeffekten av begge endringsprosessane – og ikkje berre avgrense analysen til den isolerte effekten av klimaendringar. For å forstå kva tilpassingsutfordringar samfunnet står overfor, er det avgjerande å vurdere samspelet mellom forventa klimaendringar og samfunnsendringar. I mange tilfelle kan det vise seg at – i alle fall på kort sikt – så er det samfunnsendringane som slår ut sterkast; noko som kan gje ein viktig informasjon om kor ein mest effektivt kan rette inn tiltaka.

Til å gjere analysen har vi tatt i bruk ein metode som er vel etablert i Europa, men ny i Norge: *Impact Chain* - omsett til norsk som «verknadskjede-analyse». Sentralt i verknadskjede-metoden er dei fire omgrepa påverknad, eksponering, sårbarheit og risiko (på engelsk hazard, exposure, vulnerability og risk). I figur 1 er vist eit oppsett – med innlagte eksempel for temaet «skog og brannfare» - for korleis gjere ein verknadskjede-analyse med våre omsettingar av dei opphavelige omgrepa. I figuren er det to drivarar som slår inn – på klimasida (mot «påverknad») og samfunnssida (mot «sårbarheit»).



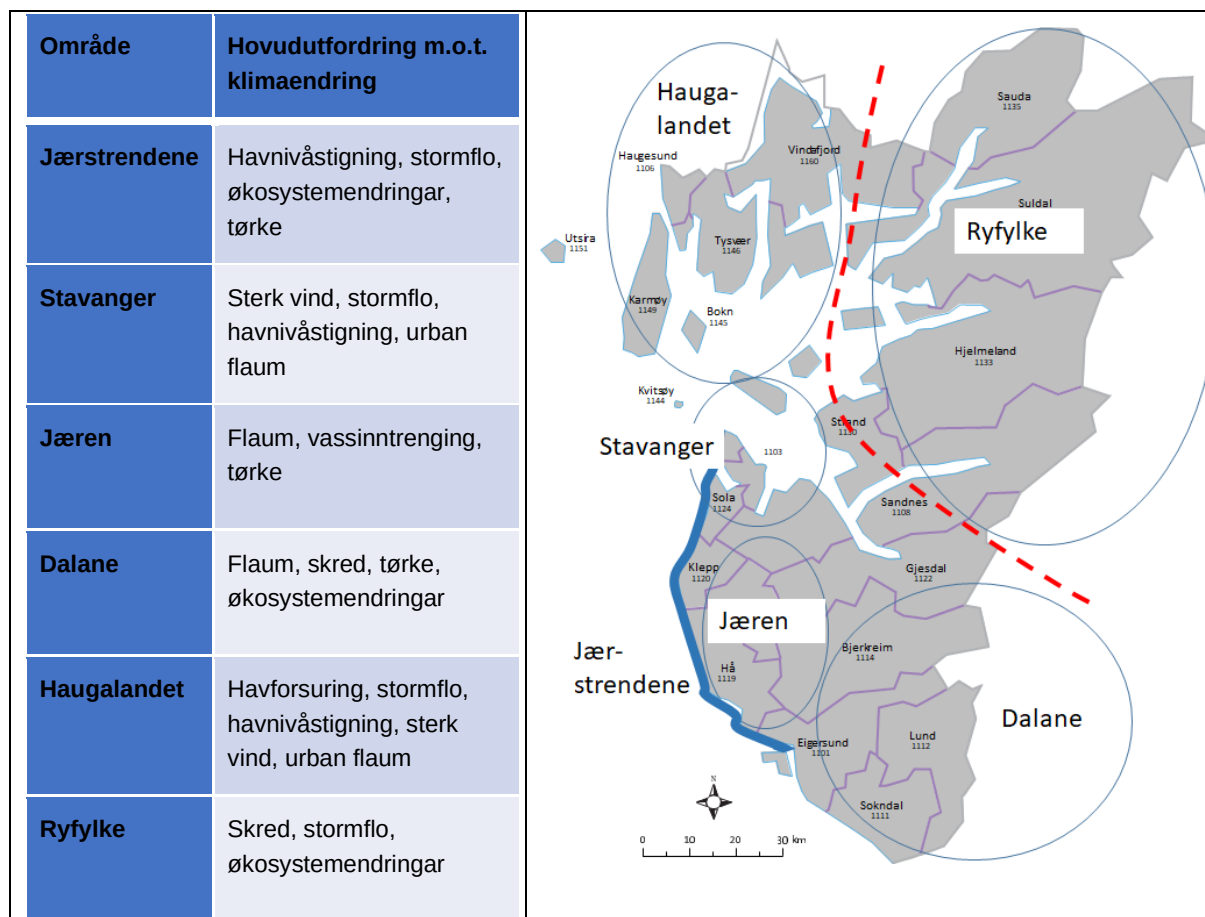
Figur 1 Eksempel på korleis fyller ut eit verknadskjede-oppsett

I prosjektet blei dei gjennomført verknadskjede-analyser for følgjande tema: Brå hendingar (overvatn og flaum, havnivå og stormflo, skred, og vindforhold); og gradvise endringane (tørke, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem). For den første kategorien hendingar nytta analysen data om forsikringsutbetalingar. Desse data viser at for det siste tiåret er det betalt ut forsikringspremie for skade som følgje av skred, flaum, storm, stormflo og vatn-inntrenging utanfrå på til saman 1,73 milliardar kroner, der dei fem kommunane Stavanger, Hå, Lund, Sandnes og Karmøy til saman står for halvparten av utbetalingane. Samla sett er det forsikringsutbetaling for vatnskeidar (50%) som er størst, med storm- (30%) og flaumskadar (17%) på dei neste plassane. Skred og stormflo utgjer til saman berre 3% av dei samla skadeutbetalingane. Figuren under viser den kommunevis variasjonen i dei samla forsikringsutbetalingane det siste tiåret, der vi har delt inn i fire kategoriar ut frå tal gonger ein kommune har fått høgaste kategori skadeutbetaling for kvar av dei fire skadeklassane. Ut frå denne rangeringa framstår Karmøy og Stavanger som dei mest eksponerte kommunane, med kommunane Hå, Eigersund og Lund i sør og Sauda i nord som tredje mest eksponert.



Figur ii Kommunevis gradering av samla forsikringsutbetaling siste 10 år for skrede, flaum, storm og stormflo i og vatn-inntrenging utanfrå, delt inn etter tal høgaste grad skadeutbetaling for kvar av dei fire skadekategoriane. Kjelde: tilpassa data frå Finans Norge

Avslutningsvis freista vi å sjå dei brå og gradvise endringane i samanheng opp mot forventta klimaendringar og gjere ein samla vurdering av forventta klimarisiko og korleis den regionale variasjonen av klimarisiko kan vere. Denne vurderinga gav så grunnlag for å kome med nokre tilrådingar om strategiar og tiltak for klimatilpassing.

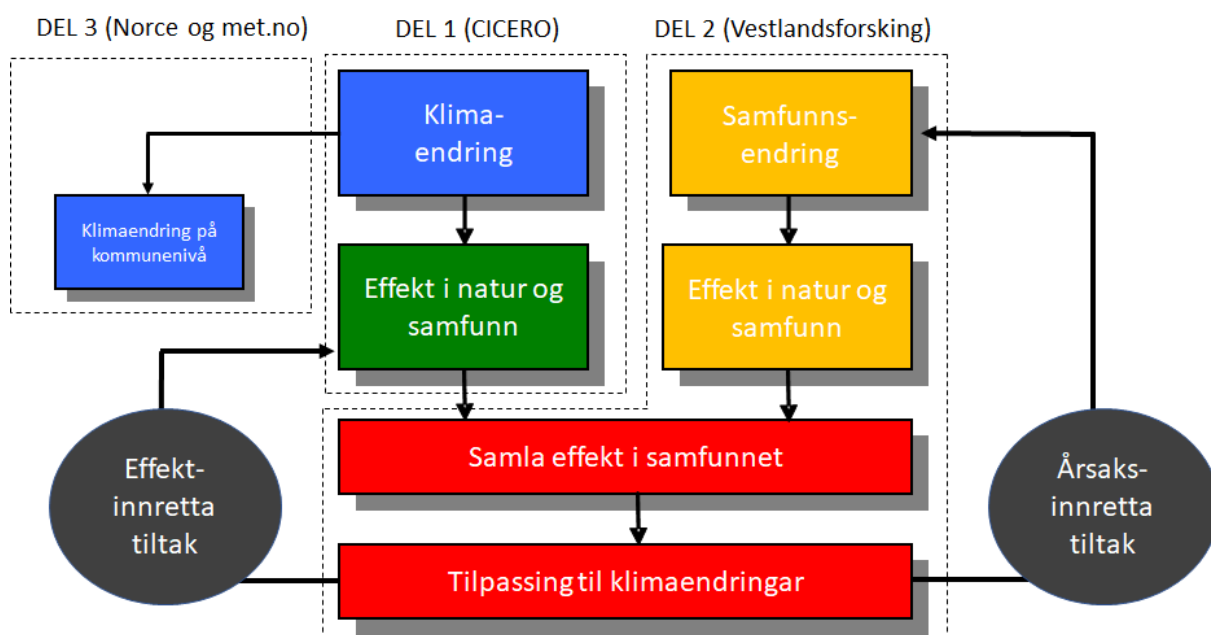


Figur iii Oppsummering av korleis klimarisikoen i Rogaland varierer lokalt for dei tema som er analysert i rapporten: Overvatn, flaum, havnivå og stormflo, tørke, skred, vind, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem

Innleing

Bakgrunn

Prosjektet har ei tredelt tilnærming, der eit viktig grep for den analytiske tilnærminga er å kople saman klima- og samfunnsendringar, for på den måten å få fram sumeffekten av begge endringsprosessane – og ikkje berre avgrense analysen til den isolerte effekten av klimaendringar. For å forstå kva tilpassingsutfordringar samfunnet står overfor, er det avgjerande å vurdere samspelet mellom forventa klimaendringar og samfunnsendringar. I mange tilfelle kan det vise seg at – i alle fall på kort sikt – så er det samfunnsendringane som slår ut sterkast; noko som kan gje ein viktig informasjon om kor ein mest effektivt kan rette inn tiltaka. Ved å analysere berre den isolerte effekten av klimaendringar er det lettare for at tiltaka blir retta inn mot å verne samfunnet mot effektane av klimaendringar – det vi kan kalle en effektretta innsats – men ved også å analysere korleis samfunnsendringar spelar saman med klimaendringane, kan det ble enklare å få fram årsaksinnretta tiltak. Ei av hovudtilrådingane frå rapporten «Vår Felles Framtid» om kva samfunnet må gjere for å skape ei berekraftig utvikling, var å leggje om miljøpolitikken frå ei effekt- til ei årsaksinnretting.



Figur 1 Analytisk innretning av og arbeidsdeling i prosjektet

Metode

I del 2 har vi analysert korleis forventa samfunnsmessige endringar kan samspele med konsekvensar av forventa klimaendringar. Hensikten med denne delen av analysen, er å få fram fylket si sårbarheit og robustheit for klimaendringar. Vidare har

vi peikt på aktuelle strategiar og tiltak for å tilpasse samfunnet til dei forventa kombinerte konsekvensane av klima- og samfunnsendringar.

For å få til dette har vi tatt i bruk ein metode som er vel etablert i Europa, men ny i Norge: *Impact Chain*¹ - omsett til norsk som «verknadskjede-analyse». Metoden er bygd opp rundt tre fasar:

1. Tematisk avgrensing
2. Vurdering av årsak-verknadskjeder
3. Talfesting av årsak-verknadskjeder

Den første fasen var i dette tilfellet gjennomført i forkant av prosjektet vårt ved at fylkeskommunen har vedteke eit planprogram for regionalplan for klimatilpassing². Det var også gjennomført to analysar i forkant av dette prosjektet:

- «Analyser og utredninger». Notat 1:2019 Regionalplan for klimatilpasning i Rogaland³
- «Oppsummering av spørreundersøkelse om klimatilpassningsarbeid i kommunene i Rogaland». Notat 2:2019 Regionalplan for klimatilpasning i Rogaland⁴

Sentralt i verknadskjede-metoden er dei fire omgrepa påverknad, eksponering, sårbarheit og risiko (på engelsk hazard, exposure, vulnerability og risk). Forståinga av desse omgrepa er henta frå den siste (femte) hovudrapporten frå FNs klimapanel⁵:

- Påverknad: Kva kan påverke?⁶
- Eksponering: Kva kan bli påverka?⁷
- Sårbarheit: Kva kan utløyse uønska hendingar?⁸
- Risiko: Kva kan skje?⁹

I Figur 2 er vist eit oppsett – med innlagte eksempel for temaet «skog og brannfare» - for korleis gjere ein verknadskjede-analyse med våre omsettingar av dei opphavelige omgrepa. I figuren er det to drivarar som slår inn – på klimasida (mot «påverknad») og samfunnssida (mot «sårbarheit»). Drivaren inn mot kategorien «påverknad» gjeld val av utsleppsscenario, der i tråd med tilrådingane i NOU

¹ Sjå omtale av metoden her: <https://www.adaptationcommunity.net/vulnerability-assessment/vulnerability-sourcebook/>

² https://selvreg.rogfk.no/content/download/92185/2002122/file/Planprogram%20vedtatt_Regionalplan%20for%20klimatilpasning_mai2019.pdf

³ <https://selvreg.rogfk.no/content/download/94125/2031090/file/Notat%201%20-%20Analyser%20og%20utredninger%20-%20version%2027092019.pdf>

⁴ file:///C:/Users/caa/Downloads/Notat%202_Sp%C3%B8reunders%C3%B8kelse%20om%20klimatilpasning%20i%20Rogaland%20%E2%80%93%20version%2027.9.19.pdf

⁵ Sitata under er henta frå https://www.ipcc-data.org/guidelines/pages/glossary/glossary_e.html

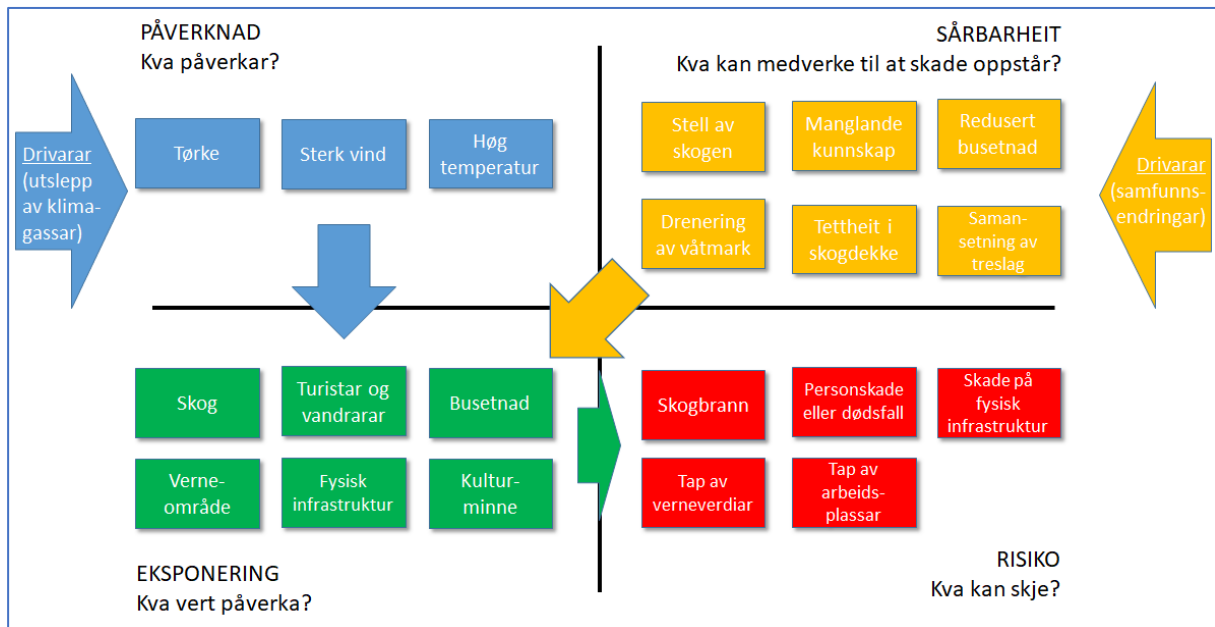
⁶ "The potential occurrence of a natural or human-induced physical event or trend that may cause loss of life, injury, or other health impacts, as well as damage and loss to property, infrastructure, livelihoods, service provision, ecosystems and environmental resources".

⁷ "The presence of people, livelihoods, species or ecosystems, environmental services and resources, infrastructure, or economic, social, or cultural assets in places that could be adversely affected".

⁸ "The propensity or predisposition to be adversely affected. Vulnerability encompasses a variety of concepts including sensitivity or susceptibility to harm and lack of capacity to cope and adapt".

⁹ "Risk results from the interaction of vulnerability (of the affected system), its exposure over time (to the hazard), as well as the (climate-related) hazard and the likelihood of its occurrence".

2010:10 «Tilpassing til eit klima i endring» har lagt til grunn alternativet med det høgaste utslippsscenarioet i Norsk klimaservicesenter sine klimaframskrivingar («RCP8.5»)¹⁰. Den andre drivaren kan vi nærme oss gjennom bruk av scenario-analysar.



Figur 2 Eksempel på korleis fylle ut eit verknadskjede-oppsett

Scenario for samfunnsutvikling

I prosjektet «Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid» for KS i 2008 blei det utvikla ein metode for å analysere korleis samfunnsutviklinga lokalt kan påverke lokalsamfunnet si eksponering for negative verknader av klimaendringar¹¹. Metoden peikte på fem samfunnsdrivarar som avgjerande:

1. Befolkningsutvikling (storleik og samansetnad)
2. Næringsutvikling (tal arbeidsplassar, type næringar og måten næringane blir utøvd på)
3. Fysisk infrastruktur (type, utforming, omfang, vedlikehald)
4. Mobilitet (omfang og fordeling på transportmiddel)
5. Mentalitet (dominerande verdiar og tenkemåtar som styrer handlingane lokalt)

I tillegg til desse generelle trekka ved samfunnsutviklinga inneheld modellen to eksterne faktorar:

- Strategiske handlingar (t.d. eit vedtak i Stortinget om å avvikle olje- og gassnæringa)
- Kritiske hendingar (t.d. ei stor naturskadehending)

¹⁰ <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/scenarios.xhtml>

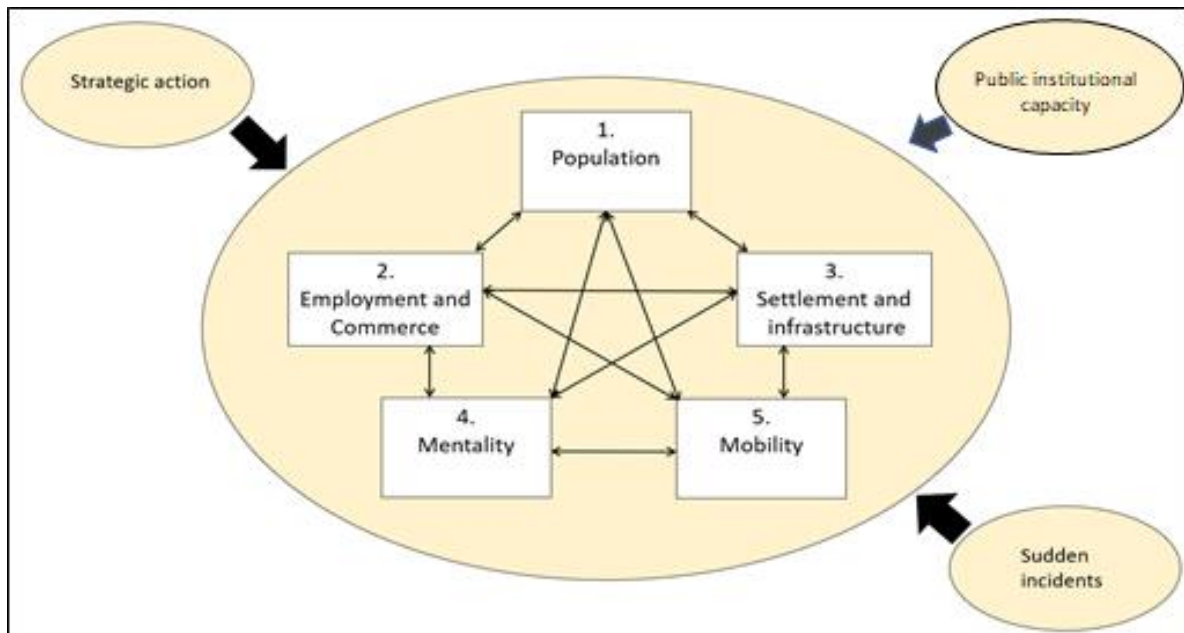
¹¹ <https://www.vestforsk.no/sites/default/files/2019-10/%C3%98F-rapport%202003-2008%20Norge%20gjennom%20100%20%C3%A5r%201960%20-%202060.pdf>

Til det siste, så er det dokumentert i fleire studie at det ofte er først etter at eit lokalsamfunn har opplevd ei større naturskadehending at arbeidet med klimatilpassing vert starta, sjølv om ein lokalt har visst om risikoen, m.a. i ei analyse av oktoberflaumen på Vestlandet i 2014 gjort for NVE, Jernbaneverket og Statens vegvesen¹².

Basert på den omfattande forskinga det siste tiåret på faktorar som er avgjerande for lokal klimatilpassing har vi inkludert ein sjuande faktor (jf. figuren under):

- Institusjonell kapasitet (t.d. stillingsressursar, kompetanse, kunnskapsperspektiv, rutinar, økonomiske ressursar)

Låg institusjonell kapasitet blir i mange analysar peikt på som ein sentral forklaring på kvifor det ikkje vert gjennomført gode tilpassingstiltak lokalt, t.d. i rapporten «Kartlegging av erfaringer fra arbeidet med klimatilpasning i små og mellomstore kommunar» gjennomført for KS i 2019¹³.



Figur 3 Modell for analyse av drivarar som påverkar samfunnet sin eksponering for klimapåverknad (tilpassa etter Selstad, 2008)

I eit seinare prosjekt «Lokal klimatilpasning og klimasårbarhet i Norge» blei den opphavslege versjonen av modellen vist over nytta til å analysere samfunnsutviklinga i Stavanger og korleis ho kan påverke lokal sårbarheit og risiko for klimaendringar¹⁴. Her blir det presentert eitt scenario - med tittelen «Stavanger – oljehovedstaden som ikke ville dø». I analysen vert det presentert moglege utvikling av befolkning og næringslivet, der det er lagt til grunn at befolkninga aukar sjølv om sysselsettinga går

¹² https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-rapport-3-2016-oktoberflaumen-paa-vestlandet-i-2014-1-.pdf

¹³ <https://www.vestforsk.no/sites/default/files/2019-06/R-KT-statusm%C3%A5kommuner-endelig.pdf>

¹⁴ https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/lokalsamfunn-og-klimatilpasning-ostforsk.pdf

ned i oljenæringane medan det blir ein 'renessanse' for service, kunnskapsnæringar og landbruket. Scenarioet føreset vidare ferjefri E39 og at Stavanger og Sandnes vert slått saman til éin kommune.

Verknadskjede-analyse

Kategorien «*påverknad*» gjeld altså korleis klimaet er forventa å endre seg, og omfattar klimaparameter som er vurdert som relevante for det temaet ein skal analysere. I utgangspunktet er dette eit utval av ein endeleg liste med parameter, jf. følgjande liste av kva som vert presentert på Klimaservicesenter sin ressurside:

- Temperatur (snitt, maks- og minimumstemperatur)
- Vekstsesong
- Nedbør
- Middelvrenning
- Markvatnunderskot
- Flaum
- Snø (dagar med snødekke, snømengd)
- Fordamping

I fleire tilfelle er det aktuelt med meir samansette og spesialiserte parametrar; t.d. dagar med tine-frysesituasjonar og dagar med ekstremnedbør. Her kan det vere problem med å skaffe data av ønskeleg type – eventuelt også med tilstrekkeleg lokal oppløysing.

Kategorien «*eksponering*» gjeld kva verdiar og eigenskapar som kan bli påverka negativt av klimapåverknad. Dette vil rimelegvis variere med tema, men følgjande punkt er nytta som overskrifter for å systematisere ulike former for eksponering:

- Befolkning (liv, helse, trivsel, mobilitet)
- Fysisk infrastruktur (vegar, røyr, bygningar osv)
- Areal (natur- og kulturareal)
- Næringsliv (direkte skade på produksjonsmiddel, påverknad av omsetnad)

Her er det viktig å skilje mellom påverknad frå dagens versus forventa framtidig klima. I utgangspunktet skal vi få fram forskjellen mellom desse to, altså eksponering for endringar i klimaet; men den praktiske tilnærminga til dette er gjerne å ta utgangspunkt i kva som finst av kunnskap om eksponering for dagens klima (t.d. data om forsikringsutbetaling ved naturskadehendingar), og sjå dette opp mot effektar av forventa endringar i påverknad (altså klimaendringar). I nokre tilfelle finst slike vurderingar (t.d. tal bygningar som vil bli oversvømt med ulike nivå av havnivåstigning), mens i mange tilfelle finst det ikkje slike data – særleg i spørsmålet om lokale eller regionale vurderingar. I slike tilfelle må data om eksponering for dagens klima nyttast som indikator for eksponering for framtidens klima, noko som

sjølvstekt har den grunnleggjande svakheita at vi då ikkje får fram kunnskap i situasjonar der nye former for eksponering kan oppstå som følgje av klimaendringar.

Kategorien «sårbarheit» omfattar dei prosessane og eigenskapane ved natur og samfunn som kan påverke omfang, type og sannsyn for negativ verknad av klimafaktorane på faktorane ført opp under «eksponering». Desse blir gruppert med utgangspunkt i det som er vist i Figur 3:

- Institusjonell kapasitet
- Befolkning
- Fysisk infrastruktur
- Arealbruk
- Næringsliv
- Mobilitet
- Mentalitet

Kategorien «risiko» er ei vurdering av korleis eksponering kan bli negativt påverka av dei identifiserte sårbarheitsfaktorane. Som det går fram av tabellen under kan ein og same forhold opptre som både eksponering og sårbarheit; t.d. kan utvikling innafor ei næring (eksponering) gjere den same eksponerte næringa meir (eller mindre) utsett for negativ påverknad av klimaendringar. Summen av dette utgjer klimarisikoen. For eit gitt tema vil det vere ulikt utval av kategoriar av både eksponering og sårbarheit, slik at det aldri vil vere slik at alle felte i tabellen under er relevante; det vil alltid vere eit utval relevante område.

Tabell 1 Matrise for vurdering av klimarisiko

Kategoriar av sårbarheit	Kategoriar av eksponering		
	Befolkning	Infrastruktur	Næringsliv
Institusjonell kapasitet			
Befolkning			
Infrastruktur			
Næringsliv			
Mobilitet			
Mentalitet			

Samfunnsutviklinga vil kunne påverke begge aksane i risikomatriza vist over. Sentralisering - med påfølgjande fortetting i byområde og auka press på busetnad nær vassdrag eller sjøkant - vil isolert sett kunne auke *eksponering* for t.d. ekstremnedbør (urban og 'vanleg' flaum), havnivåstigning og stormflo. Auka kunnskapsnivå i befolkninga vil på den andre sida kunne auke den institusjonelle kapasiteten i lokal forvaltning – gjennom meir kunnskapsrike medarbeidarar og

folkevalde – og isolert sett redusere sårbarheita for klimaendringar. Sumeffekten av dette vil kunne auke, eller redusere, klimarisikoen.

Klimatilpassing

Basert på det som kjem fram frå verknadskjede-analysen vert det utvikla framlegg om aktuelle strategiar og tiltak for tilpassing til klimaendringar. Her tar vi utgangspunkt i ein modell utvikla for KS i 2011, i prosjektet «Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur»¹⁵. I denne samanheng avgrensar vi oss til punkta i høgre del av tabellen, under overskrifta «tilpassing til morgondagens klima». Under går vi kort gjennom punkta som er lista opp i høgre del av tabellen (sjå *Tabell 2*).

Styrking av den *institusjonelle kapasiteten* kan skje på ulike område:

- Politisk kompetanse, t.d. som del av folkevaldopplæringa ved eit nytt kommunestyre
- Administrativ kompetanse, t.d. leige inn eller styrke eigen administrativ kompetanse
- Administrativ kapasitet, t.d. tilsette ein eigen klimarådsgjevar e
- Prosedyrar og rutinar, t.d. innarbeide krav om å vurdere overvasshandtering ved oppstart – ikkje sluttpunktet – i arealplansaker
- Kunnskapsperspektiv, t.d. ta inn alternative metodar for overflatebehandling av vann

Ved analyse av *klimarisiko* ved morgondagens klima, t.d. ved å nytte verknadskjede-metoden, er det viktig å skilje mellom risiko knytt til dagens klima og den endringa i risiko som kan skje som følge av klimaendringar.

Tabell 2 Hovudkategoriar av klimatilpassingsstiltak (Aall, 2011)

	Tilpassing til <u>dagens</u> klima	Tilpassing til <u>morgondagens</u> klima
Førebuing til tilpassing	• Styrke institusjonell kapasitet • Analysere klimarisiko	• Styrke institusjonell kapasitet • Analysere klimarisiko • Informere om klimarisiko • Vente-å-sjå
Faktisk tilpassing	• Styrke vedlikehald av infrastruktur	• Effektinnretta tiltak • Årsaksinnretta tiltak

¹⁵ https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/r-ks-tilpassingsanalyse.pdf

På tilsvarande måte som ved analyse av klimarisiko, er det ved *informasjon* til aktuelle interessegrupper om klimarisiko ved morgondagens klima viktig å få fram endringa i klimarisiko som følge av klimaendringar.

Det kan vere fleire grunnar til å argumentere for ein «vent-å-sjå» tilnærming til det å gjennomføre faktiske tilpassingstiltak:

- Ved grunnleggjande mangel på kunnskap, t.d. om korleis klimaendringar kan påverke vindsituasjonen lokalt.
- Ved grunnleggjande mangel på ressursar lokalt, t.d. manglande statlege løyvingar til sikringstiltak mot flaum (men ein slik argumentasjon kan også vere eit uttrykk for manglande vilje til politisk prioritering).
- Ved mangel på verkemiddel, t.d. å innarbeide omsyn til nye formar for skred- og flaumfarar i allereie etablert fysisk infrastruktur med gjeldande reguleringsplan.
- Ved forventningar om at staten vil ta eit større ansvar, t.d. prosessane som har vore dei siste åra om staten vil eller vil ikkje innføre forbod mot nydyrking av myr.

Når det gjeld den *faktiske klimatilpassinga* skil vi mellom effekt- og årsaksinnretta tiltak, og mellom operasjonelle og strategiske tiltak. Dei operasjonelle tiltaka gjeld i hovudsak fysiske tiltak med direkte økonomiske konsekvensar, medan strategiske tiltak omfattar ulike formar for reguleringar, som t.d. juridisk bindande formar for arealplanlegging eller innføring av avgifter. Effekttinnretta tiltak prøver å redusere den negative effekten av klimarelaterte hendingar, t.d. installere vatningsanlegg til vern mot tørke eller skredvollar til vern mot skred. Årsaksinnretta tiltak prøver å hindre at negative effektar av klimaendringar oppstår. Den grunnleggjande årsaksinnrettinga er sjølvstøtt å redusere utslepp av klimagassar, men i denne samanhengen – som gjeld klimatilpassing - er det tiltak som søker å redusere sårbarheita, t.d. styre utbyggingsmønsteret vekk frå flaumutsette område. Figuren under indikerer vidare at det kan vere knytt ulike utfordringar og barrierar til dei ulike kategoriane av faktisk tilpassing, som gjeld økonomi, politiske omsyn osv.

Gjennomføring av prosjektet

Del 2 av prosjektet har vore sett saman av følgjande aktivitetar:

- Arbeidsseminar i Stavanger den 23.10.2019 med regionale representantar og representantar frå CICERO, Norce samfunn og Vestlandsforskning: Presentasjon av delrapport 1 og verknadskjede-analyse verktøyet, og gjennomføring av eit mini-klimathon gruppearbeid
- Virtuelt arbeidsseminar i Stavanger/Sogndal den 13.11.2019 med regionale representantar og representantar frå Vestlandsforskning: Felles utarbeiding av verknadskjede-analyser.

- Virtuelt møte i Stavanger/Sogndal den 5.12.2019 med regionale representantar og representantar frå Vestlandsforskning: Presentasjon av utkast til delrapport 2.

Under arbeidsseminaret den 23.10.2019¹⁶ blei det gjennomført to verknadskjede-analyser i den eine av dei to gruppene:

- Jordbruk
- Urban flaum

Den andre av dei to gruppene diskuterte viktige utviklingstrekk i samfunnet fram mot år 2100 som fylkeskommunen må ta omsyn til i den vidare planlegginga av tiltak for klimatilpassing:

- Demografi: Lokalisering og samansetning av befolkninga, migrasjon, mentale og psykiske forhold
- Infrastruktur: Er infrastrukturen tilpassa klimaendringar?
- Natur: God økologisk tilstand, god produktivitet i matproduksjonen
- Institusjonell kapasitet: Samhold, tillit, handlekraft

Under arbeidsseminaret den 13.11 blei det gjennomført fem verknadskjede-analyser for følgjande *tema*:

- Flaum
- Havnivåstiging og stormflo
- Skred
- Økosystemendringar
- Tørke

Arbeidet er gjort ved at deltakarane skriv ned på klistre-lappar forslag til faktorar, som så blir plassert på ei tavle med inndeling som vist i Figur 2. Rett plassering av faktorane blir diskutert av gruppa i kvart tilfelle. Normalt startar ein med påverknad, går så over til eksponering, vidare til sårbarheit, og avsluttar med risiko-faktorar.

¹⁶ Oppsummert i internt notat frå Norce samfunn.

Overvatn

Dette delkapittelet handlar om klimasårbarheit overfor hendingar knytt til overvatn, og tilpassing for å redusere skadeomfanget knytt til slike hendingar. Overvatn er overflateavrenning knytt til nedbør og smeltevatn, og kan føre til skade når avrenninga er større enn det vegetasjonsdekke/jordsmonn og avløpsinfrastruktur klarer å ta unna. Overvassutfordringane er særleg store i urbane område fordi avrenningshastigheita aukar og infiltrasjonsevna minkar drastisk i utbygde område jamført med dei fleste urørte naturområde. Det er bakgrunnen for at overvasshendingar ofte blir omtala som *urban flaum*. Det er likevel slik at landbruksareal og mindre tettstader også opplever overvassutfordringar.

Spørjeundersøking om overvasshandtering

Som kunnskapsgrunnlag for verknadskjedeanalysen og omtalen av Aktuelle tiltak for klimatilpassing seinare i dette delkapittelet, presenterer vi først resultat frå ei nettbasert spørjeundersøking som vart gjennomført hausten 2014 blant overvassansvarleg i VA-etaten i alle kommunane i landet. Dette er ei særleg relevant kunnskapskjelde fordi ansvaret for å førebygge sårbarheit for overvatn i første rekke ligg hos primærkommunane, ved at dei har forvaltningsansvar på VA-feltet og er eigarar av det meste av avløpsinfrastrukturen (avløp frå husstand til tilkoplingspunkt på offentlig avløpsnett er eigd av private). Spørjeundersøkinga var del av eit forskningsprosjekt i regi av SINTEF Byggforsk og Vestlandsforskning om sårbarheit for og tilpassing til klimaendringar i norsk bygg- og VA-sektor (BIVUAC, finansiert av Noregs forskingsråd). Spørjeundersøkinga er rapportert i artikkelen «Handtering av overvatn i norske kommunar. Ei undersøking om innføring av lokal overvasshandtering» (Groven, 2015).

Metode nytta i spørjeundersøkinga

Av dei 26 kommunane i Rogaland i 2014, var det 17 som svarte på undersøkinga. Dette gir ein svarprosent på 65, som er rekna for å vere eit godt resultat i slike undersøkingar. Nokre av respondentane svarte berre på delar av spørjeskjemaet, og tal innkomne svar (N) er opplyst i kvar figur i framstillinga nedanfor.

Ut frå måten spørjeundersøkinga skjedde på, har vi ikkje høve til å vise svara for enkeltkommunar. I staden har vi kategorisert materialet på to måtar, etter distrikt og etter folketal. Dei fire distrikta i Rogaland er representert med dette talet kommunar i undersøkinga¹⁷:

- Haugalandet: 3 av 6 kommunar

¹⁷ Distriktsinndelinga er basert på kommunestrukturen slik han var i 2014.

- Ryfylke: 6 av 8 kommunar
- Jæren: 5 av 8 kommunar
- Dalane: 3 av 4 kommunar

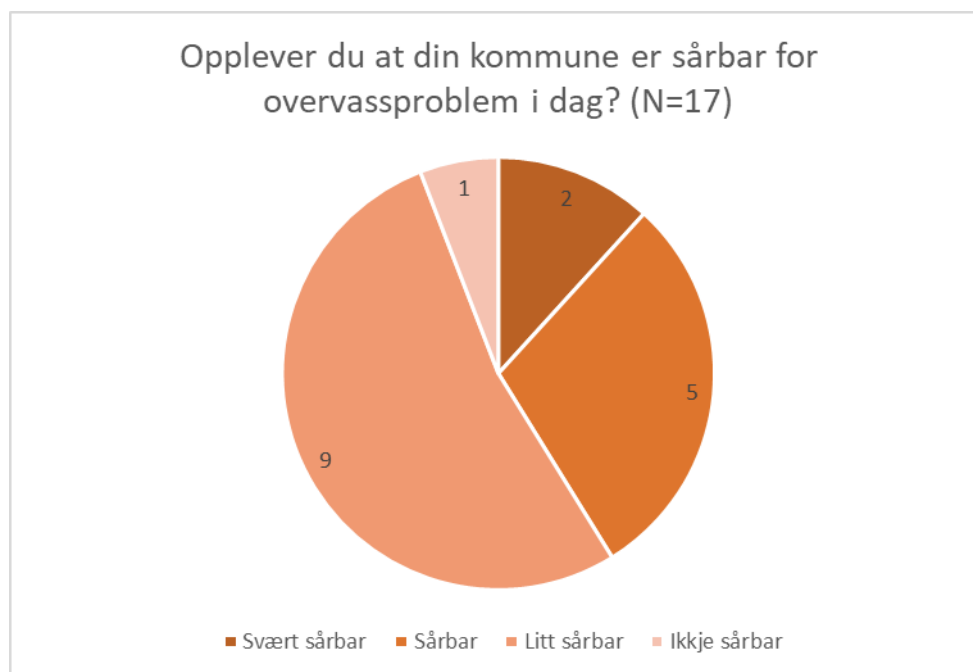
Vidare er det av interesse å kunne samanlikne kommunar langs by/land-dimensjonen, nettopp fordi handtering av overvatn gjerne blir sett på som ei særleg utfordring i byprega område. Det er ingen opplagt måte å dele inn kommunar på for å oppnå dette. Det historiske skiljet mellom bykommunar og landkommunar er oppheva, slik at alle kommunar over 5.000 innbyggjarar sjølv kan velje bystatus. Ei samanlikning ut frå sentralitet vil tilføre lite, fordi 8 av dei 9 Rogalandskommunane med størst sentralitet (klasse 2 og 3) ligg på Jæren. I denne samanhengen har vi valt å skilje mellom små og store kommunar målt etter innbyggartal, og ved å sette grensa ved 12.000 innbyggjarar, får vi to grupper med om lag like mange kommunar:

- Kommunar > 12.000 innbyggjarar: 7 av 10 kommunar
- Kommunar < 12.000 innbyggjarar: 10 av 16 kommunar

Jæren skil seg ut med fleire store enn små kommunar, medan små kommunar dominerer i dei tre andre distrikta. I materialet vårt finst det både små og store kommunar i alle fire distrikta.

Opplevd sårbarheit for overvassproblem i dag

Figur 4 viser korleis overvassansvarlege i 17 kommunar i Rogaland vurderer kor sårbar eigen kommune er for overvassproblem i dag. Berre éin svarer «ikkje sårbar», medan ni (vel halvparten) svarer «litt sårbar». 41% svarer «sårbar» (fem) eller «svært sårbar» (to respondentar).



Figur 4 Vurdering av sårbarheit overfor overvassproblem i dag (kommunar i Rogaland i 2014, N=17). Dataetikettane viser tal respondentar.

Den nasjonale analysen viser ein signifikant samanheng mellom sårbarheitsvurderingar og kommunestorleik, og dette mønsteret går att også i Rogaland. Blant informantar frå kommunar som vi i denne samanhengen omtaler som «store» (over 12.000 innbyggjarar) er begge dei som vurderer kommunen sin som *svært sårbar* og tre av dei som ser kommunen sin som *sårbar*. Motsett finn vi at 80 % av dei «små» kommunane vurderer seg som *ikkje sårbar* (1) eller *litt sårbar* (7).

Tabell 3 Vurdering av sårbarheit for overvassproblem i dag, tal respondentar etter distrikt (kommunar i Rogaland i 2014, N=17).

Distrikt	Ikkje sårbar	Litt sårbar	Sårbar	Svært sårbar	Totalsum
Dalane		1	1	1	3
Haugalandet	1	1	1		3
Jæren		2	2	1	5
Ryfylke		5	1		6
Totalsum	1	9	5	2	17

Med få kommunar i kvart distrikt skal ein vere varsam med å trekke slutningar basert på mønster som kjem fram frå samanlikningar mellom distrikta (*Tabell 3*). Blant dei som svarer *ikkje sårbar* eller *lite sårbar*, finn vi eit fleirtal av kommunane i Ryfylke (5 av 6) og Haugalandet (2 av 3). Motsett er det overvekt av *svara sårbar* eller *svært sårbar* på Jæren (3 av 5) og i Dalane (2 av 3).

Respondentane hadde høve til å utdjupe sårbarheitsvurderingane sine, noko dei fleste gjorde. Blant dei som ser kommunen sin som ikkje eller litt sårbar, kjem tre frå utprega øykommunar, og to av desse viser til dette som forklaring på sine vurderingar. To andre i kategorien «litt sårbar» viser til «gunstig topografi, kort vei til sjø, små vassdrag» og «relativt godt nett og gode resipienter». To av dei som vurderer kommunen som sårbar peikar på at dei er sårbare i område med gamle felles avløpsanlegg (spillvatn og overvatn i same røyr), som lett gir tilbakeslag ved mykje nedbør. Den eine av desse skriv at dei dessutan slit med feil tilkoplingar frå private i område der det er separert avløpssystem, og vidare at det er bygd ut i naturlege flaumområde. Ein tredje kommune viser til svært høg utbyggingstakt der gamle jordbruksområde blir transformert til bustadområde med høg tettheit. Dette gir særlege utfordringar ettersom dei fleste utbyggingsområda ligg oppstraums eksisterande leidningsnett og har avrenning til same vassdrag.

Vurdering av sårbarheit for overvassproblem med klimaendringar

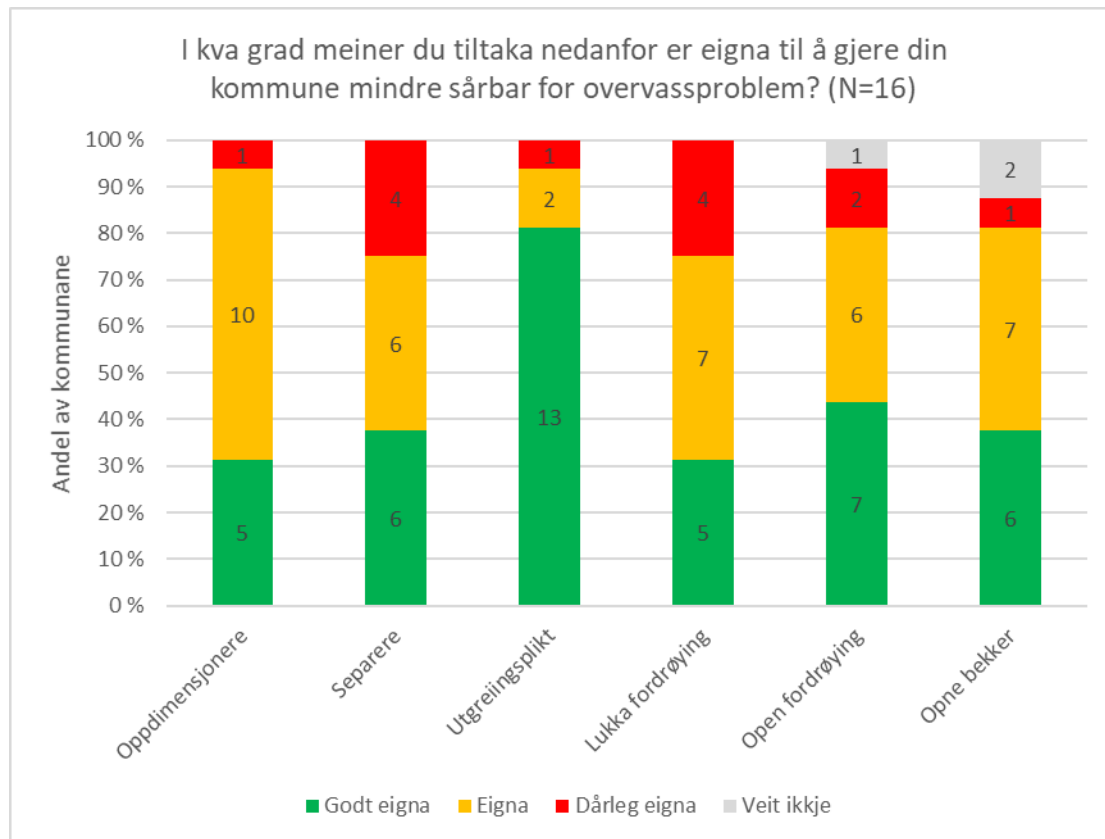
I tillegg til vurderingar av kor sårbare kommunane er for overvatn *i dag*, har vi også spurt om respondentane trur at framtidige klimaendringar vil føre til at lokalsamfunn i kommunen blir meir sårbare for overvassproblem. Alle dei 15 som har svart på dette spørsmålet trur at kommunen blir meir sårbar i framtida, 67% svarer «ja, til ein viss grad» og 33% svarer «ja, i stor grad».

Vurdering av aktuelle strategiar for å redusere sårbarheit for overvassproblem

For å få eit bilde av kva tilnærming VA-etatane har til tilpassing på dette området, spurte vi i kva grad ulike overvasstiltak er eigna til å gjere kommunen mindre sårbar for overvassproblem. Dei seks svaralternativa var formulert slik i undersøkinga:

1. Oppdimensjonere avløpssystem i sårbare område
2. Separere kombinerte avløp (skilje spillvatn og overvatn)
3. Krav om å utgreie overvassdisponering i alle reguleringsplanar
4. Fordrøye overvatn frå utbyggingsområde vha. lukka løysingar (nedgravne magasin)
5. Fordrøye overvatn frå utbyggingsområde vha. opne løysingar (regnbed, grønne tak etc.)
6. Unngå lukking av bekker/vassdrag og gjenopne tidlegare bekkelukkingar.

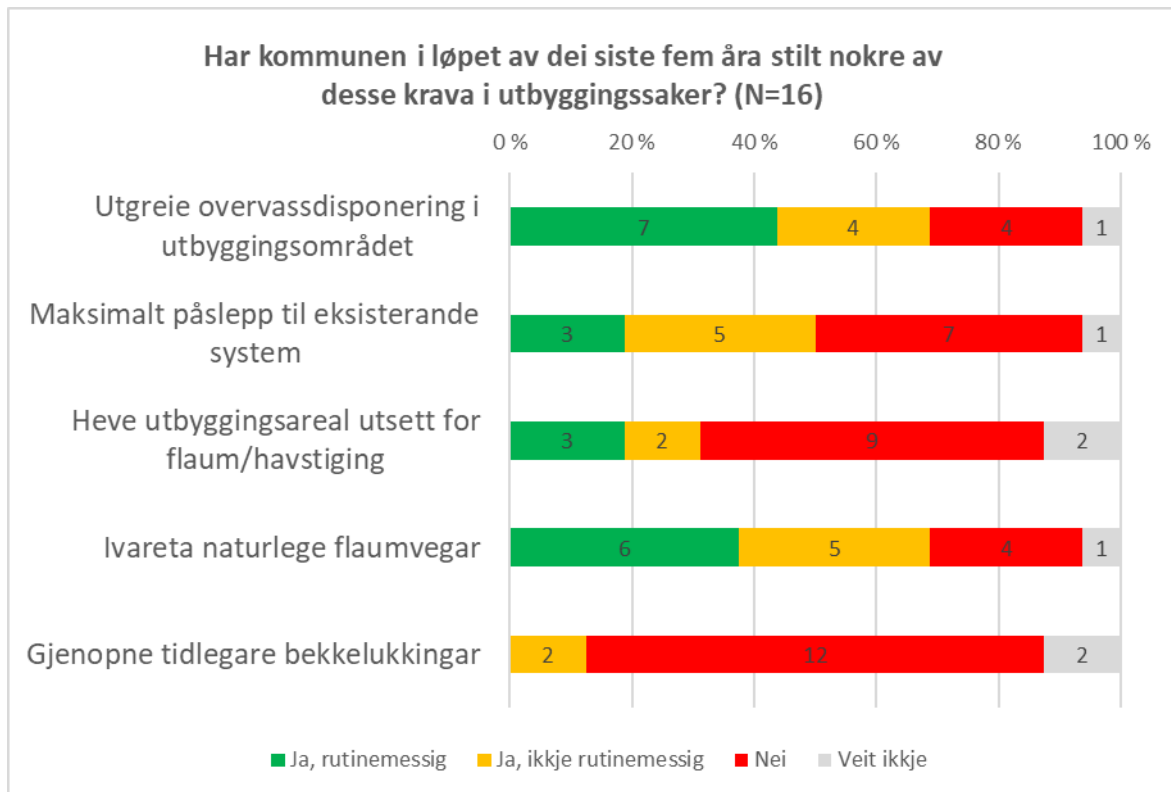
Figuren under viser den prosentvise fordelinga av svara «godt eigna», «eigna» og «dårleg eigna» innanfor kvar av dei seks tilpassingstiltaka.



Figur 5 Vurdering av nokre overvasstiltak (kommunar i Rogaland i 2014, N=16). Dataetikettane inni søylene viser til tal respondentar. Dei fullstendige svaralternativa er gjengitt i teksten.

Status når det gjeld å stille krav til overvasshandtering

Desse tiltaka representerer ulike tilnærmingar til tilpassing, noko vi kjem tilbake til i drøftinga av effekt- og årsaksinnretta tiltak lenger nede. Størst oppslutning er det om alternativet «krav om å utgreie overvassdisponering i alle reguleringsplanar», som eit stort fleirtal (13 av 16 respondentar) omtalar som eit godt eigna tiltak, og berre éin har omtalt dette som eit dårleg eigna tiltak. Like mange er positive til alternativet «oppdimensjonere avløpssystem i sårbare område», men her er det berre 5 respondentar (ca 30%) som peikar på dette som *godt* eigna. To alternativ møter skepsis hos 25% av respondentane, og det er «separere kombinerte avløp» og «fordrøye overvatn frå utbyggingsområde vha. lukka løysingar». Majoriteten er likevel positive også til desse tiltaka.



Figur 6 Krav stilt i utbyggingssaker i perioden 2010-2014 i Rogalandskommunane (N=16). Dataetikettane inni søylene viser til tal respondentar. Dei fullstendige svaralternativa er gjengitt i teksten.

Figur 6 viser svarfordelinga på spørsmål om VA-verksemnda eller kommunen i løpet av dei siste fem åra har stilt nokon av desse krava i utbyggingssaker:

(Krav om å...)

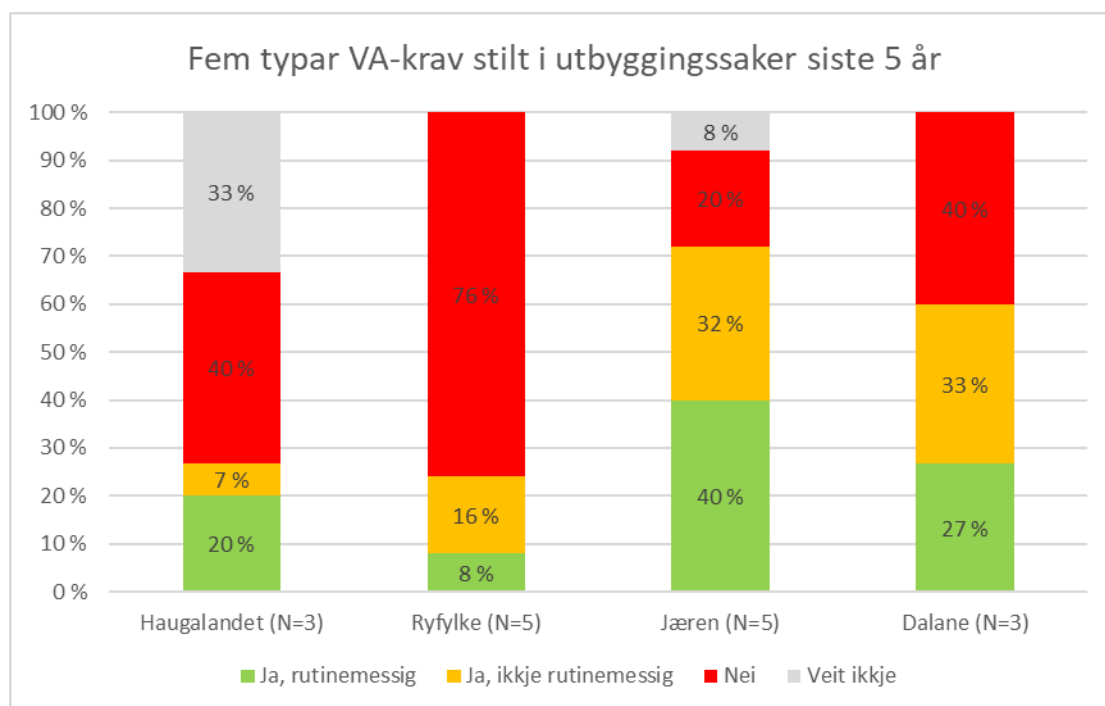
1. Utgreie overvassdisponering i utbyggingsområdet
2. Maksimalt påslepp til eksisterande avløps-/overvasssystem
3. Heve utbyggingsareal som er utsett for flaum/havnivåstiging
4. Ivareta naturlege flaumvegar
5. Gjenopne tidlegare bekkelukkingar (der slike finst).

Dei krava som oftast har blitt stilt av kommunane i Rogaland, er å utgreie overvassdisponering og å ivareta naturlege flaumvegar. Begge har blitt stilt av 11 av dei 16 kommunane som svarte (69%), og utgreiingskravet er det som har blitt nytta rutinemessig av flest kommunar (44%) i den aktuelle femårsperioden. I motsett ende av skalaen finn vi krav om å gjenopne tidlegare bekkelukkingar, som berre har blitt nytta i to av 16 kommunar (13%), og ikkje som rutinemessig krav.

Regionale variasjonar når det gjeld å stille krav til overvasshandtering

I Figur 7 har dei fem ulike typane VA-relaterte krav stilt i utbyggingssaker blitt slått saman som eit mål på kor systematisk kommunane brukar denne typen verkemiddel

for å førebygge overvassproblem. Dess fleire VA-krav som rutinemessig har blitt stilt i utbyggingssaker blant kommunane i eit distrikt (markert med grøn farge i diagrammet), dess betre meiner vi det blir arbeidd med førebygging av overvassproblem i vedkomande distrikt. Dei fem kommunane frå Jæren som har svart på spørsmålet, utmerkar seg som dei som har best rutinar når det gjeld å stille krav i utbyggingssaker som kan bidra til å hindre overvassproblem i framtida. Her har til dømes fire av fem kommunar svart at dei rutinemessig stiller krav om å utgreie overvassdisponering i utbyggingsområdet, og tre av fem brukar å stille krav om å ivareta naturlege flaumvegar i nye utbyggingssaker. Dei tre kommunane i Dalane som har svart på spørsmålet kjem også relativt godt ut, medan dei fem Ryfylke-kommunane i materialet utmerkar seg med svake rutinar når det gjeld å stille VA-relaterte krav i utbyggingssaker.



Figur 7 Graden av rutinisering av VA-krav i utbyggingssaker siste 5 år, fordelt på dei fire distrikta i Rogaland (2014).

Ei tilsvarande samanlikning basert på kommunestorleik, viser at meir folkerike kommunar har betre rutinar for VA-relaterte krav i utbyggingssaker enn kommunar med få innbyggjarar.

Tar kommunane omsyn til 'klimafaktor'?

Undersøkinga inneheldt også spørsmålet «har VA-verksemda / kommunen fastsett ein "klimafaktor" ved berekning av dimensjonerande overvassmengd for å ta høgde for framtidig nedbørauke?». 6 av 16 Rogalandskommunar (38%) som svarte på dette, svarte at dei brukar ein slik klimafaktor. I alle desse tilfella er klimafaktoren sett til 1,2. Dei som svarte positivt på spørsmål om klimafaktor, fekk spørsmål (med fire

svaralternativ) om på kva grunnlag storleiken av denne var fastsett. I Rogalands-utvalet var det ein kommune på kvart av svaralternativa (a) «basert på egne berekningar», (b) «etter råd frå konsulent/annan ekspertise», (c) «etter mønster frå andre kommunar» og (d) «veit ikkje», mens ein kommune svarte både alternativ b og c.

Kva er status med omsyn til bruk av prinsippet om lokal overvasshandtering?

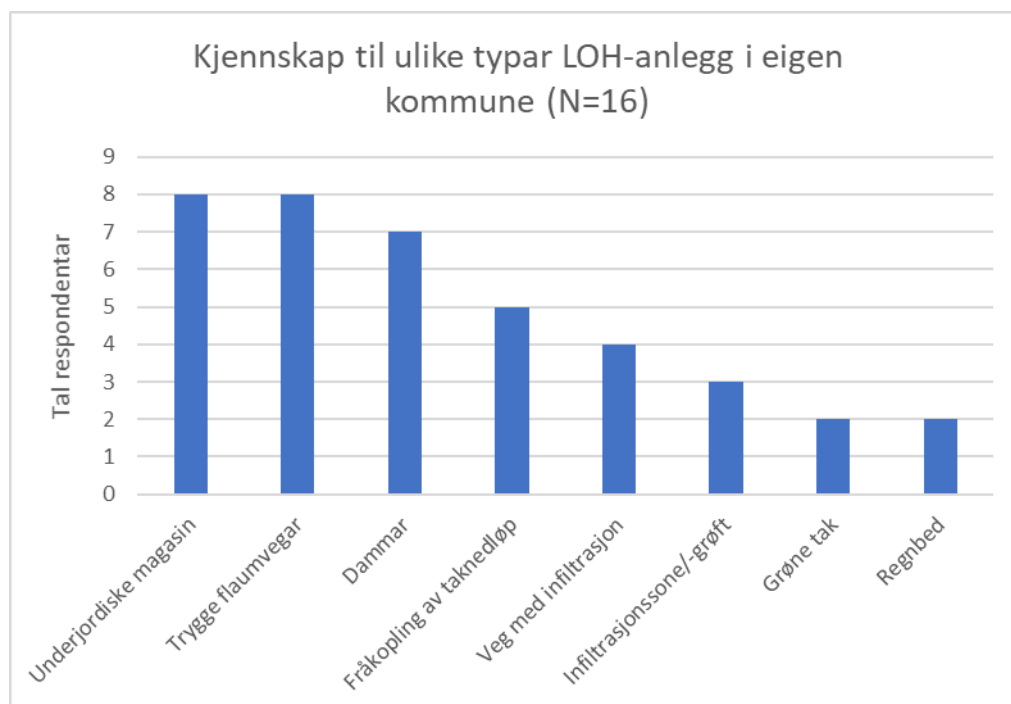
Prinsipp for lokal overvasshandtering (LOH) har i seinare år blitt introdusert i mange norske kommunar. Gjennomføring av dei praktiske LOH-tiltaka er det likevel sjeldan kommunen som står for, ettersom det er grunneigar/utbyggjar som er ansvarleg for dette, slik at det er berre ved utbygging av kommunale bygg og anlegg at LOH eventuelt blir gjennomført i kommunal regi. For å få eit inntrykk av kva teknikkar for lokal overvasshandtering som er mest nytta i kvar enkelt kommune, har vi derfor spurt om kjennskap til ulike typar LOH-anlegg i eigen kommune. Spørsmålet var formulert slik:

Lokal overvannshåndtering (LOH), som også blir kalt lokal overvannsdiskonering (LOD), tar sikte på å unngå problemer som kan følge med rask avrenning fra nedbørsfelt med høy del ugjennomtrengelige flater (tak, asfalt mv.). Grunnleggende prinsipper for LOH er å:

1. Infiltrere den minste nedbøren
2. Forsinke den større nedbøren
3. Føre den største nedbøren vekk på en trygg måte.

Vet du om noen av disse typene LOH-anlegg har blitt etablert eller er i ferd med å bli etablert i din kommune (i privat eller offentlig regi)?

Det vart gitt åtte svaralternativ, som går fram av figuren under.



Figur 8 Overvassansvarlege i Rogalandskommunane sin kjennskap til ulike typar LOH-anlegg i eigen kommune i 2014 (same respondent kunne svare fleire alternativ).

Figur 8 viser at *underjordiske fordrøingsmagasin* og *trygging av flaumvegar* er dei teknikkane VA-fagfolka har mest kjennskap til (50% av respondentane), følgt av dammar og fråkopling av taknedløp. Overraskande få har kjennskap til døme på regnbed og grønne tak i eigen kommune. Forsøk på å talfeste kor mange husstandar som var omfatta av LOH-anlegg, gav liten respons (berre ein respondent i Rogaland).

To av respondentane frå Rogaland svarte ja på spørsmål om etablerte LOH-anlegg har ført med seg problem eller utilsikta effektar. Den eine peikte på problem med begroing av opne dammar, og krav om inngjerding, som igjen svekkar den estetiske kvaliteten, og at ein har opplevd at steinmagasin som fordrøying tettast til etterkvart. Det andre svaret gjekk ut på at overgang frå asfalt til permeabelt dekke førte til at fleire kjellarar fekk fuktproblem.

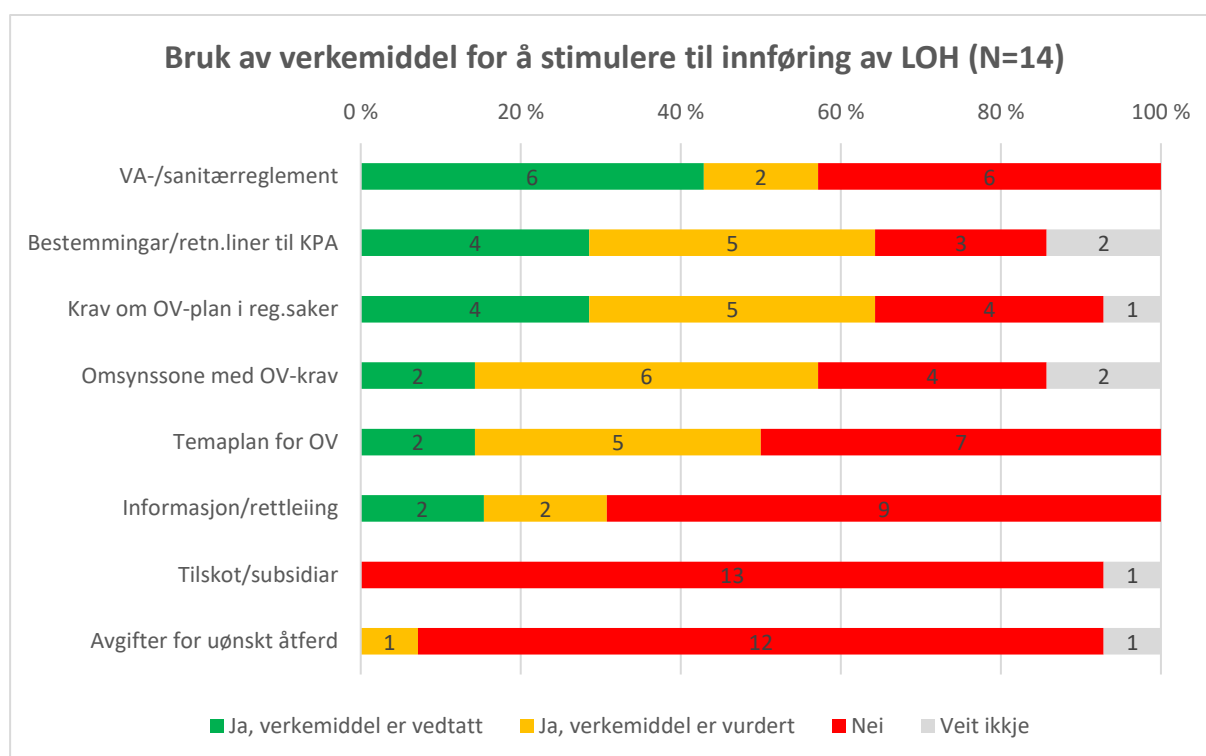
Verkemiddel for å stimulere til innføring av lokal overvasshandtering

Vidare har vi kartlagt kva verkemiddel kommunane nyttar for å stimulere til innføring av lokal overvasshandtering. Spørsmålet lydde «Har kommunen tatt i bruk (eller vurdert å ta i bruk) noen av følgende virkemidler for å stimulere til innføring av LOH?», og dei fullstendige svaralternativa var:

1. Bestemmelser / retningslinjer til kommuneplanens arealdel
2. Hensynssoner der det stilles egne krav til overvannshåndteringen
3. Temaplan for overvann (kommunedelplan, miljøteknisk hovedplan e.l.)

4. Bestemmelser i VA-reglement eller sanitærreglement
5. Krav om overvassplan/VA-rammeplan i reguleringssaker
6. Positive økonomiske virkemidler (subsider, tilskudd)
7. Negative økonomiske virkemidler (avgifter for uønsket adferd)
8. Informasjon / veiledning.

Figur 9 viser svarfordelinga, der verkemidla er sortert etter kor utbreidde dei er.

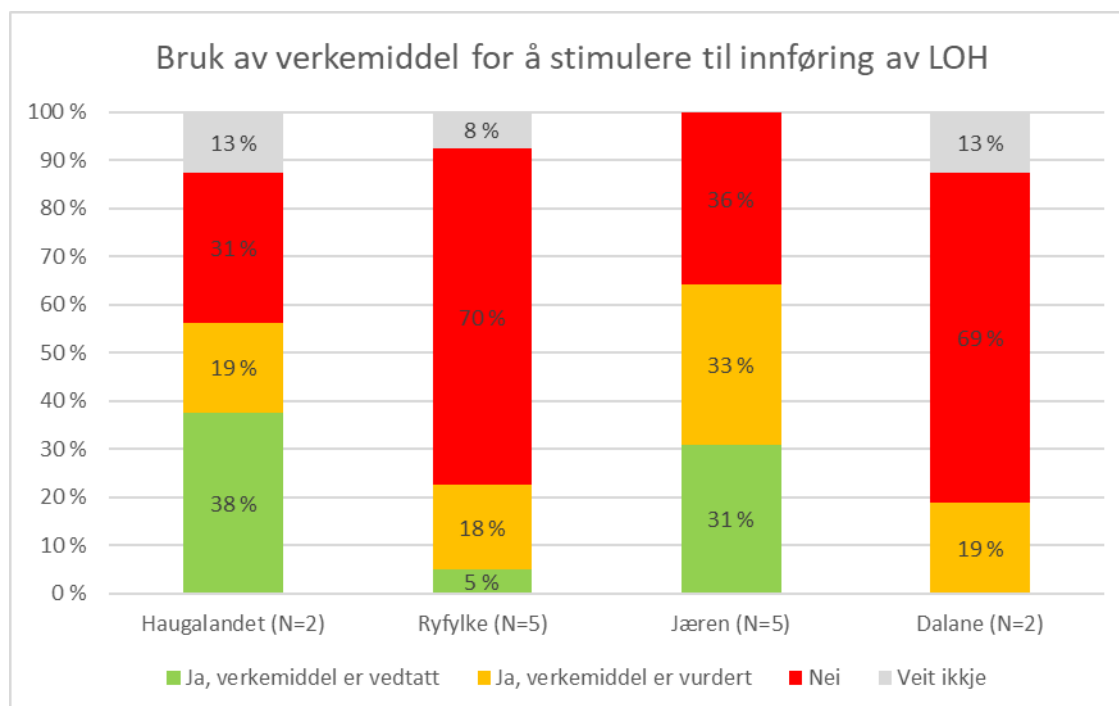


Figur 9 Bruk av verkemiddel for å stimulere til innføring av LOH (kommunar i Rogaland i 2014, N=14).

Bruk av VA-/sanitærreglementet framstår som det mest utbreidde verkemiddelet (innført i 6 av 14 kommunar), men om vi ser på verkemiddel som er innført eller vurdert (grønt og gult i diagrammet), er det stor interesse for å nytte bestemmingar/retningsliner til KPA og krav om overvassplan/VA-rammeplan i reguleringssaker. Ingen økonomiske verkemiddel, verken i form av tilskot og avgifter, har blitt nytta i dei aktuelle kommunane.

Regional variasjon i bruk av verkemiddel for å stimulere til lokal overvasshandtering

I Figur 10 er dei åtte verkemiddeltypene slått saman som eit mål på kor aktivt kommunane arbeider for å stimulere innføring av lokal overvasshandtering. Resultatet er presentert distriktvis, men her må vi ta atterhald om at både Haugalandet og Dalane er representert med berre to kommunar kvar, slik at det er eit tynt grunnlag for å seie noko om tilstanden i dei to distrikta.

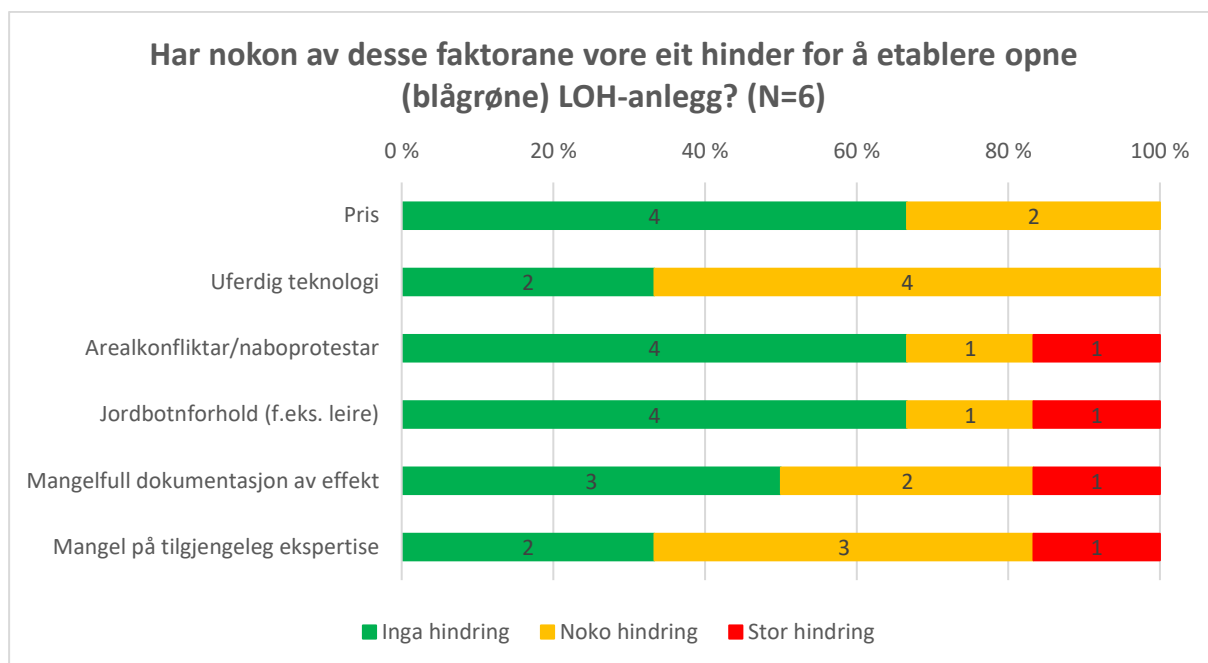


Figur 10 *Bruk av verkemiddel for å stimulere til innføring av LOH, etter distrikt (kommunar i Rogaland i 2014).*

Figuren over viser aktiv bruk av dei aktuelle verkemidla blant kommunane på Haugalandet og Jæren. Av dei to kommunane på Haugalandet som har svart på spørsmålet, er det ein som peikar seg ut ved å ha vedtatt fire av verkemidla og vurdert to. LOH-stimulerande verkemiddel ser ut til å vere lite utbreidd i Dalane og Ryfylke.

Barrierar for å etablere opne (blågrøne) LOH-anlegg

Spørreundersøkinga frå 2014 blant overvassansvarlege i kommunane inneheldt også spørsmål om barrierar for å etablere opne (blågrøne) LOH-anlegg. Blant dei 17 kommunane frå Rogaland som deltok i undersøkinga, var det berre 6 som svarte på dette spørsmålet. Det gjenspeglar nok det faktum at det er relativt få kommunar som har særleg erfaring på dette området. *Figur 11* viser at mangel på tilgjengeleg ekspertise har blitt opplevd som ei hindring i fire av seks kommunar, og at mangel på dokumentasjon av effekten på tiltak har blitt sett på som hinder av halvparten av dei som svarte.

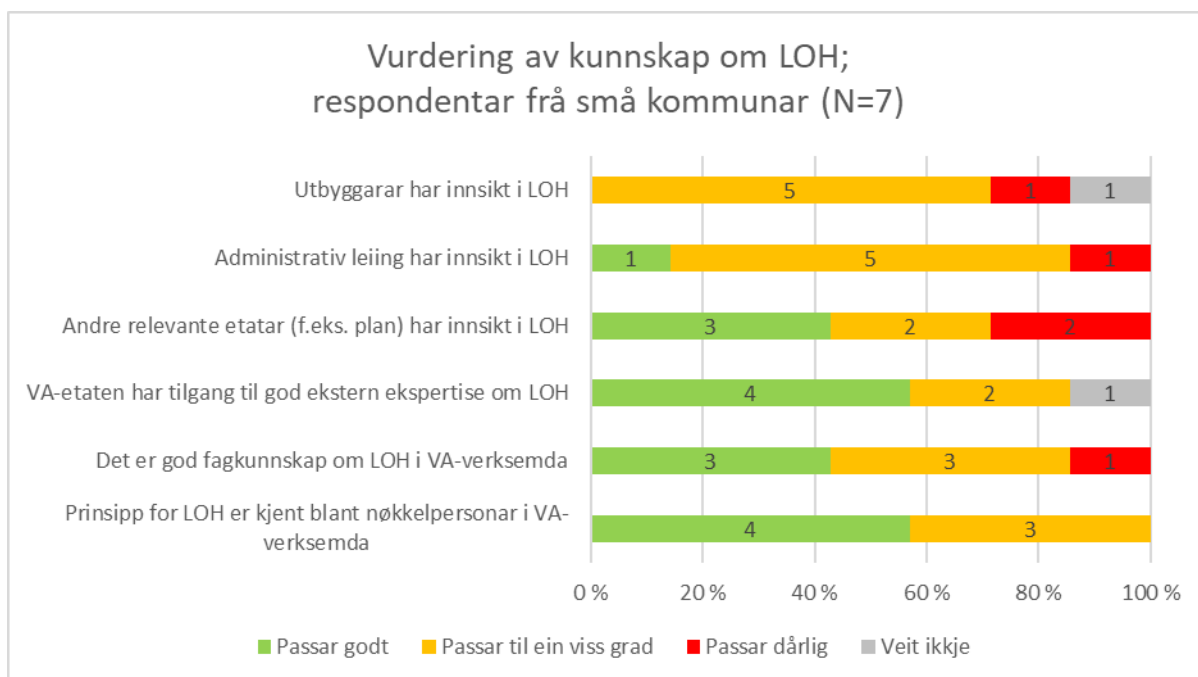


Figur 11 Vurdering av hindringar for innføring av blågrøne LOH-løysingar (kommunar i Rogaland i 2014, N=6).

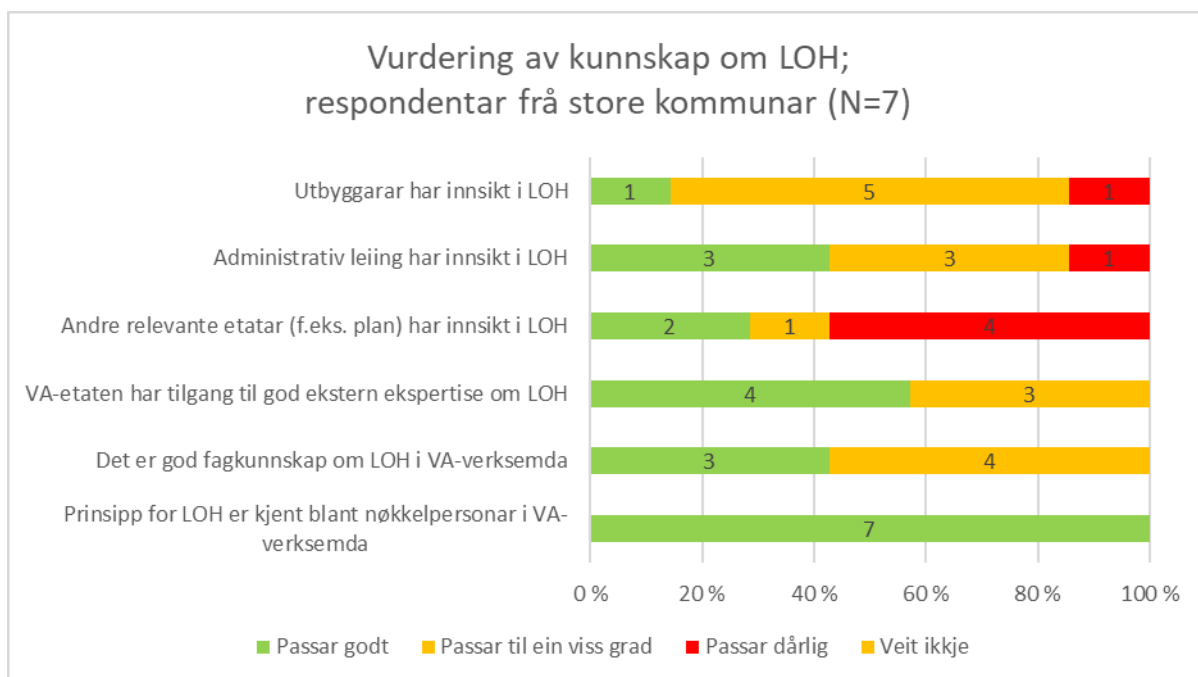
Kunnskap om lokal overvasshandtering

Eit eige spørsmålsbatteri i spørjeundersøkinga frå 2014 tok sikte på å kartlegge dei overvassansvarlege i kommunane sine vurderingar av kunnskap om lokal overvasshandtering (LOH) blant ulike aktørgrupper. Respondentane vart bedne om å svare på om seks ulike utsegner passa godt, til ein viss grad eller dårleg for deira kommune. *Figur 12* viser svarfordelinga for respondentar frå små kommunar, medan *Figur 13* viser tilsvarende for store kommunar.

Felles for begge kommunegruppene er at respondentane har større tiltru til kunnskapen om LOH i sin eigen etat (VA-verksemda/VA-etaten) enn blant andre grupper, dvs. andre kommunale etatar, administrativ leiing og utbyggjarar. Den mest påfallande skilnaden mellom svara frå små og store kommunar, er at den siste gruppa – til forskjell frå den første – er unison i oppslutninga om utsegna at «prinsipp for LOH er kjent blant nøkkelpersonar i VA-verksemda», og at eit fleirtal av respondentane i større kommunar er kritisk til utsegna om at «andre relevante etatar (f.eks. plan) har innsikt i LOH».



Figur 12 Vurdering av ulike aktørgrupper sin kunnskap om LOH; svar frå respondentar frå kommunar med mindre enn 12 000 innbyggjarar (kommunar i Rogaland i 2014, N=7).



Figur 13 Vurdering av ulike aktørgrupper sin kunnskap om LOH; svar frå respondentar frå kommunar med meir enn 12 000 innbyggjarar (kommunar i Rogaland i 2014, N=7).

Verknadskjede-analyse

Figur 14 viser Rogaland fylkeskommune sin verknadskjede-analyse for overvatn. Denne vil, saman med spørjeundersøkinga som er presentert ovanfor, danne

utgangspunkt for vår verknadskjedeanalysen av overvatn i Rogaland, under overskriftene påverknad, eksponering, sårbarheit og risiko.

Urban flom/overvatn

Påverknad Styrtnedbør Auka nedbør	Sårbarheit Fortetting Auka andel eldre i sentrum Dårlig beredskap Dårlig varslingsystem Mangel på kunnskap Mangel på kompetanse/ sektorisering Stram kommuneøkonomi Andel/reduerte grøne områder Redusert infiltrasjonskapasitet Ureglementer busetting i kjellar (Sokndal) Underdimensjonering og dårlig vedlikehald av VA
Eksponering Infrastruktur Framkomst Folkehelse Naturmangfold Kulturminner Befolkning Næringsliv Vassmiljø Biologisk mangfald	Risiko Tap av liv Utryggheit (folkehelse) Skader infrastruktur Næringsliv negativt påverka (økonomisk tap) Attraktivitet reduseres Tap av kulturarv

Figur 14 Verknadskjede-analyse for tema urban flaum/overvatn utført av Rogaland fylkeskommune

Påverknad

Figur 14 viser til to påverknadsfaktorar for urban flaum/overvatn:

- Styrtnedbør
- Auka nedbør.

Delrapport 1 viser at det i Rogaland er venta auka sannsyn for kraftig nedbør ut gjennom dette hundreåret. Påverknad frå klimaendringar vil såleis, gjennom hyppigare og meir intense nedbørepisodar, bidra til fleire overvasshendingar i fylket.

Eksponering

Figur 14 gjev grunnlag for å peike på følgjande samfunnsinteresser som er eksponert for skader knytt til overvatn:

- Befolkning
 - Liv, helse, trivsel, framkomst
- Fysisk infrastruktur
 - Fysisk infrastruktur generelt

- Areal
 - Biologisk mangfald
 - Vassmiljø
 - Kulturminne
- Næringsliv
 - Direkte skade på produksjonsmiddel, påverknad av omsetnad

Eksposering av befolkninga

Befolkninga er eksponert for overvasshendingar på ulike måtar. Overvasshendingar kan vere brå og dramatiske, særleg i samband med styrtregn, og kan i ytste konsekvens ta liv eller påføre menneske skade. Det er likevel sjeldan ein opplever dette; urban flaum oppstår som regel over eit tidsspenn som gjer at folk kan kome seg i sikkerheit. Dei som er eksponert for overvasshendingar, kan likevel bli alvorleg påverka gjennom ureiningar som blir spreidd med flaumvatnet. Overvatn trengjer ofte inn i bygningar via avløpsnett (tilbakeslag), og kan dermed føre med seg smitte og sjenerande lukt. Overvatn fører også ofte med seg ureiningar frå vegnettet og i somme tilfelle miljøgifter frå deponi eller ureina grunn. Fukt frå kjellarflaumar kan bli verande i bygningskroppen og føre til skadeleg inneklima gjennom oppblomstring av soppsporar. Endeleg vil menneske som bur i område som er eksponert for overvatn, kunne få forringa livskvaliteten ved at dei engstar seg for nye skadehendingar. Når transportinfrastruktur blir sett under vatn, vil det kunne råke mange innbyggjarar som ikkje klarer å ta seg fram til arbeid, skule eller andre ærend på vanleg måte. Dei mest ekstreme tilfella kjenner vi frå byar som har fått overvatn ned i t-banenettet, t.d. København i 2011. Slike ulemper er likevel forbigåande, og verkar sjeldan så inngripande og trugande som når vatn trengjer inn i heimane til folk.

Eksposering for skade knytt til overvatn har mykje å gjere med kor folk bur, arbeider og ferdast. Når eit område blir råka av urban flaum, er skadepotensialet størst dersom det er eit tett folkesett område med stor konsentrasjon av verdiar. Frå SSB sin kommunevise statistikk over areal og befolkning i tettstader har vi rekna ut innbyggartettleiken i tettstadsområda, som gir ein indikasjon på kva kommunar som er mest eksponert i kraft av befolkningskomponenten.

Eksposering av infrastruktur og areal

Infrastruktur er eksponert for overvatn, og urbane flaumar er gjerne kjenneteikna av at overvatn oversvøymjer gater, vegar og skinnegangar. I tillegg til at dette skaper problem med trafikkavvikling, vil rask avrenning kunne føre til erosjon. VA-nett, straumforsyning og kommunikasjonsinfrastruktur kan dermed bli sett ut av spel, og føre til store samfunnsøkonomiske tap, både knytt til direkte og indirekte skadar. Frå urbane flaumar kjenner vi fleire døme på at uerstattelege kulturminne har gått tapt eller blitt skadd, m.a. ved vassinntrenging i historiske arkiv. At naturmangfald blir

varig påverka på grunn av overvasshendingar kjenner vi ikkje til, utan at vi vil avvise at biologisk verdifulle lokalitetar kan bli øydelagt av flaumvatn og erosjon.

Eksposering av næringsliv

Næringsliv som er lokalisert i utsette område, er på same måte som private hushald eksponerte for overvassskadar, men med større skadepotensial per skadetilfelle som råkar næringsliv jamført med private. Erstatningsbeløp etter skadar på grunn av vassinntrenging utanfrå er i snitt 40 prosent høgare for næringslivet enn for private (Klima- og miljødepartementet, 2015:35). Overvassskadar er særleg utfordrande for dei som opplever dette gjentatte gongar. Dei indirekte skadane, knytt til produksjonsavbrot, omsetningstap, dårleg regularitet og oppryddingskostnader, er ofte vel så øydeleggende som dei direkte skadane på bygningar og produksjonsutstyr.

Regional variasjon av eksponering

Når det gjeld eksponering for overvassproblem i Rogaland og korleis denne varierer mellom dei ulike delane av fylket, kan spørjeundersøkinga frå 2014 gi nokre indikasjonar. Det er rimeleg å gå ut frå at i kva grad respondentane føler at kommunen deira er sårbar overfor overvassproblem i dag, heng saman med kor mykje overvassproblem ein har opplevd hittil. Ut frå svara kan vi slutte at det er særleg på Jæren og i Dalane at overvassutfordringane er størst, ettersom fleirtalet av respondentane her omtalte kommunen sin som *sårbar* eller *svært sårbar*.

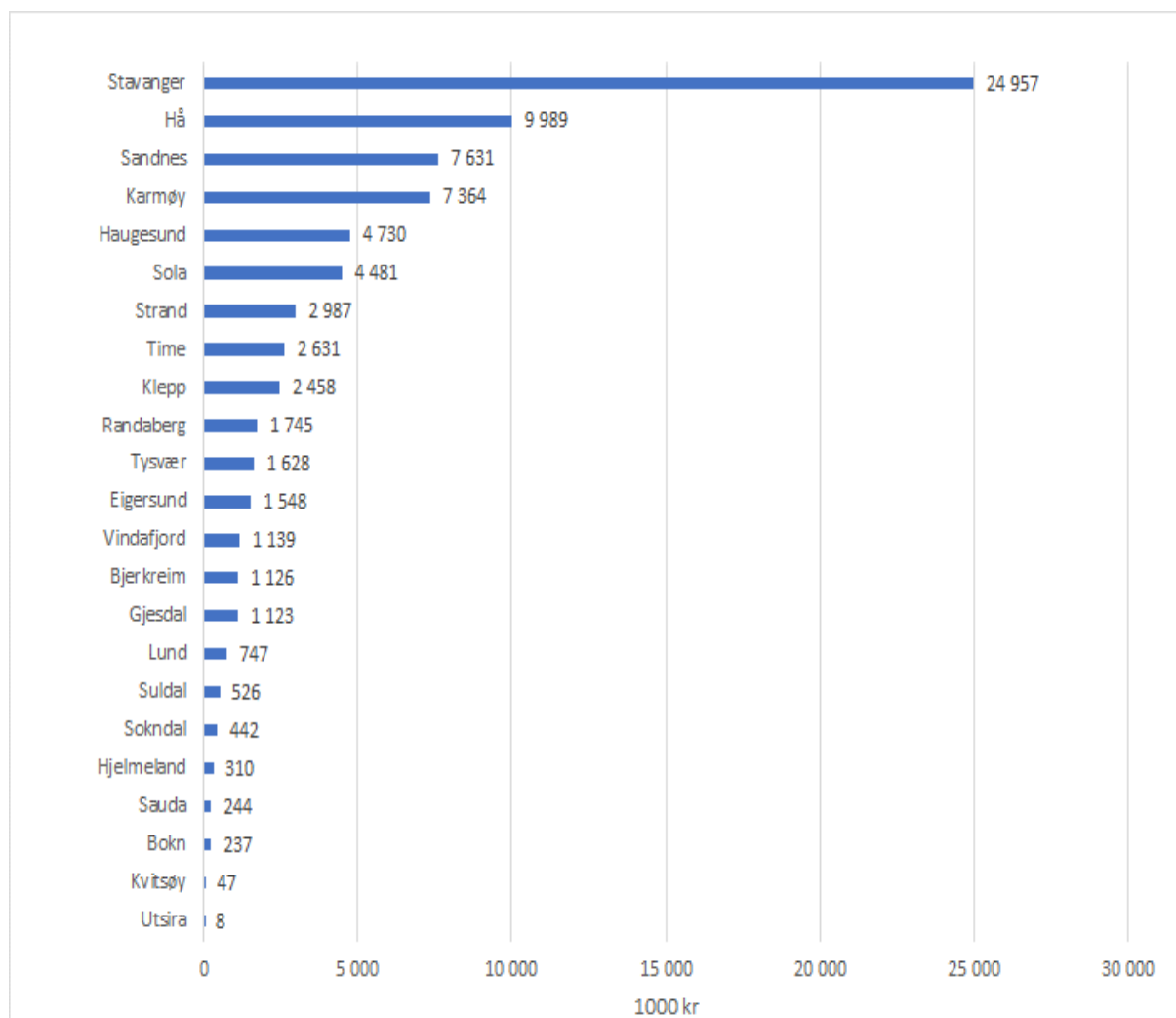
Øykommunar og kommunar med små vassdrag og kort veg til sjø, ser ut til å vere mindre eksponert for overvasshendingar enn andre. Svara viser ein samanheng mellom kommunestorleik og sårbarheitsvurdering, ved at større kommunar opplever seg som meir sårbare enn små. Det er ikkje urimeleg at kommunar med store utbygde område står overfor meir overvassutfordringar enn dei som har mindre tettbygd areal, men her kan det vere grunn til å nyansere biletet noko: Det at overvassansvarleg i større kommunar jamt over oppfattar situasjonen som meir sårbar enn kollegaer i mindre kommunar, kan også ha samanheng med at store kommunar har meir spesialisert kompetanse på VA-feltet og dermed også betre innsikt i kor eksponert kommunen er. Elles er det ingen automatikk i at sårbarheitsvurderinga blir meir alvorleg dess større kommunen er, ettersom respondentane frå dei største byane i Rogaland har svart både *litt sårbar*, *sårbar* og *svært sårbar* på dette spørsmålet.

Ei nyttig kjelde til kunnskap om kommunevis variasjon i eksponering på overvassområdet finn vi i forsikringsbransjen sin vasskadestatistikk. Finans Norge fører statistikk over erstatningsutbetalingar frå norske forsikringsselskap, og vasskadestatistikken deira (VASK) har blitt mykje nytta til å kaste lys over overvassskadar. Statistikken er likevel ikkje samla inn med tanke på å dokumentere

overvasskadar, og gir ikkje nokon fullstendig oversikt over samfunnsøkonomiske konsekvensar av vasskadane som inngår i VASK. Berre erstatningsbeløp knytt til direkte skadar (eksklusive eigendelen) på private bustader og næringsbygg, samt innbu og lausøyre er med, mens personskade, skade på køyretøy eller avbrotskostnader fell utanom. Det betyr at vasskadestatistikken berre gir indikasjonar for enkelte av dei tema som sorterer under overskriftene befolkning, infrastruktur og næringsliv. Det er særleg to kodar i VASK som fangar opp overvasskadar, nærare bestemt «vassinntrenging utanfrå gjennom grunn» (gjennom grunnmur under bakken, og m.a. inntrenging frå avløpsrøyr for overvatn og drenerør), og «vassinntrenging utanfrå over grunn» (gjennom yttertak og ytterveggar, og inntrenging frå takrenner/taknedløp). Desse to kodane er her slått saman til *vassinntrenging utanfrå*.

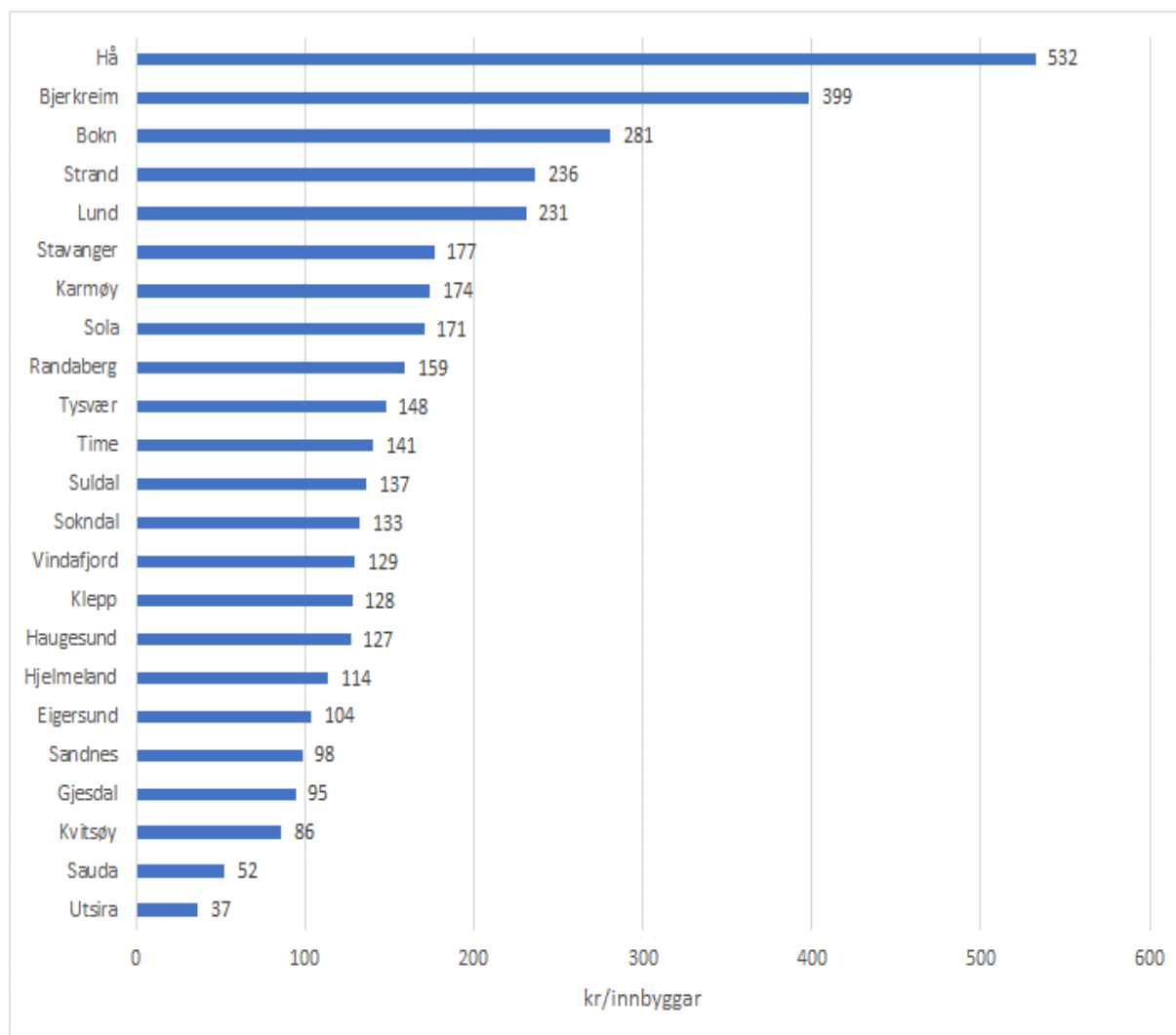
Figur 15 viser gjennomsnittleg årleg erstatningsutbetaling knytt til vassinntrenging utanfrå for Rogalands-kommunane i perioden 2008-2018.¹⁸ Storleiken på erstatningsutbetalingane heng i stor grad saman med folketal. Stavanger står aleine for ein tredel av vasskade-erstatningane i Rogaland, og blant dei seks kommunane med størst utbetalingar finn vi dei fem folkerikaste kommunane i fylket. Hå kommune (den sjuande folkerikaste kommunen) bryt dette mønsteret, og figurerer på andre plass i diagrammet i *Figur 15*.

¹⁸ Både diagram og kart tar utgangspunkt i kommuneinndelinga som gjeld frå 1. januar 2020.



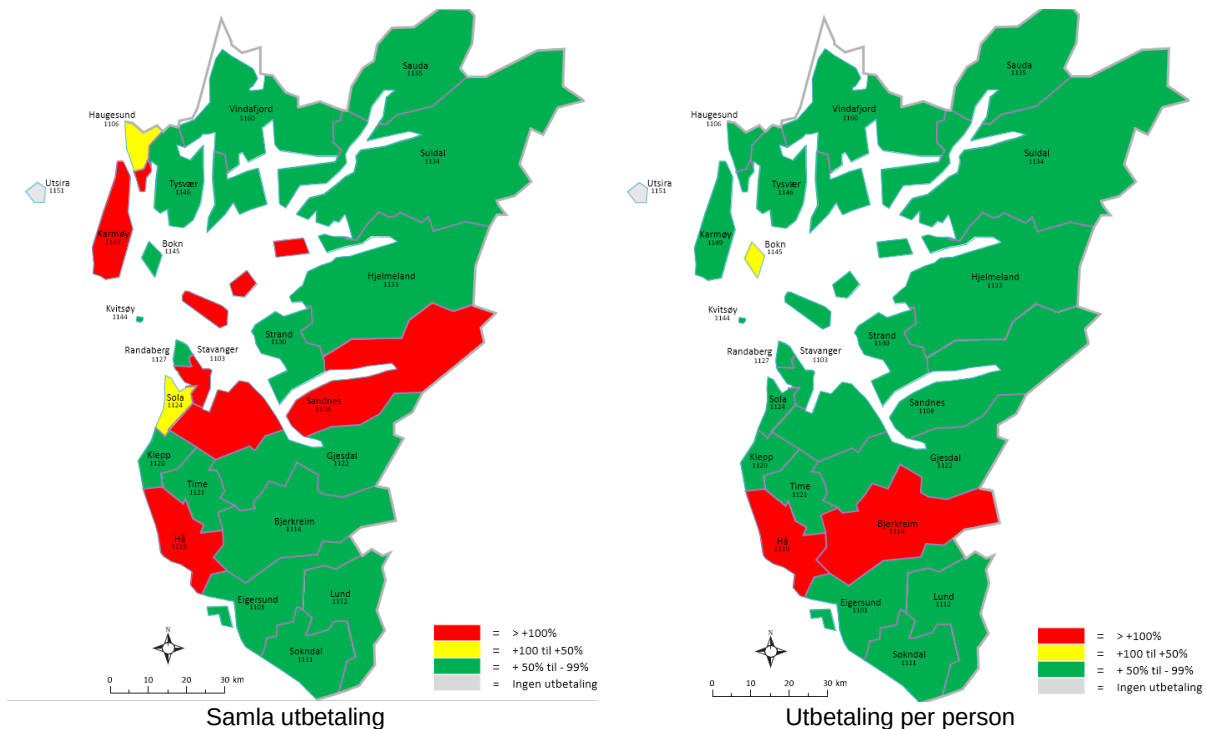
Figur 15 Gjennomsnittleg erstatningsutbetaling knytt til vassinntrenging utanfrå i 2008-2018. 1000 kr. Kjelde: Finans Norge.

Figur 16 bygger på den same skadestatistikken som i Figur 15, men her er erstatningsutbetalingane vist som kroner *per innbyggjar*, noko som gir ei anna rangering av kommunane. Hå og Bjerkreim utmerkar seg med klart størst årleg vasskadeerstatning per innbyggjar, høvesvis 229 og 146 prosent over fylkesgjennomsnittet.



Figur 16 Gjennomsnittleg erstatningsutbetaling per innbyggjar knytt til vassintrenging utanfrå i 2008-2018. Kroner/innbyggjar. Kjelde: Finans Norge.

I Figur 17 er datamaterialet i dei to føregåande diagramma brukt til å framstille indikatorar for eksponering for overvass-skade. Kartet til venstre i figuren viser ei inndeling av kommunane ut frå gjennomsnittleg erstatningsbeløp for kommunen samla, medan kommunane i kartet til høgre er ordna ut frå erstatningsbeløp per innbyggjar. I begge tilfelle er klassifisering gjort ut frå prosentvis avvik frå fylkesgjennomsnittet (sjå teiknforklaringa).



Figur 17 Kommunevis gradering av forsikringsutbetaling for vassinntrenging utanfrå i 2008-2018 i Rogaland delt inn etter forskjell frå gjennomsnitt per kommune. Kjelde: tilpassa frå Finans Norge.

VASK inneheld ein annan kategori av vasskade som også gir ein indikasjon på kor eksponert samfunnet er for overvasshendingar, og det er «stopp i avløp/tilbakeslag». Denne skadetypen omfattar tilbakeslag gjennom avløpsnettet for kloakk (spillvatn), noko som særleg kan gi kjellarflaum i område med kombinerte avløpssystem der spillvatn og overvatn følgjer same avløpsinfrastruktur. Eit problem med denne erstatningsstatistikken er at han ikkje skil mellom tilbakeslag som kjem av for mykje overvatn i avløpsnettet, og kjellarflaumar som oppstår på grunn av tilstopping av avløp forårsaka av huseigar (t.d. bleier eller andre framandlekamar i avløpet). Som for skade kategorien *vassinntrenging utanfrå* finn vi dei mest folkerike kommunane øvst på statistikken over erstatningsutbetaling per kommune: Det er dei same seks kommunane på topp, men med noko ulik rekkefølge.

Sårbarheit

Sårbarheitsfaktorane som vart trekt fram i verknadskjede-analysen utført av fylkeskommunen har vi strukturert under tre tematiske overskrifter:

- Institusjonell kapasitet
 - Dårlig beredskap
 - Dårlig varslingsystem
 - Mangel på kunnskap
 - Mangel på kompetanse/sektorisering
 - Stram kommuneøkonomi

- Befolkning
 - Auka del eldre i sentrum
- Arealbruk/infrastruktur
 - Fortetting
 - Ureglementert busetting i kjellar
 - Andel/reduerte grønne område
 - Redusert infiltrasjonskapasitet
 - Underdimensjonering og dårlig vedlikehald av VA.

Drøftinga nedanfor bygger på denne lista og funna frå spørjeundersøkinga frå 2014.

Sårbarheit knytt til institusjonell kapasitet

Figur 12 og Figur 13 på side 32 viser korleis deltakarane i spørjeundersøkinga i 2014 vurderer kunnskapen om lokal overvasshandtering (LOH) i deira eigen VA-etat, i andre kommunale etatar, hos administrativ leiing i kommunen og blant utbyggarar. Respondentane har jamt over større tiltru til kunnskapsnivået i eigen etat enn hos dei andre aktørgruppene. Dette treng ikkje vere utslag av ubeskjeden overvurdering av egne evner, også andre studiar har vist at VA-etatane har vore føregangsaktørar når det gjeld å sette overvasshandtering på dagsorden (Hovik, Naustdalslid, Reitan & Muthanna, 2015). Der er likevel slik at mindre enn halvparten av respondentane som utan vidare sluttar seg til utsegna om at det er god fagkunnskap om LOH i VA-verksemda. Dette viser at *mangelfull intern kompetanse* på området er ei vesentleg utfordring i mange kommunar. Dette gjeld i noko større grad i små kommunar enn i større.

Det kanskje mest overraskande bildet som trer fram er kor lita tiltru respondentane har til kunnskapen om LOH hos andre kommunale etatar. 6 av 14 respondentar (43 %) meiner at utsegna «andre relevante etatar (f.eks. plan) har innsikt i LOH» passar dårleg for deira kommune. Her er det særleg svara frå dei større kommunane som peikar seg ut som kritiske til andre etatar: av sju som har svart er det fire som vender tommelen ned og to som vender tommelen opp på dette punktet. Dette peikar truleg på *sektorisering* som eit institusjonelt hinder for god VA-planlegging. Det har m.a. blitt peikt på at VA-ekspertisen ofte blir kopla inn i planprosessar og reguleringsaker på eit for seint tidspunkt til at dei kan legge føringar i retning lokal overvasshandtering.

Vidare er det berre ein av 14 svar som heilhjerta stiller seg bak utsegna «utbyggarar har innsikt i LOH». *Figur 11* viser dessutan til fleire hindringar for å etablere opne/blågrønne LOH-løysingar, som står sentralt i moderne tilnærming til overvasshandtering. I så måte peikar fleire av kommunane på uferdig LOH-teknologi, mangelfull dokumentasjon av den fordrøyande effekten denne teknologien har, og mangel på tilgjengeleg ekspertise (også ekstern) på området. Alt dette tydar på at lokal overvasshandtering er *svakt utvikla* både som teknologi og policyfelt.

Sårbarheit knytt til befolkning

Det er vanskeleg å etablere noko skarpt skilje mellom sårbarheit knytt til befolkning på den eine sida og arealbruk/infrastruktur på den andre, ettersom arealbruken i stor grad blir påverka av summen av individuelle val og preferansar. Nokre trekk ved samansettinga av og handlemåten til befolkninga kan vi sette i direkte samanheng med sårbarheit for overvasshendingar. *Ønske om å bu nær vatn*, altså det å busette seg i sjønære område og nær vassdrag, ser ut til å utbreidd. Vatn har alltid vore brukt som transportårer og til fiske og annan næringsaktivitet, så det at folk i stor grad er busett langs kyst og vassdrag, er ikkje noko nytt. Det kan likevel vere eit problem i høve til vasskade (både flaum, stormflo og overvatn), dersom bustadpreferansar gjer at det blir bygd ut i særleg eksponerte område. Vi har ikkje data som underbygger dette poenget, og har ikkje statistikk som viser skilnader mellom kommunane i så måte.

Sårbarheit knytt til arealbruk/infrastruktur

Endra bruk av bygningar kan påverke sårbarheit for overvatn. Bustadmangel i byane har m.a. ført til at kjellarareal som tidlegare vart nytta som lager, i dag er innreidd som buareal i mange hus. I ein del tilfelle har dette skjedd ureglementert, men det er også tilfelle der slik endra bruk er godkjent av kommunen. Den endra bruken av bygningar kan gjere befolkninga meir sårbar for kjellarflaumar, fordi konsekvensane ved kjellarflaumar/tilbakeslag blir langt større når ein bustad blir sett under vatn enn når det same skjer med eit kjellarrom der relativt små verdier er samla. Heller ikkje her har vi eigen statistikk å vise til for kommunane i Rogaland.

Byar og tettstader med mykje folk samla på lite areal er prega av tette flater som påverkar avrenningsfarten og dermed aukar faren for overvasshendingar (sjå nedanfor under arealbruk).

Med *arealbruk* meiner vi her både kva formål ulike område blir nytta til (bustader, næringsareal, LNF-område m.v.), utnyttingsgraden (tett versus spreidd bebyggelse, grad av fortetting) og ulike former for infrastruktur (veg, bane, VA, el-forsyning, blågrøn infrastruktur i tettbygd strøk m.v.). Når det gjeld sårbarheit for overvatn, altså kva som kan utløyse uønskte overvasshendingar, har arealbruken svært mykje å seie. *Fortetting* blir halde for å vere ein av hovuddrivarane bak sårbarheit for overvasshendingar. Dette kjem av fleire ting: Med fortetting aukar delen tette flater, som både gjer grunnen mindre vassgjennomtrengelig (permeabel) og aukar avrenningsfarten. Nettopp den raske avrenninga som skjer i urbane landskap prega av harde flater og lite naturleg vegetasjon, er ein nøkkelfaktor ved danning av urban flaum ved at ein får kort responstid frå intens nedbør til opphoping av vatn lenger ned i nedbørfeltet.

SSB sin arealbruksstatistikk gjer det mogleg å sette tal på kor stor del av tettstadsområda som er utbygd, og kor mykje som er dekt av grønne område. For 55 tettstader i Rogaland finst det detaljerte oppgåver over kor mykje areal som finst innanfor kvar av i alt 20 arealbrukskategoriar. Avgrensinga av tettstadene er gitt i SSB sin tettstadsdefinisjon.¹⁹ Med utgangspunkt i arealbruksstatistikken frå 2011, som vi har analysert med dette formålet i Bivuac-prosjektet i 2015, har vi summert opp dei arealbrukstypene som er utbygde, og som derfor har ein stor del tette flater.

Tabell 4 viser dei ulike arealbrukskategoriane SSB opererer med, og med grått raster viser vi kva kategoriar som inngår i nemninga utbygde område. For dei 55 tettstadene i Rogaland som det finst data for, utgjer utbygde område i snitt 71 prosent av det samla tettstadsarealet. Dette er eit mål på fortetningsgraden i tettstadene i Rogaland. Tettstader med stor del utbygde område er meir sårbare for overvasshendingar, andre faktorar like, jamført med mindre utbygde tettstader.

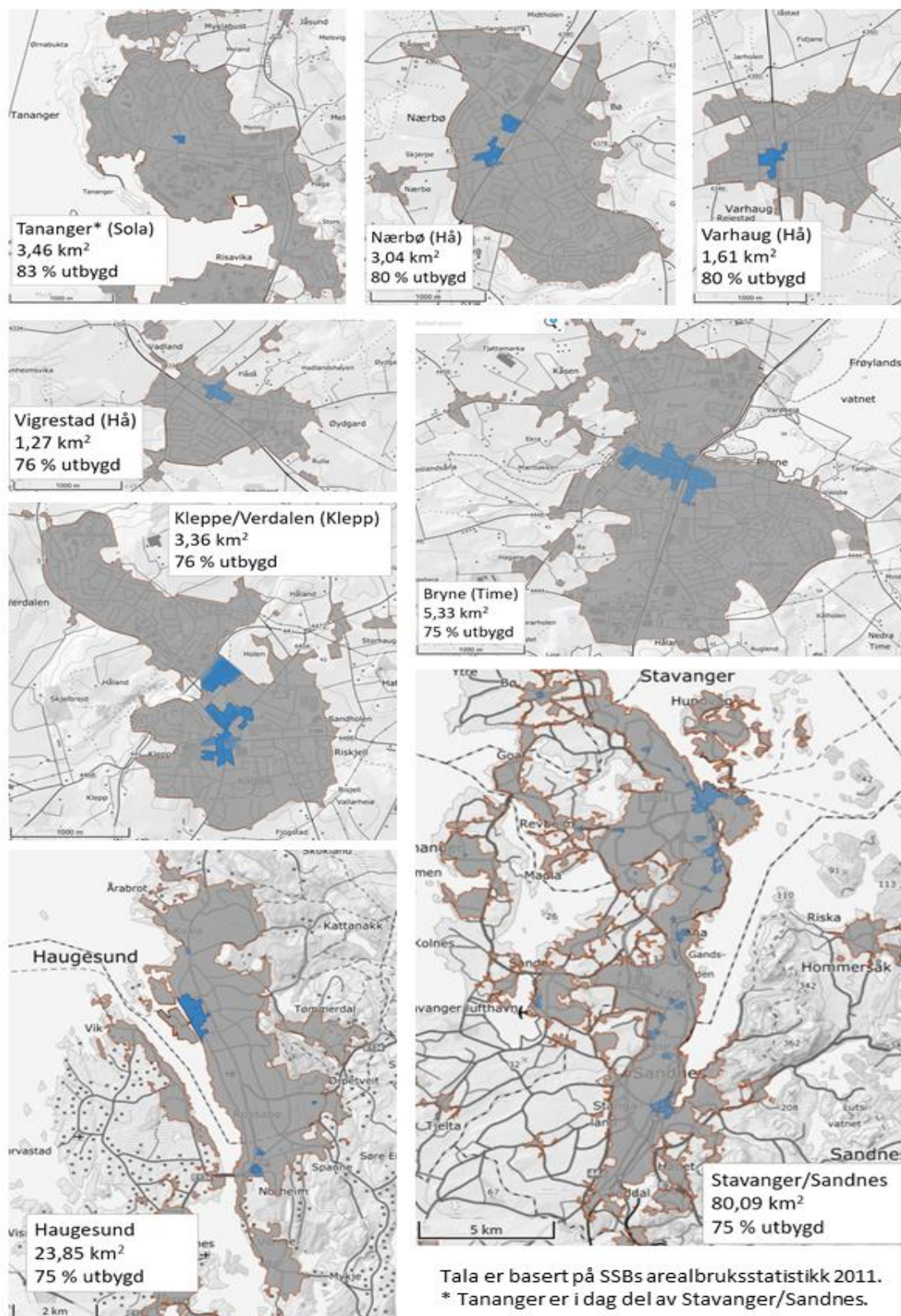
Tabell 4 Fordeling mellom arealbrukskategoriar frå SSBs arealbruksstatistikk i 2011, snitt for 55 tettstader i Rogaland.

Arealbrukskategori	Snitt Rogaland (%)
Boligbebyggelse	34,8
Fritidsbebyggelse	0,4
Bebygd område for landbruk og fiske	2,1
Næring, offentlig og privat tjenesteyting	7,5
Undervisning og barnehage	2,0
Helse- og sosialinstitusjoner	0,6
Kultur og religiøse aktiviteter	0,6
Transport, telekommunikasjon og teknisk infrastruktur	17,5
Beredskapstjenester og Forsvaret	0,3
Grønne områder, idretts- og sportsområder	3,6
Uklassifisert bebyggelse og anlegg	5,1
Jordbruksareal	10,7
Skog	8,6
Åpen fastmark	4,5
Våtmark	0,3
Bart fjell, grus- og blokkmark	0,1
Varig snø, is og bre	0,0
Ferskvann	1,2
Ferskvann, saltvann og brakkvann	0,0
Uklassifisert ubebygd område	0,0
Sum	100 %
Del utbygd	70,9 %

¹⁹ SSB definerer tettstader slik (<https://www.ssb.no/a/kortnavn/bef tett/digtettgr.html>): «1. En hussamling skal registreres som et tettsted dersom det bor minst 200 personer der (ca. 60-70 boliger). 2. Avstanden mellom husene skal normalt ikke overstige 50 meter. Det er tillatt med et skjønsmessig avvik utover 50 meter mellom husene i områder som ikke skal eller kan bebygges. Dette kan f.eks være parker, idrettsanlegg, industriområder eller naturlige hindringer som elver eller dyrkbare områder. Husklynger som naturlig hører med til tettstedet tæses med inntil en avstand på 400 meter fra tettstedskjernen. Disse husklyngene kalles tettstedssatellitter.»

Dei tettstadene med aller størst grad av utbygging er dei små tettstadene Sand i Suldal kommune (88 % utbygd) og Brusand i Hå kommune (87 %). Desse tettstadene er svært små, høvesvis 0,08 og 0,23 km², og er derfor utelatne frå den vidare presentasjonen. Om vi avgrensar oss til tettstader med eit samla areal på minst 1 km², finn vi i Rogaland åtte tettstader med utbyggingsgrad på 75 % eller større. Desse er presentert med informasjon om samla areal og prosent utbygd areal i *Figur 18*.

Jordbruksareal er den tredje største arealkategorien i tabellen over, og utgjer 11 % av arealet innanfor tettstadsgrensene i dei 55 tettstadene i Rogaland. Utan at vi har undersøkt dette nærare, reknar vi med at ein stor del av dette jordbruksarealet ligg brakk og er potensielt fortettingsareal.



Figur 18 Tettstader i Rogaland med stor del utbygd areal, basert på SSBs arealbruksstatistikk for 2011. Sentrumsområde er merka med blå farge.

Risiko

I tabellen under har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering for overvasshendingar kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønska hendingar. Vi har ikkje grunnlag for å gjere ei kvantitativ rangering av dei ulike risikoforholda; heller ikkje korleis forventa klimaendringar vil kunne påverke den interne rangeringa eller storleiken på risikoforholda vist i tabellen.

Tabell 5 Matrise for vurdering av risiko knytt til overvasshendingar.

Sårbarheit	Eksponering					
	Befolkning: Liv og helse	Bygningar	Transportårer	Vatn og avløp	Natur- og kulturmiljø	Næringsliv
Institusjonell kapasitet						
• Mangelfull intern kompetanse	X	X	X	X	X	X
• Sektorisering hemmar innføring av LOH	X	X	X	X	X	X
• LOH er svakt utvikla teknologi- og policyfelt	X	X	X	X	X	X
• Lite LOH-kunnskap blant utbyggjarar	X	X	X	X	X	X
Befolkning						
• Ønske om å bu nær vatn	X	X	0	(X)	(X)	0
• Endra bruk av bygningar (buareal i kjellar)	X	X	0	(X)	0	0
Arealbruk/infrastruktur						
• Høg grad av fortetting	X	X	X	X	X	X
• Kombinerte avløpsnett (spillvatn/overvatn)	X	X	(X)	X	X	X
• Naturlege flaumvegar ikkje sikra	X	X	X	X	0	X

Samfunnsutvikling

Fleire trekk ved *samfunnsutviklinga* vil kunne påverke klimarisikoen ved overvasshendingar. På eit generelt nivå vil *eksponeringa* knytt til overvasshendingar kunne auke ved følgjande trekk i samfunnsutviklinga:

- Auka lokalisering av bustad- og næringsareal i eller utafor flaumutsette område
- Aukande grad av fortetting med harde flatar

Om vi ser på *sårbarheit* knytt til overvasshendingar så kan følgjande trekk i samfunnsutviklinga bidra til å auke risikoen med utgangspunkt i momenta vist i tabellen over:

- Reduksjon i offentlege budsjett til drift og vedlikehald av anlegg for spillvatn/overvatn

- Reduksjon i offentlig administrasjon som arbeider med planlegging og analyse knytt til overvasshandtering
- Manglande satsing på ny kunnskap om og investering i lokal overvasshandtering

Av eksterne hendingar er det også ofte slik at store klimarelaterte hendingar knytt til urban flaum kan styrke innsatsen innan klimatilpassing, og dermed redusere klimarisikoen knytt til (i dette tilfellet) overvasshendingar. Ein stor urban flaumhending i København i 2011 er eit konkret døme på dette²⁰.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Klimatilpassingsarbeidet i norske kommunar er førebels i ein tidleg fase, og det er mange sårbarheitstema som det knapt har blitt utarbeidd tilpassingstrategiar eller -tiltak for. Tilpassing til auka overvassmengder er kanskje det temaet som det hittil har blitt fokusert mest på. Dette heng truleg saman med ein markert auke i skadar utløyst av overvasshendingar i nyare tid. Erfaringar frå slikt tilpassingsarbeid kan ein hente frå fleire kjelder, m.a. klimatilpassing.no, rapporten til overvassutvalet (Klima- og miljødepartementet, 2015), faglitteratur og rettleingsmaterieil frå m.a. bransjeorganisasjonen Norsk Vann (Lindholm, 2012; Lindholm et al., 2008), forskingsartiklar (Groven, 2015; Hovik et al., 2015) og studentarbeid (Langeland, 2011).

Presentasjonen under bygger på fleire av desse kjeldene, og i tillegg på svara som overvassansvarleg i 17 kommunar i Rogaland hausten 2014 gav på ei spørjeundersøking utført av Vestlandsforsking, eit materiale som er gjort greie for i vedlegget på side 49. Materialet er ordna etter strukturen som vart presentert i innleiinga.

Styrke institusjonell kapasitet

- *Kompetansebygging i kommunane* må til for å møte den utfordringa knytt til mangelfull kunnskap om lokal overvasshandtering som fleire av dei overvassansvarlege i Rogaland-kommunane peikar på. Dette gjeld både i VA-etatane, i andre relevante etatar (plan, byggesak, kommunal teknikk m.v.) og i administrativ leiing. Her er det viktig å ha auge for å motverke sektorisering, ettersom innføring av nye prinsipp for overvasshandtering krev innsats på tvers av sektorar.
- *Tversektorielt samarbeid*. Styrke samarbeidet mellom vatn- og arealplansektoren.

²⁰ <https://www.nve.no/Media/5029/overvann-mulige-overvanns%C3%B8sninger-etter-skybruddet-i-k%C3%B8benhavn.pdf>

Analysere sårbarheit

- *Kartlegge flaumvegar.* Når det oppstår tilstopping eller kapasitetsproblem i avløpsnettet, vil overvatnet følgje dei lågaste draga i landskapet på veg til vassdrag eller sjø. Det å kartlegge desse avrenningslinjene og lågpunkt i terrenget, er svært viktig for å førebygge skadar ved framtidige overvasshendingar. Slik kartlegging av flaumvegar bør inngå som ein del av overordna VA-rammeplan og som obligatorisk del av reguleringsplanar.
- *Betre nedbør- og avrenningsdata.* Analyse av sårbarheit for overvatn er hemma av mangel på urbanhydrologiske måleseriar. Berre eit fåtal av vêrstasjonane som Meteorologisk institutt rår over, gir kontinuerlege måleseriar med fin nok tidsoppløysing til å fange opp dei raske endringane som kan gi opphav til overvassproblem i tettbygde område. Det kan også vere store skilnader i avrenning innanfor små geografiske område, t.d. mellom bydelar, særleg i område med kupert topografi. Dette gjer at det er vanskeleg å lage gode klimaframskrivingar nedskalert til lokale forhold, og å etablere høgoppløyste IVF-kurver som grunnlag for tilpassing til overvatn og urban flaum. Ein strategi for å betre på dette, vil vere å få på plass fleire urbanhydrologiske målestasjonar.

Informere

- *Rettleiing til publikum om LOH på eigen grunn.* Private kan med relativt enkle grep gjere tiltak for å fordrøye avrenning frå eigen eigedom. Tiltak som det er aktuelt å informere om, er m.a. bruk av grønne tak, å infiltrere takvatn til graskledd mark og evt. regnbed eller steinfyllingsmagasin, og bruk av porøse dekke t.d. i innkøyrse. Informasjon kan også kombinerast med økonomisk støtte til slike tiltak.
- *Informasjon til bygg- og anleggsbransjen.* Innføring av lokal overvasshandtering blir hemma av at mange utbyggjarar har lite erfaring med slike løysingar. Informasjon kan skje i form av rettleiingsmateriell, slik t.d. VA-etaten i Oslo kommune har utarbeidd (Oslo kommune, 2011). Særleg nyttig vil det vere å legge til rette for erfaringsoverføring frå aktørar i bransjen som har opparbeidd praktisk innsikt på feltet.

Vente-og-sjå

- *Avvente statleg politikk.* Overvasshandtering er eit politikkområde som er prega av uklare ansvarsforhold og fragmentert regelverk. Dette, kombinert med svakt utvikla verkemiddel frå statens side, kan bidra til å forseinke omlegginga til meir klimatilpassa overvasshandtering i kommunane.

Effektinnretta tiltak

- *Oppdimensjonere avløpssystem.* I særleg eksponerte område med store overvassproblem knytt til dårleg kapasitet i avløpsnettet, kan det vere vanskeleg å kome utanom oppdimensjonering av nettet. Det kan vere aktuelt i område der det i samband med utbygging/fortetting oppstraums har skjedd tilkopling av fleire husstandar enn nettet var dimensjonert for. Ettersom det kostar lite å auke rørdimensjonar når arbeid med VA-nettet først er i gang, bør dette først og fremst skje i samband med nyanlegg, regulært vedlikehald og ved separering av kombinerte avløp.
- *Heve utsette utbyggingsareal.* I område som er kronisk utsette for overvassproblem, eller ved nybygging der kartlegging viser at området er eksponert, er det aktuelt å heve grunnen med drenerande massar slik at ein oppnår akseptabel byggehøgde. Dette er eit aktuelt tiltak ved førebygging av skadar både frå overvatn, elveflaum og stormflo.
- *Sikre og opne flaumvegar.* Som oppfølging av kartlegging av flaumvegar (omtalt over), må ein sikre flaumvegar for å unngå at dei største avrenningsepisodane skal truge liv og helse, og gjere for stor skade på eigedom og miljøverdiar. Her kan ein sette av areal, t.d. vegar, parkar og idrettsanlegg, som er bestemt til å ta imot vatn i spesielle situasjonar utan at det oppstår skade.
- *Unngå bekkelukkingar / gjenopne bekker.* Gjennom mange år har det vore vanleg å legge vassvegar i rør under bakken av fleire grunnar – som ledd i jordbruksdrift, for å vinne areal i tettbygd strøk, drenere grunn eller bli kvitt ureint og illeluktande vatn. Ved intens nedbør kan avrenninga stige dramatisk på kort tid, særleg i område med mykje tette flater. I slike situasjonar kan lukka vassvegar by på problem, både fordi dei aukar avrenningsfarten og fordi rørdimensjonane kan bli for små. Ved å unngå bekkelukkingar og reetablere/opne lukka vassvegar, kan ein fjerne flaskehalsar i avløpsnettet og bidra til meir biologisk mangfald og trivsel gjennom auka kontakt med naturlege element som vatn og vegetasjon i byromma.
- *Blågrøne strukturar.* Dette punktet heng tett saman med det som nettopp er sagt om opne vassvegar. Opne overvassløysingar eller blågrøne strukturar er omgrep som blir brukt om tekniskar for fordrøying og magasinering av overvatn etter metodar som etterliknar naturens eigen måte å handtere overvatnet på. Dette gjeld tiltak som dammar (til fordrøying/reinsing), våtmarker, infiltrasjonsbed m.v. Opne dammar kan by på problem knytt til forureina overvatn, lukt, tilgroing og insektplage. Reinsetiltak og rett utforming kan langt på veg bøte på slike problem.

Årsaksinnretta tiltak

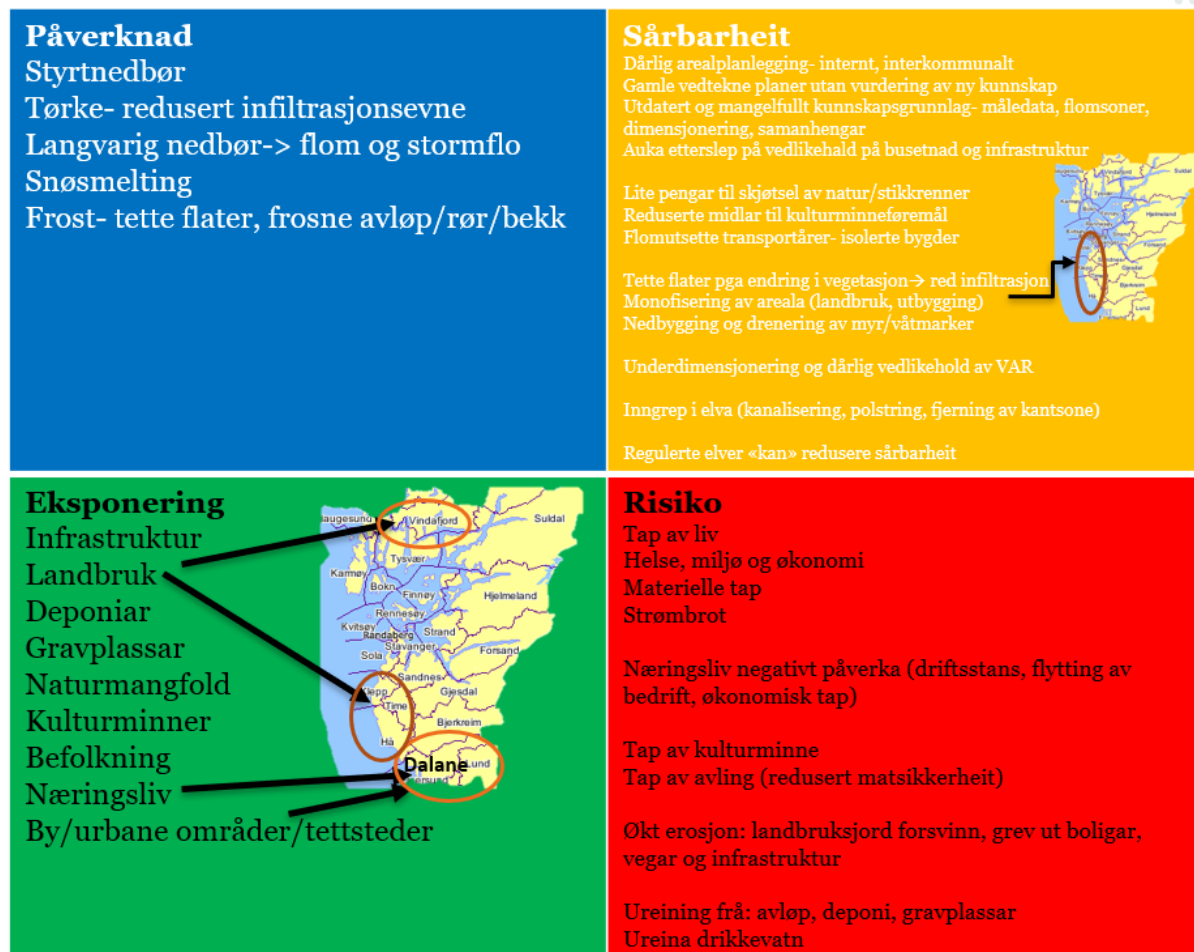
- *Utgreie overvassdisponering.* Det mest proaktive tiltaket kommunane kan sette i verk, er truleg å sørge for at overvasshandtering blir grundig utgreidd (jf. temaet *analysere sårbarheit*). Dette bør skje både som del av ein overordna VA-strategi eller VA-rammeplan, og som obligatorisk del av alle reguleringsplanar. Krav om utgreiing av overvassdisponering bør nedfellaast som føresegn (bestemmelse) til kommuneplanens arealdel. VA-strategien kan følgje ein tilrådd treledd-strategi for handtering av nedbør, som går ut på å (1) *fange opp og infiltrere* mindre nedbørsmengder, t.d. <20 mm, (2) *forseinke og fordrøye* større nedbørsmengder, t.d. 20-40 mm, og (3) *sikre trygge flaumvegar* for dei største nedbørsepisodane, t.d. > 40 mm (Lindholm, 2012:413).
- *Forby tilkopling av takvatn til VA-nett.* Vatn frå takrenner/nedløpsrør er som regel kopla direkte på det kommunale nettet. Dette fører lett til kapasitetsproblem i overvasssystemet, fordi avrenning av takvatn skjer så raskt. Eit aktuelt tiltak er å forby slik tilkopling av takvatn ved nybygg, og/eller stimulere til lokal handtering av takvatn. Det er viktig at lokal infiltrasjon blir gjort på ein forsvarleg måte; grasdekt areal som skal ta imot takvatn må som regel ha dobbelt så stor flate som taket, og overskotsvatn som ikkje blir infiltrert kan ende i eit regnbed eller steinfyllingsmagasin. God arrondering må til, vatn må ikkje bli ført over til nabo eller inn mot grunnmur. Ein må også ta omsyn til lokale grunnforhold (leire kan hindre infiltrasjon).

Flaum

Verknadskjede-analyse

Figuren under oppsummerar Rogaland fylkeskommune sine verknadskjede-analysar for flaum.

Flom



Figur 19 Verknadskjede-analyse for temaet flaum utført av Rogaland fylkeskommune.

Påverknad

Figur 19 lister opp desse påverknadsfaktorane for temaet flaum:

- Styrtnedbør
- Tørke, med redusert infiltrasjonsevne som resultat
- Langvarig nedbør
- Snøsmelting
- Frost, som gir tette flater pga tele og tette avløp knytt til frosne avløp, rør og bekker.

Flaumar blir karakterisert på fleire måtar, m.a. etter storleik (gjentaksintervall) og etter utløysande årsak. Regnflaum og snøsmelteflaum (vårflaum) er vanlege flaumkategoriar, og av desse er regnflaum den mest framtrедande i Rogaland.

Delrapport 1 viser at det i Rogaland er venta auka sannsyn for kraftig nedbør og regnflaum ut gjennom dette hundreåret. Vassdrag over heile fylket er under dagens klima dominert av regnflaumar om hausten og vinteren. Denne tendensen vil forsterke seg, om ikkje like mykje som lenger nord på Vestlandet. Vassdrag nær kysten i Rogaland er venta å få 20-30% auke i flaumstorleik fram mot slutten av hundreåret, medan auken er under 20% i meir høgareliggande nedbørfelt i innlandet.²¹ Påverknad frå klimaendringar vil derfor bidra til større flaumutfordringar i Rogaland i tiåra som kjem. Kraftig nedbør vil særleg skape utfordringar i små og bratte vassdrag, der responstida frå nedbør til auka vassføring er kort.

Eksponering

Figur 19 viser til desse samfunnsinteressene som eksponerte for *flaum*:

- Befolkning
 - Liv og helse
- Fysisk infrastruktur
 - Gravplassar
 - Deponi
 - Kulturminne
- Areal
 - By/urbane område/tettstader
 - Naturmangfald
- Næringsliv
 - Landbruk
 - Anna næringsliv

Flaumskadar kan vere *direkte*, i form av skade på bygningar, infrastruktur, køyretøy osv. *Indirekte* skadar er slike som er avleidd av flaumen, som produksjons- og omsetnadstap, ulemper knytt til øydelagt eller stengt infrastruktur, ureining, negative helseeffektar, oppryddingskostnader osv. Grunnforureining som til dømes avfallsdeponi, gravlund, skytebaner og industriområde i flaumutsette områder kan bli utsett for utvasking ved flaum. Auka mengde flaum kan føre til avfallsstoff og miljøgifter blir spreidd ukontrollert vidare med vasstraumen. Dette kan påvirke både liv og helse og naturmangfaldet.

NVE har laga aktsemdskart for flaum der brukaren kan zoome seg inn til aktuelle lokalitetar²². Datagrunnlaget er innarbeidd i kartløyisinga «temakart-

²¹ Prosentvis endring i 200-årsflaum mellom 1971-200 og 2071-2100, basert på modellering med RCP 8.5 (Lawrence, 2016).

²² <https://gis3.nve.no/link/?link=flomaktsomhet>

rogaland.no/klimatilpasning» (temakart «naturfare»). NVE har laga meir detaljerte vurderingar av flaumfare i ni av kommunane i Rogaland²³:

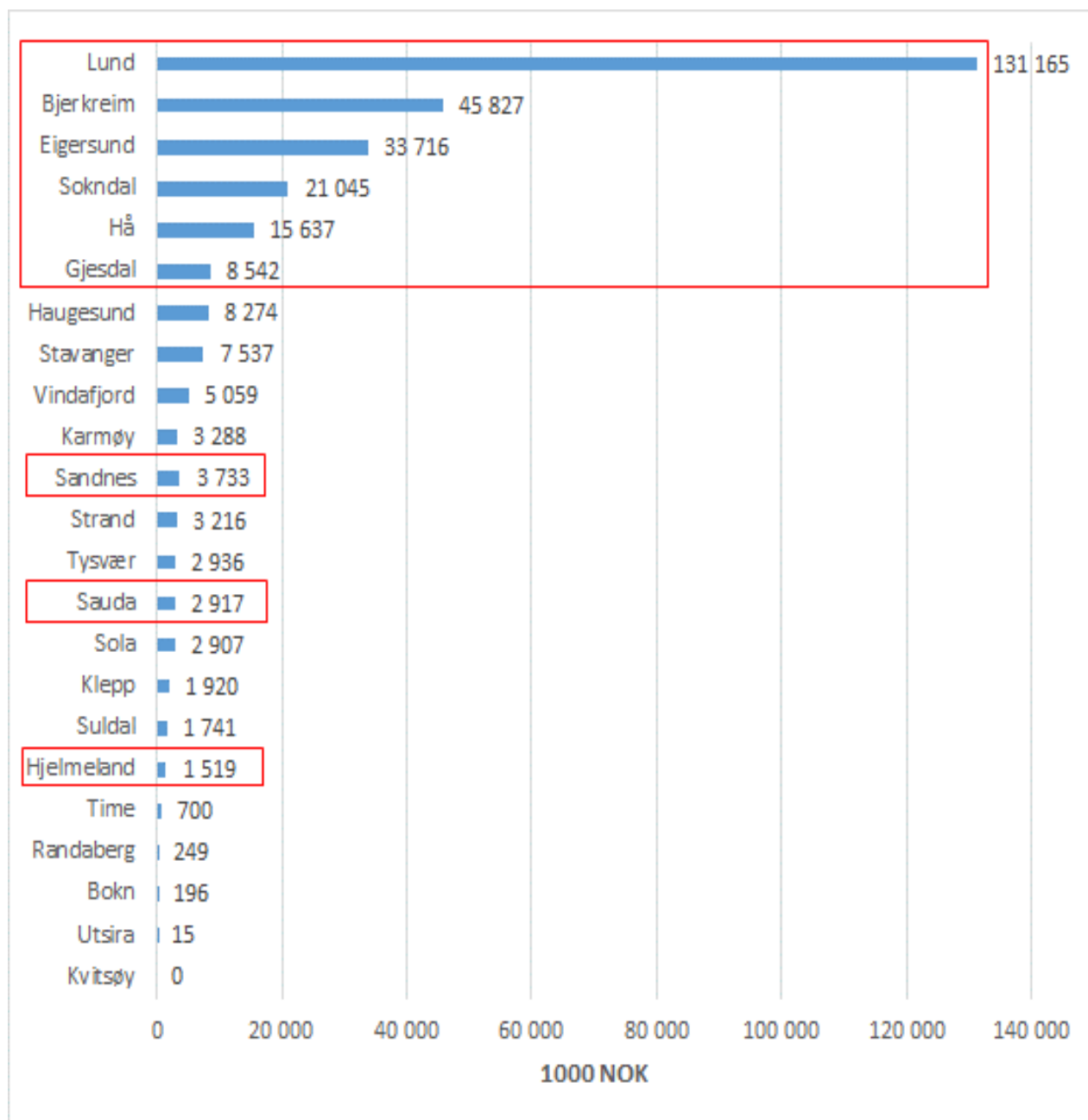
Tabell 6 Eksisterande nyare flaumsonekart og flaumberekningar i Rogaland (henta frå NVE)

Kommune	Lokalitet
Bjerkreim	• Vikeså (2010) • Tilløpselver til Svelavatn i Bjerkreimsvassdraget (2002)
Eigersund	• Eigersund (2010) • Hellelandselva (2008)
Gjesdal	• Oltedal (2006) • Oltedalselva (2005) • Ålgård (2004) • Figgjo (2003)
Hjelmeland	• Årdal (2007) • Årdalselva (2004)
Hå	• Ognå (2007)
Lund	• Moi (2002, oppdatering pågår)
Sandnes	• Ålgård (2004) • Figgjo (2003)
Sauda	• Sauda (2007)
Sokndal	• Hauge (2001, oppdatering pågår)

Regional variasjon i eksponering for flaum ved dagens klima

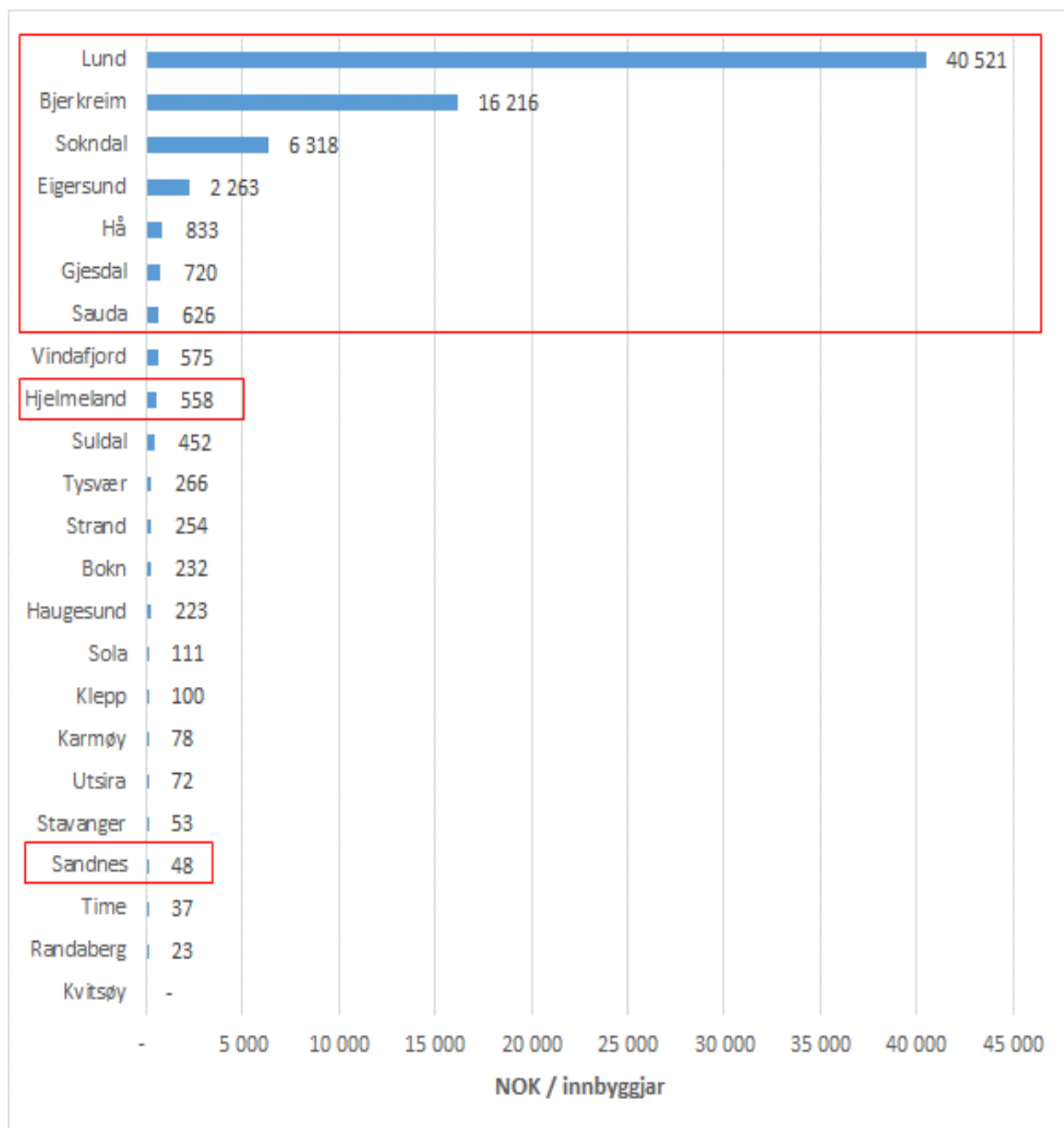
For perioden 2007-2017 er det i følgje tal frå Finans Norge betalt ut forsikringspremie for skade som følgje av flaum på til saman 302 millionar kroner, der dei tre kommunane Lund, Bjerkreim og Eigersund til saman står for 70% av utbetalingane. Figuren under viser at det i er gjennomført nyare flaumsonekartleggingar hovudsakeleg i dei kommunane med størst samla forsikringsutbetalingar for flaum.

²³ <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/faresonekart-kommuner/rogaland/>



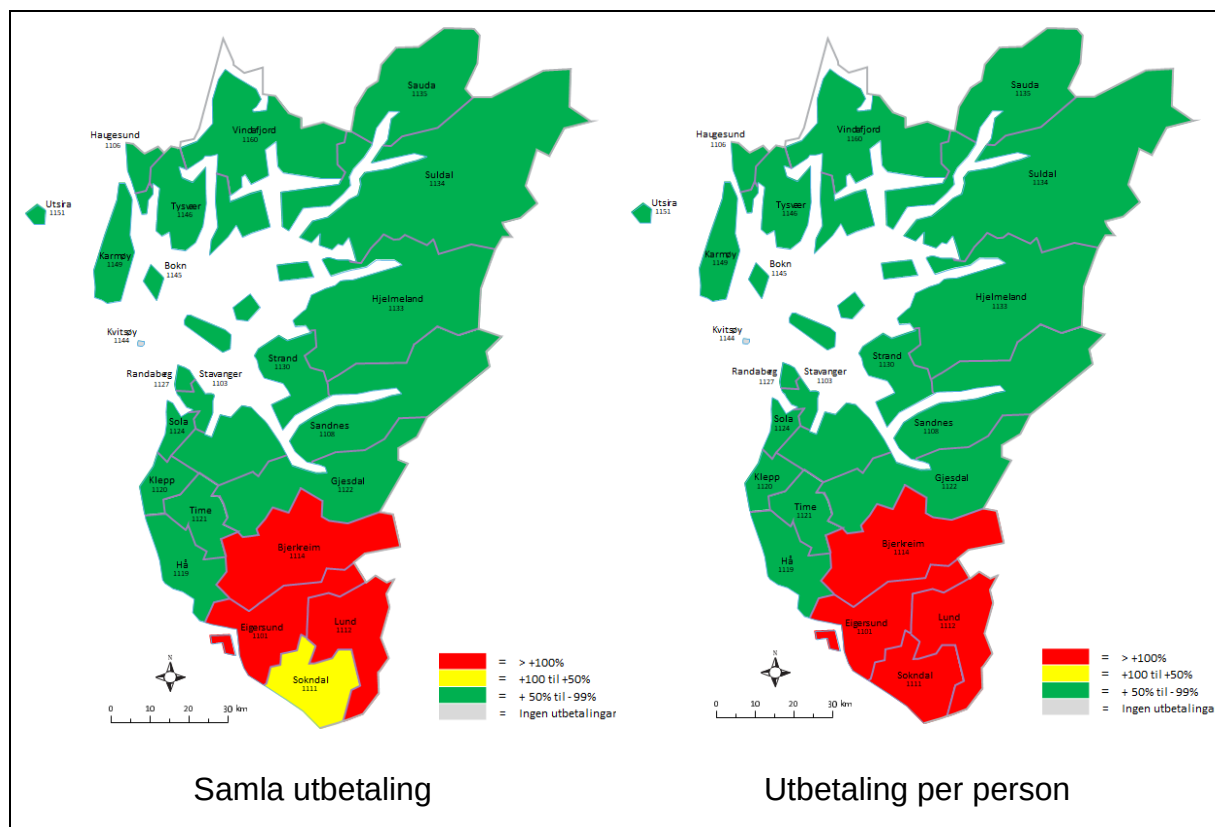
Figur 20 Samla forsikringsutbetaling i 1000 NOK for flaum i 2007-2017 i Rogaland; kommunar med nyare flaumsonekartleggingar er markert i raudt (Kjelde: Finans Norge)

Om vi ser på skadeutbetalingar *per person* blir lista i liten grad endra. Også ut frå dette perspektivet kjem dei same kommunane ut på topp; altså dei kommunane med størst samla utbetalingar er også dei mest størst utbetaling per innbyggjar.



Figur 21 Forsikringsutbetaling per innbyggjar for flaum i 2007-2017 i Rogaland; kommunar med nyare flaumsonekartleggingar er markert i raudt (Kjelde: Finans Norge)

Figuren under viser den kommunevise variasjonen i forsikringsutbetalingar for flaumskade for perioden 2007-2017, der vi har delt inn i fire kategoriar ut frå variasjon i høve gjennomsnittleg utbetaling per kommune. Det er dei sørlegaste kommunane som ut frå begge perspektiva – samla skadeutbetalingar og utbetaling rekna per innbyggjar - framstår som mest eksponert for flaumskadar gitt dagens klima.

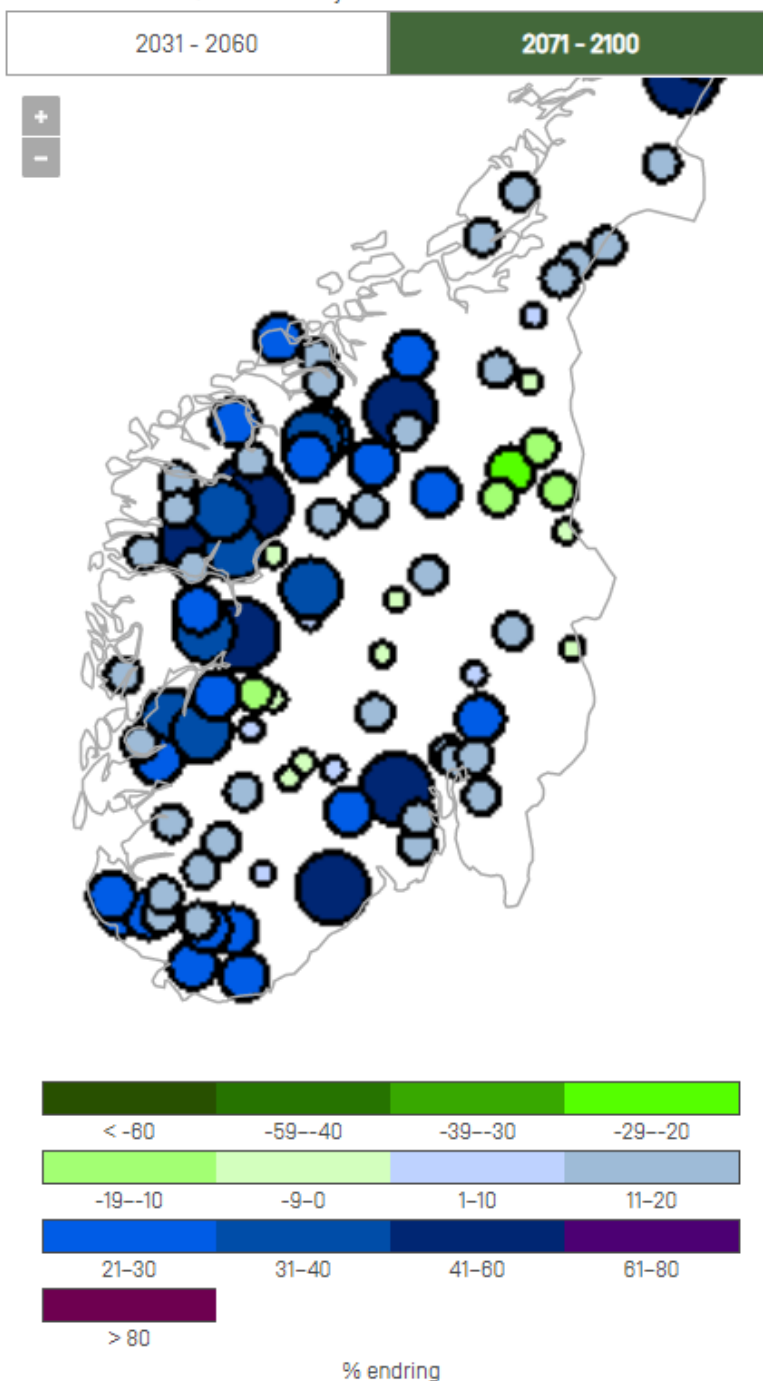


Figur 22 Kommunevis gradering av forsikringsutbetaling for flaum i 2007-2017 i Rogaland delt inn etter forskjell frå gjennomsnitt per kommune Kjelde: tilpassa data frå Finans Norge.

Eksponering for flaum ved eit endra klima

Tabellane og figurane over gjelder eksponering knytt til *dagens* klima, som er eit viktig utgangspunkt for vurdering av eksponering også for framtidens klima. Kartet under gjeld eksponering ved eit *endra* klima, og viser forventna prosentvis endring i 200-årsflaum for perioden 2017-2100 ut frå høgt globale utsleppsscenario (RCP8.5). Ser vi figuren over og under i samheng framstår det som at dei områdene som i dag er mest eksponering for flaum vil oppleve enda høgare eksponering framover, med om lag 30% auke i 200-årsflaummar i dei store vassdraga.

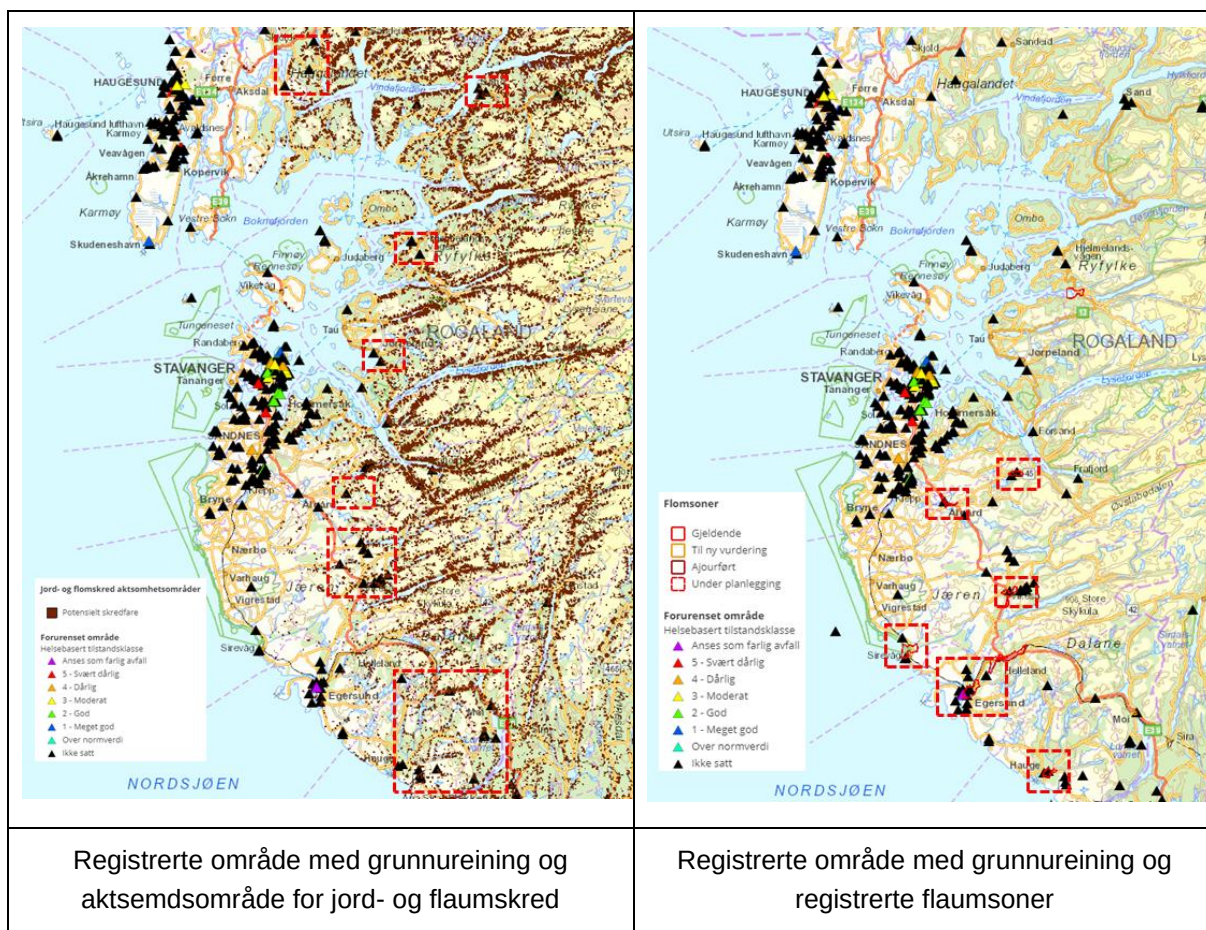
Flom for hele året, RCP8.5 - høyt



Figur 23 Forventa endring i 200-års flaum (%) frå perioden 1971-2000 til 2071-2100 for 115 vassdrag i Norge (www.klimaservicesenter.no)

I delrapport 1 blir det vist til at for elver ute ved kysten av Rogaland er det forventa eit klimapåslag på 20-30 % for flaum, medan elvene i innlandet har mindre enn 20 % forventa auke. I Rogaland er dei fleste elvene dominert av regnflaum om hausten og vinteren med dagens klima, og denne situasjonen vil truleg bli enda meir markant i framtida. Dei korte og kraftige nedbørsepisodane som truleg blir meir intense framover vil gjere dagens regnflaumar større.

På grunn av auka flaum og overvatn så vil det vere stor risiko for spreing av forureining frå deponi og forureina grunn. Figurane under er eit utsnitt frå grunnforureiningsdatabasen sett saman med kart som viser aktsemdsområde for jord- og flaumskred (til venstre) og registrerte flaumsoner (til høgre). Mogelege sårbare område er markert med raude firkantar. Her kan det vere aktuelt med meir detaljerte lokale analyser av eksponering.



Figur 24 Område med registrerte førekomstar av grunnureining og risiko offr naturskadehendingar²⁴

Sårbarheit

Figur 19 er brukt som utgangspunkt for å identifisere følgjande faktorar som kan påverke type og omfang for dei negative verknadane av flaum:

- Institusjonell kapasitet
 - Dårlig ny arealplanlegging
 - Eldre vedtekne arealplanar utan innarbeiding av ny kunnskap om naturskaderisiko
 - Dårlig kunnskapsgrunnlag

²⁴ <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>

- Arealbruk
 - Endring i infiltrasjonskapasitet i nedbørsfelt til vassdrag
 - Regulering av vassdrag
 - Arealbruk i område med ureina grunn
- Næringsliv
 - Monofisering av areal til jordbruksføremål

I eit tidlegare prosjekt (AREALKLIM) som analyserte kvaliteten på arealplanlegging opp mot faktiske naturskadehendingar, som m.a. inkluderte ein studie i Sokndal, blei det dokumentert at fleire av dei studerte områda har ein sårbarheit for flaumskade på grunn av dårleg arealplanlegging²⁵.

NVE har peikt på at det er for få målestasjonar i indre strøk av fylket, som inneber at det blir vanskeleg å produsere lokalt tilpassa IVF-kurver.

Endring av arealbruk kan auka sårbarheit for flaum, og gjeld særleg endringar som reduserer den naturlege infiltrasjonskapasiteten. Dette kan skje gjennom nedbygging og drenering av myr og våtmark, inngrep i og langs vassdrag (kanalisering, plastring av elvekantar, fjerning av kantsone, attgroing av elveløp), at skog blir fjerna, og ved endring av markdekke og vekstar i jordbruksareal.

Regulering av vassdrag har i mange tilfelle blitt motivert også for å førebyggje flaum, og dette temaet har dukka opp også i nyare tid som eit klimatilpassingstiltak. Samstundes har endringar i energilova gjort det vanskelegare med offentleg innsyn i køyring av vassmagasina, t.d. ut frå omsyn til flaumførebyggjande.

Dersom ikkje forureina grunn er sikra mot flaum (og havnivåstigning og overvatn) så vil utvasking av forureina grunn kan føre til dårleg miljøtilstand i nye områder. Avfallsstoffa blir spreidd ukontrollert og kan dermed påføre ekstra påkjenning på andre miljø til dømes urbane strøk, landbruk, naturen generelt og verneområde med spesielt sårbare artar.

Ein annan ting som kan auke sårbarheita er at det er ikkje alle førekomstar av forureina grunn som er registrert i databasen til miljødirektoratet²⁶. Dette kan føre til at lokal kunnskap om grunnforhold ikkje blir vekta når ein skal vurdere konsekvensar i flaumsoner og finne gode tiltak for klimatilpassing. I tillegg er det fare for at kommunar gløymer eller ikkje er oppmerksam på å ta med dette kartlaget inn i risikovurderinga.

²⁵ https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-notat-5-2015-arealklim_synteserapport_endeleg.pdf

²⁶ <https://grunnforurensning.miljodirektoratet.no/>

Risiko

I tabellen under har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering for flaum kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønska hendingar. Vi har ikkje grunnlag for å gjere ei kvantitativ rangering av dei ulike risikoforholda; heller ikkje korleis forventa klimaendringar vil kunne påverke den interne rangeringa eller storleiken på risikoforholda vist i tabellen. Eit poeng som kan lesast ut av tabellen er at endring av infiltrasjonskapasitet til nedbørsfelt i vassdrag er eit særleg kritisk område, eventuelt i kombinasjon med manglande innarbeiding av omsyn til flaumfare og klimaendringar i eldre arealplanar. Vi har ikkje grunnlag for å hevde noko spesifikt om dette, men dei nye statlege planretningslinjene for samordna klima- og energiplanlegging opnar opp for å omregulere vurdere om klimaendringar har medført auka klimarisiko i eksisterande infrastruktur omfatta av tidlegare vedtekne arealplanar.

Tabell 7 Vurdering av klimarisiko for flaum i Rogaland

Sårbarheit	Eksponering							
	Liv og helse	Gravplassar	Deponi	Kulturminne	Byområde/tett	Naturmangfald	Landbruk	Anna
Institusjonell kapasitet								
• Dårleg ny arealplanlegging	(X)	0	0	(X)	(X)	0	0	0
• Manglande omsyn til flaumfare og klimaendringar i eldre planar	X	X	X	X	X	0	0	0
• Dårleg kunnskapsgrunnlag i planlegging	(X)	0	(X)	(X)	(X)	0	0	0
Arealbruk								
• Endring i infiltrasjonskapasitet i nedbørsfelt til vassdrag	X	X	X	X	X	X	X	X
• Regulering av vassdrag	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
Næringsliv								
• Monofisering av areal til jordbruksføremål	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	X	(X)

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Fleire trekk ved samfunnsutviklinga vil kunne påverke klimarisikoen ved flaum. På eit generelt nivå vil *eksponeringa* knytt til flaum kunne bli påverka ved følgjande trekk i samfunnsutviklinga:

- Auka lokalisering av transportårer, bustad- og næringsareal i eller i nærleiken av flaumutsette område
- Endringar i jordbruket som påverkar fordrøyningskapasiteten i jordbruksareal, t.d. nedlegging av jordbruk i nærleiken av flaumutsette område (brakklegging),

endring av driftsformer og vekstar (t.d. meir open åker i flaumperiodar) eller endringar i kulturlandskapet (t.d. fjerning av tre og anna kantvegetasjon med stor kapasitet til å halde på vatn).

- Endringar i drift og vedlikehald av naturområde, t.d. fjerning av skog i nedbørsfelt (kan redusere kapasitet til å halde på vatn, og endring av kantvegetasjon langs vassdrag (fjerning kan redusere kapasitet til å halde på vatn, medan gjengroing kan auke fare for tetting av elveløp med påfølgjande risiko for midlertidig oppdemming ved trefall og påfølgjande spyleflaum).

Av eksterne hendingar er det også ofte slik at store klimarelaterte hendingar – og det treng ikkje vere i den aktuelle kommunen eller ein skredhending – kan styrke innsatsen innan klimatilpassing, og dermed redusere klimarisikoen knytt til (i dette tilfellet) skred.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Under er ført opp nokre forslag til aktuelle tilpasningstiltak ut frå same inndeling og struktur som vist i innleiinga.

Styrke institusjonell kapasitet

- Styrke kunnskapen om flaum og klimaendringar
- Styrke samarbeidet mellom sektorar som blir råka av flaum og sektorar som er involvert i arealplanlegging.

Analysere sårbarheit

- Etablere fleire målestasjonar for nedbør (MET.no må ha minst ti år med data frå ein målestasjon for å kunne produsere IVF-kurver)
- Trong for meir vassmåledata i vassdrag?
- Trong for fleire flaumanalysar som inkluderer klimapåslag?
- Supplere eksisterande flaumfarevurderingar med vurdering av utgravingsfare?
- Lokale analysar av flaumfare også i små bekkevassdrag?
- Samle inn lokal informasjon og registrere grunnforureining i databasen for grunnforureining. Det er fylkeskommunen som godkjenner desse registreringane, men kommunar har anledning til å legge inn informasjon til godkjenning.
- Vurdere risiko for utvasking av grunnforureining ved klimaendringar som flaum, overvatn og stormflo.

Informere om sårbarheit

- Informere utbyggjarar og kjøparar av eigedommar om potensiell flaumfare.

Vente-og-sjå

- Vente med eventuelle planar om ny regulering av vassdrag til betre kunnskap er tilgjengeleg om effekten av dette.

Effektinnretta tiltak

- Investere i flaumsikringstiltak
- Verne – evt tilbakeføre - våtmarksområde med eit stort flaumdempande potensiale
- Sikre god 'drift' av vassdrag for å sikre optimal flaumdempande effekt.
- Analysere om eksisterande manøvreringsreglement for utbygde vassdrag tek tilstrekkeleg omsyn til flaumdemping i situasjonar med oftare/større ekstremnedbørssituasjonar
- Utføre/pålegge sikringstiltak/opprydding der det er naudsynt..

I NVE sitt oversyn over registrerte sikringsbehov når det gjeld flaum er det ført opp fire prosjekt i Rogaland (sjå tabell under).

Tabell 8 Behov for sikringstiltak mot flaum identifisert av NVE²⁷

Kommune	Prosjekt	Kostnad (kr)
Bjerkreim	Flaumsikring Vikeså	25 000 000
Eigersund	Flaumsikring Egersund	15 000 000
Hå	Flaumsikring Hå	60 000 000
Lund	Flaumsikring Moi	100 000 000
Sokndal	Flaumsikring Sokndalen	150 000 000

Årsaksinnretta tiltak

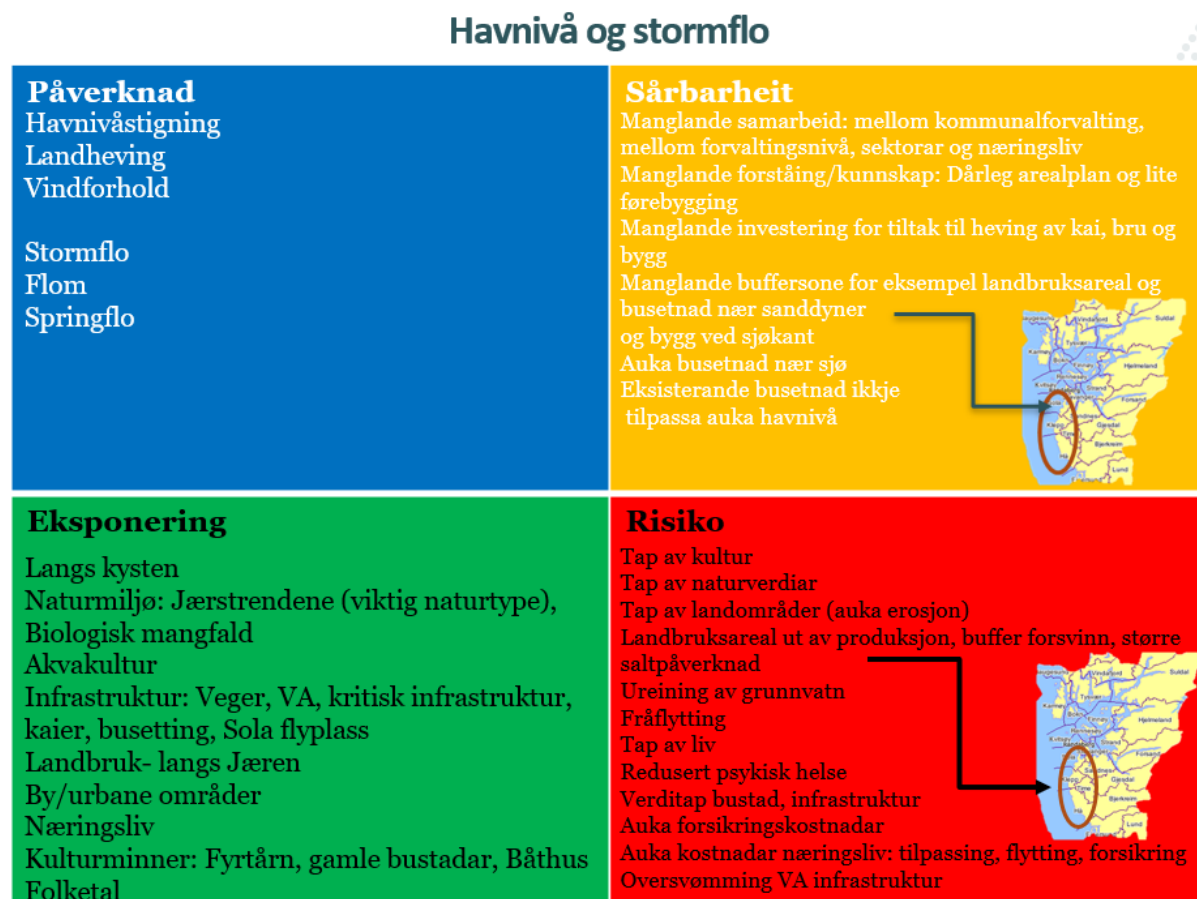
- Ta omsyn til framtidig endring i flaumfare i arealplanlegginga
- Avklare – om naudsynt gjennom rettssak – vilkår for å førebyggje flaumfare i eksisterande byggeområde (jf. opning for omregulering i Statlege planretningsliner).

²⁷ <https://www.nve.no/flaum-og-skred/sikrings-og-miljotiltak/oversikt-over-behov-for-flom-og-skredsikringstiltak-sortert-pa-fylker-og-kommuner/?ref=mainmenu>

Havnivå og stormflo

Verknadskjede analyse

Figuren under oppsummerar verknadskjede-analysen utført av representantane for Rogaland fylkeskommune på temaet havnivå og stormflo.



Figur 25 Verknadskjede analyse for tema havnivå og stormflo utført av Rogaland fylkeskommune

Påverknad

Figur 25 lister opp følgjande påverknadsfaktorar:

- Havnivåstigning
- Landheving
- Vindforhold
- Stormflo
- Flaum
- Springflo

Dei viktigaste årsakene som får havnivået til å stige er auka havtemperatur – som fører til utviding av vassmassar - og smelting av isbrear. Landheving vil motverke denne effekten. Stormflo oppstår når påverknaden frå vêr, spesielt lågtrykk og vind,

gjør vasstanden ekstra høg. Dersom stormflo skjer samtidig som høgt tidevatn (springflo) kan ein oppleve særskild høg havnivåstiging. Flo-nivået vil auke framover som følgje av klimaendringar, medan det er meir usikkert om (og eventuelt i kva grad og korleis) vindsituasjonen vil bli endra.

Som påpeikt i delrapport 1 er ytre deler av Rogaland blant dei områda i Norge som vil oppleve den største auken i havnivået. For dei indre kommunane vert effekten av havnivåstiging bremsa av landhevinga. For mange av kommunane i fylket vil havnivåstiginga ligge på om lag 80 cm fram til 2081-2100, men ned mot 64 cm for indre deler av fylket. Det er samstundes fare for at havnivåstiginga kan bli større enn dette sidan estimata frå FNs klimapanel er forsiktige.

I «Notat 1:2019 Regionalplan for klimatilpasning i Rogaland» er det peikt på at flaum kan auke skadeomfanget ved havnivåstiging, men dette er så langt ikkje dokumentert som relevant for norske forhold i følgje NVE (Ryalen & Orvedal, 2015). Eit betre datagrunnlag kan føre til endra konklusjonar på dette området.

Eksposering

Basert på Figur 25 og delrapport 1 kan vi liste opp følgjande samfunnsinteresser som eksponert for negative verknadar av havnivåstiging og stormflo:

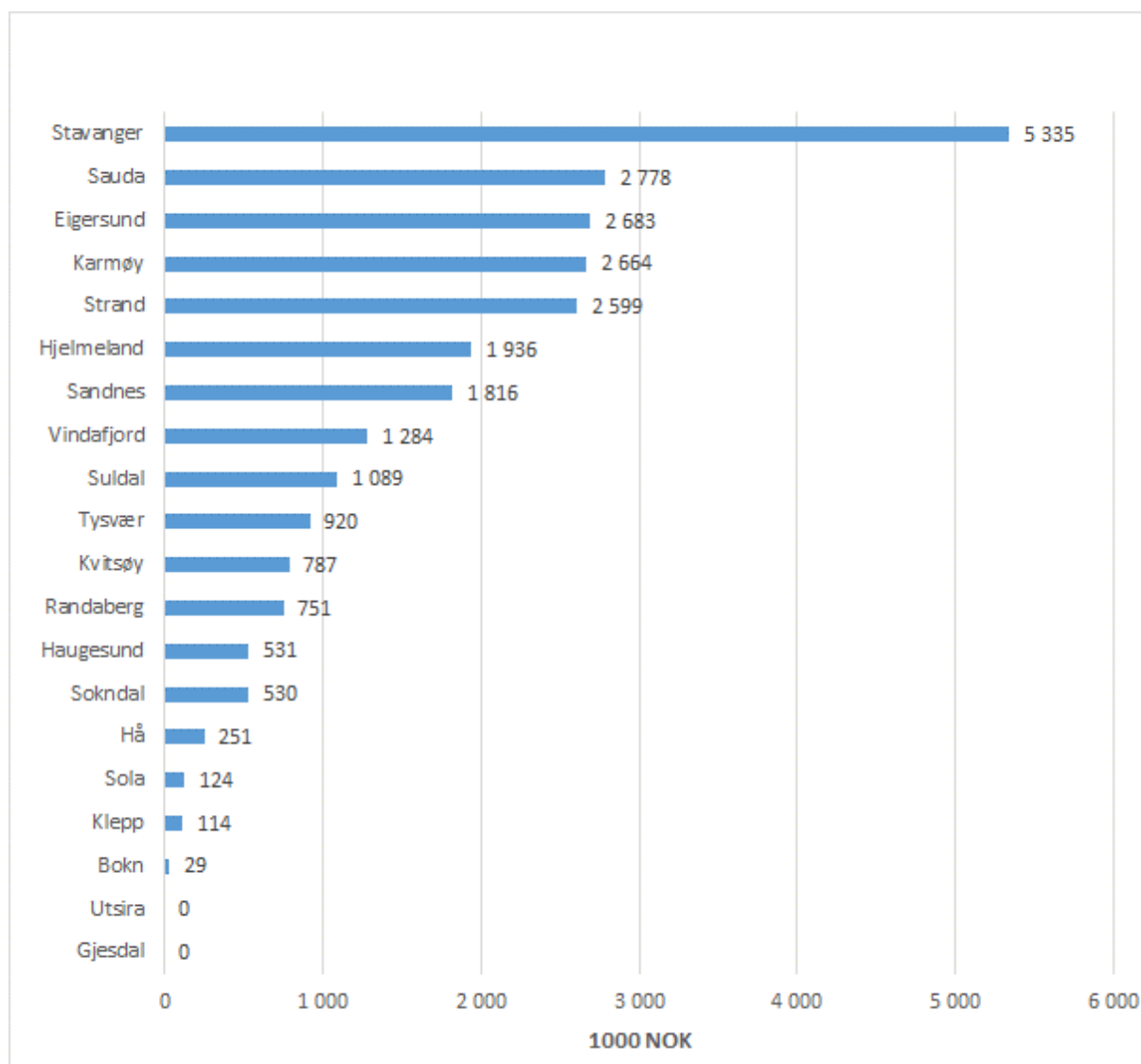
- Befolkning
 - Liv og helse
- Fysisk infrastruktur
 - Kystnær fysisk infrastruktur (urbane område, vegar, vatn og avløp, kaier, busetnad, vegar, Sola flyplass)
- Areal
 - Kystnært natur- og kulturmiljø
- Næringsliv
 - Kystnært næringsliv (akvakultur, jordbruk)

Innbyggjarar kan bli råka direkte, gjennom skade på liv og helse ved stormflo, eller indirekte på ulike måtar, t.d. økonomisk frå skade på private bustader. Alle formar for kystnære arealtilknytte interesser – natur-, kultur-, infrastruktur- og næringsinteresser – vil tilsvarande også kunne bli direkte råka. Viktig kystnære naturtyper som Jærstrendene vil verte direkte ramma. Dette er landskapsvernområde med rikt fugleliv og leveområde for mange nasjonalt sjeldne og dels trua vegetasjonstypar. Her er det viktige områder for å ivareta biologisk mangfald som kan vere trua.

Når det gjelder kulturmiljø er faste kulturminne - som gamle bustader i kystsona, fyrtårn og båthus – i mange tilfelle utsette for både havnivåstiging og stormflo. Det same gjeld store område med fysisk infrastruktur og næringsverksemd. Liten til ingen del av desse er tilpassa stiging i havnivå som går særleg ut over 1 meter stormflo.

Regional variasjon i eksponering for stormflo med dagens klima

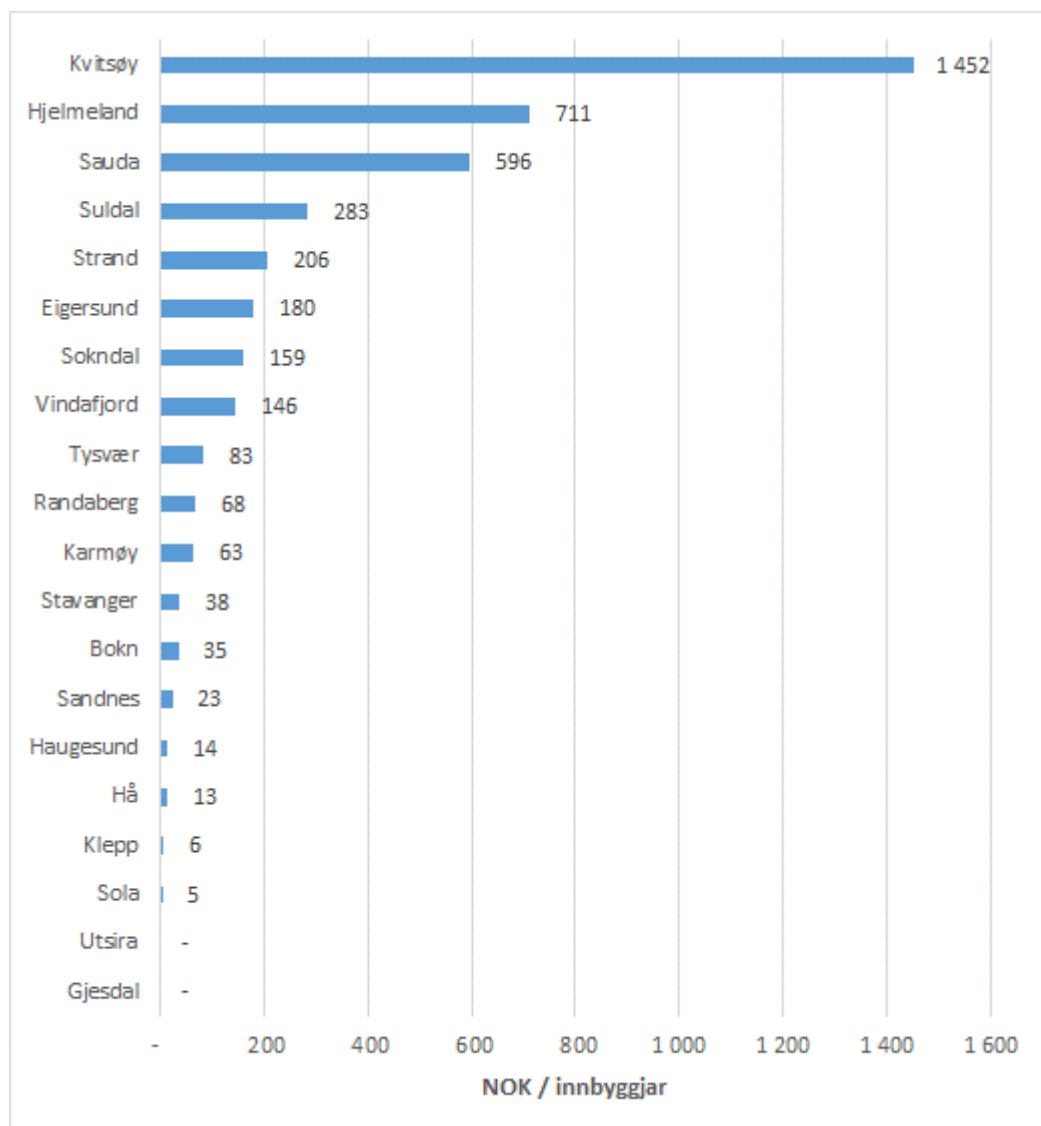
Rogaland er alt med *dagens* klima eksponert for påverknad frå *stormflo*. For perioden 2007-2017 er det i følge tal frå Finans Norge betalt ut forsikringspremie for skade som følge av stormflo på til saman 27 millionar kroner, der dei fire kommunane Karmøy, Eigersund, Sauda og Stavanger til saman står for halvparten av utbetalingane. Merk at vi ikkje har tatt med innlandskommunane Lund, Bjerkreim og Time i figurane under.



Figur 26 Samla forsikringsutbetaling i 1000 NOK for stormflo i 2007-2017 i Rogaland; kommunar med gjennomført flaumsonekartleggingar er markert i raudt (Kjelde: Finans Norge)

Om vi ser på skadeutbetalingane *per innbyggjar* endrar rangering av kommunar seg mykje, ved at dei folkerike kommunane (Stavanger, Karmøy, Sandnes og Haugesund) rykkjer ned på lista – medan den i denne samanhengen svært utsette (med lavt folketal) kommunen Kvitsøy rykkjer opp på toppen av lista. Dette henge naturleg saman med at det er areal tett til kysten som rimelegvis er utsett, slik at

kommunar med stor del av folketalet nær kyststripa (og dermed ein indikator på størst del verdiar som kan bli råka) slår ut med høgt tal for både samla utbetaling og utbetaling per innbyggjar.

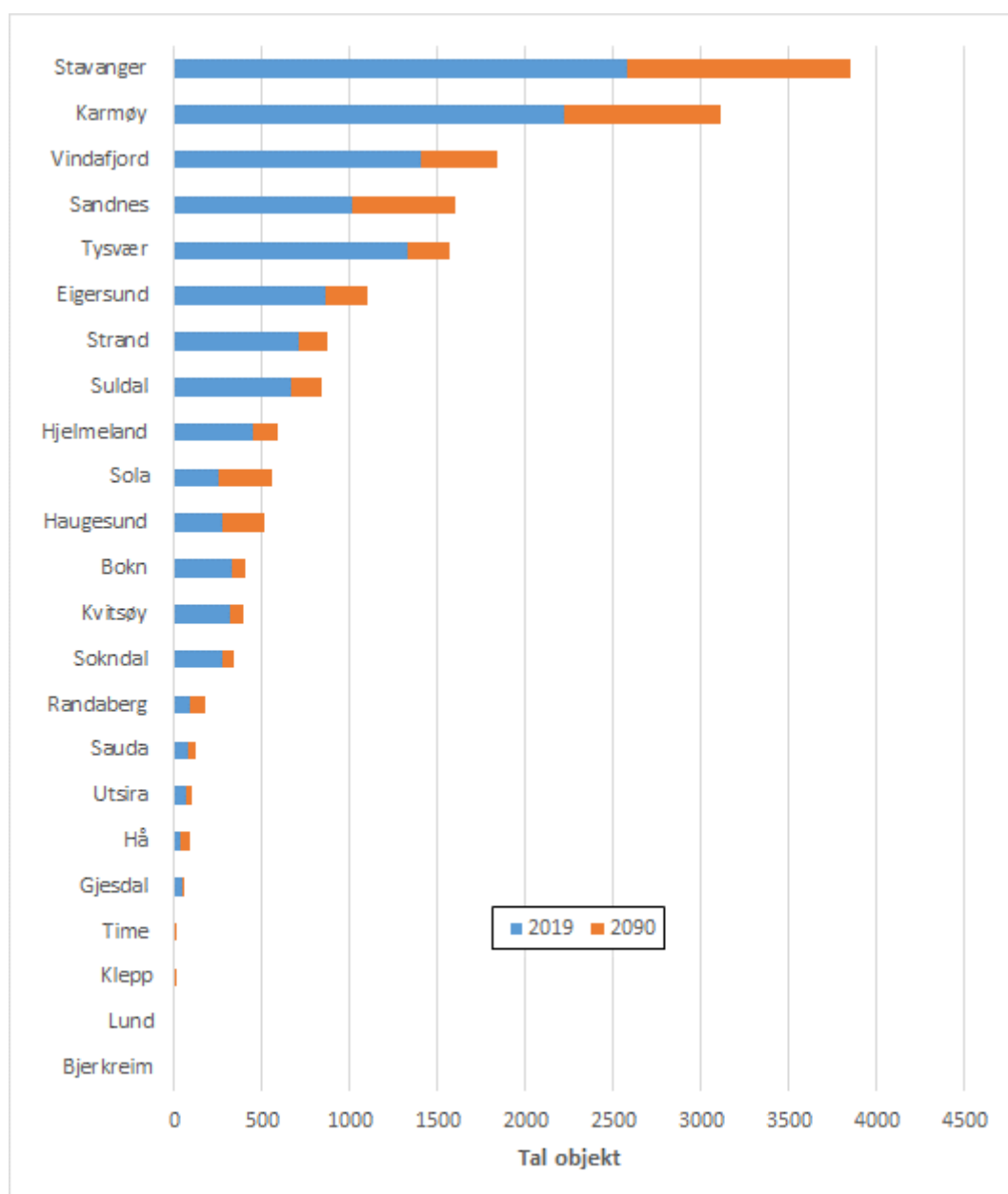


Figur 27 Forsikringsutbetaling per innbyggjar for stormflo i 2007-2017 i Rogaland (Kjelde: Finans Norge)

Regional variasjon i eksponering for stormflo ved eit endra klima

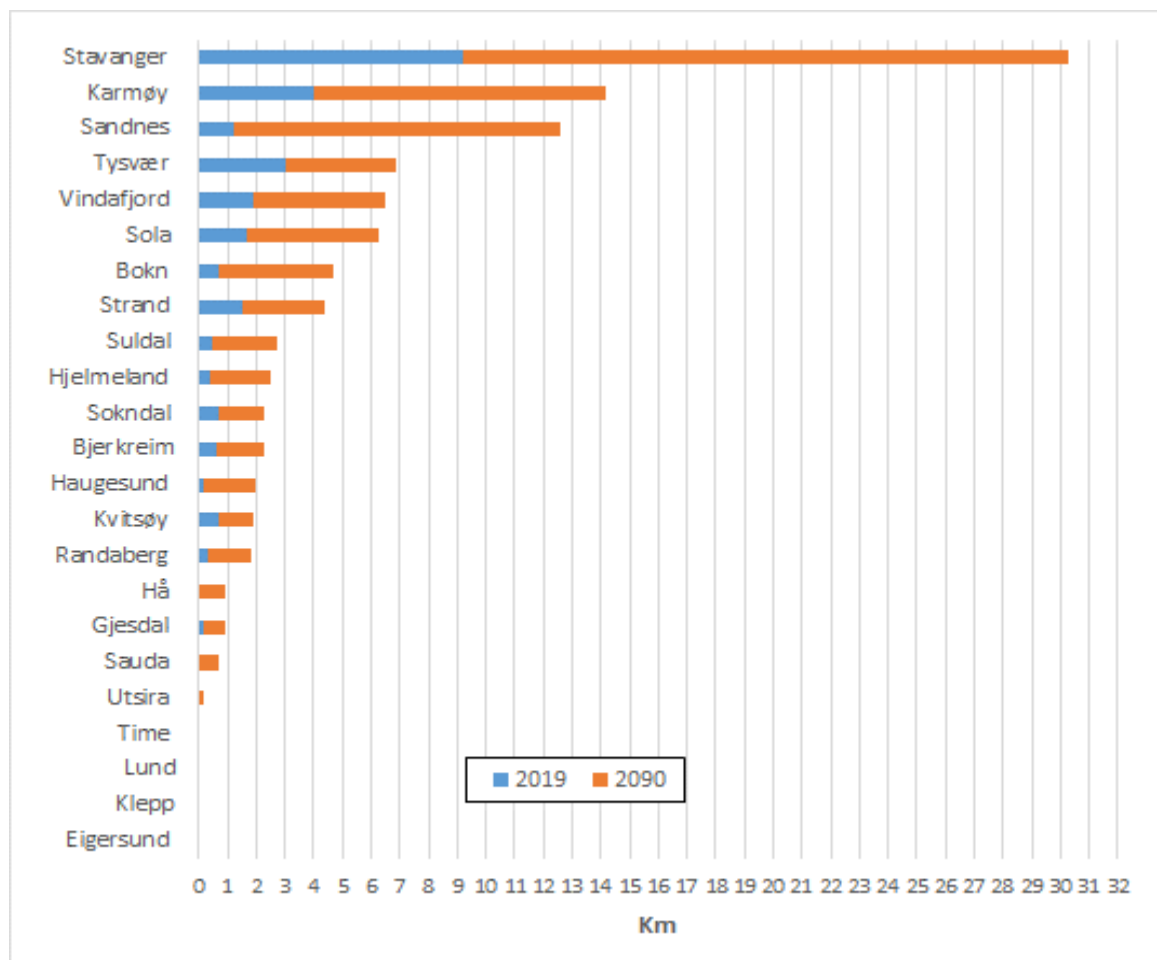
I «Notat 1:2019 Regionalplan for klimatilpasning i Rogaland» er det gjort ei omfattande kartlegging av arealbruksinteresser lokalisert i risikoområde for 200-års stormflo i 2019 og 2090, og risikoområde for havnivåstigning i 2090. For situasjonen med dagens klima (2019) er det identifisert 11 698 bygningar i fylket som kan påverkast ved ein stormflo med 200 års gjentakinterval. Hovuddelen av desse er ulike kategoriar av bustader (boligbygning, boliggarasje og uthus og fritidsbolig), nemleg 78 % av dei bygningane som har latt seg kategorisere. Med ei forventa havnivåstigning er talet på utsette bygningar rekna å auke med 36 %, til 15 938.

Størst prosentvis auke er i kommunane Time, Hå og Sola, medan størst auke i tal bygningar er i Stavanger (+1279) og Karmøy (+889). Dei fire kommunane Stavanger, Karmøy, Vindafjord og Tysvær står til saman for halvparten av dei utsette bygningane i 2090. Fylkeskommunen har også identifisert tal busette, og variasjonen følgjer om lag same mønster som for bygningar – men med fleire kommunar utan tal busette i risikoområde i og med at mange av dei registrerte bygningane er utan fast busetnad. I 2090 er det vurdert at 3 843 personar er busette i risikoområda for stormflo, der brorparten (80%) er busett i kommunane Stavanger, Sandnes og Haugesund.



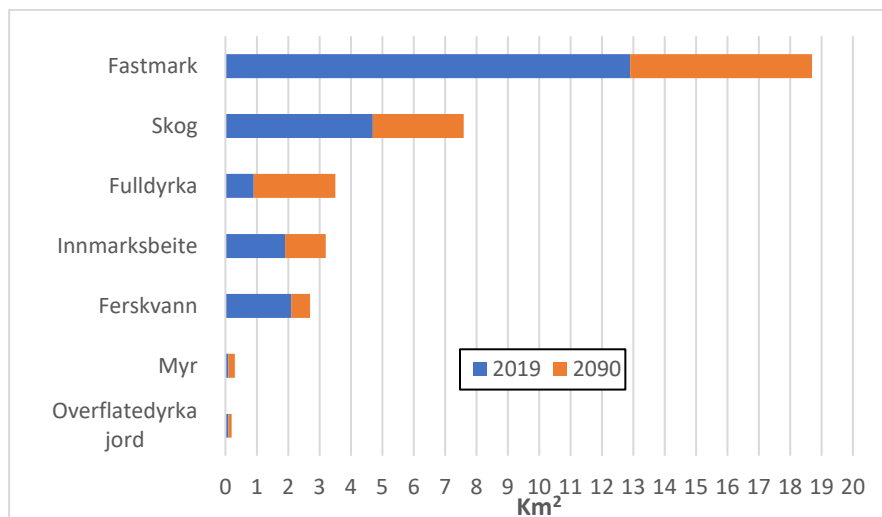
Figur 28 Tal bygningar som kan påverkast ved ein stormflo med 200 års gjentakinterval i 2019 og 2090 (Rogaland fylkeskommune, 2019)

Fylkeskommunen har vidare kartlagt omfanget av vegar som på same måte som over er i dag og vil bli i 2090 påverka ved ein stormflo med 200 års gjentaksinterval. Samla veglengde som er utsett i 2019 er 27 km, og denne veglengda vil auke med nesten 300 % til 105,8 km i 2090. Størst prosentvis auke vil skje i Sandnes (+950%) og Haugesund (+900%), medan størst auke i tal km vil skje i Stavanger (+21,1 km), Karmøy (+14,2 km) og Sandnes (+12,6 km). Private vegar utgjer 41% av samla eksponert veglengd i 2090, medan delen for kommunale vegar er 39%, fylkesvegar 20% og riksvegar 1%.



Figur 29 Lengd vegar som kan påverkast ved ein stormflo med 200 års gjentaksinterval i 2019 og 2090 (Rogaland fylkeskommune, 2019)

Fylkeskommunen har også vurdert kva type areal som kan bli påverka av stormflo, i figuren under vist utanom bygd areal og areal for samferdsel (som er vist over). Den største arealtypen er fastmark, som i 2090 vil utgjere om lag halvparten – medan jordbruksareal (fulldyrka + overflatedyrka + innmarksbeite) i 2090 vil utgjere om lag 20%. Samla eksponert areal aukar med om lag 60% frå 22,7 km² i 2019 til 36,2 km i 2090. Ei tilsvarende vurdering er gjort for friluftsliv, i form av fotruter, stiar og sykkelruter – der 30,1 km samla sett er eksponert i 2019, og dette talet vert dubla til 63,1 km i 2090. Stiar utgjer den største delen, med nesten 90% av samla lengd.

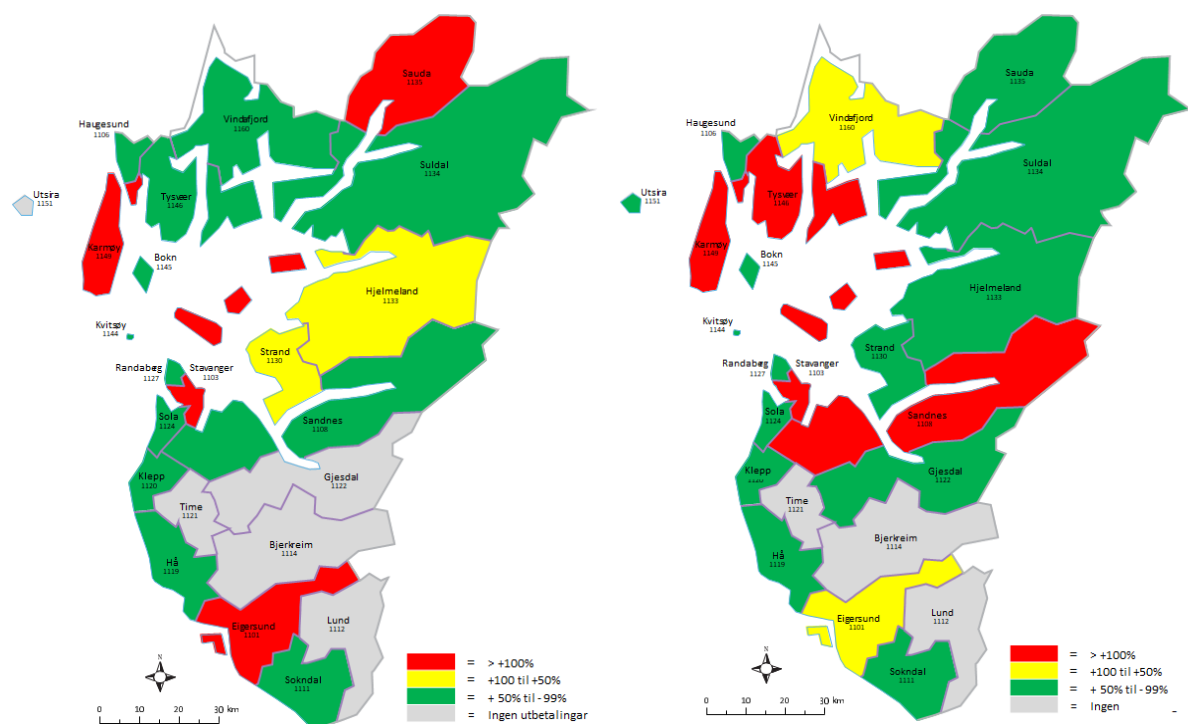


Figur 30 Ulike typar areal som kan påverkast ved ein stormflo med 200 års gjentaksinterval i 2019 og 2090 (Rogaland fylkeskommune, 2019)

Figuren under viser den kommunevise variasjonen av to datasett: (1) Forsikringsutbetalingar for stormskader for perioden 2007-2017 (til venstre), og (2) tal fysiske objekt (bygningar + SEFRAK registrerte bygningar + formineobjekt) som kan påverkast ved ein stormflo med 200 års gjentaksinterval i 2090. For begge datasett har delt inn i fire kategoriar ut frå variasjon i høve gjennomsnittleg talverdi for kvar av datasetta.

Eksponering for stormflo i dagens versus morgondagens klima

Det første datasettet er ein indikasjon på den faktiske sårbarheita i dag – gitt dagens klima – medan det andre datasettet er ein indikasjon på kor eksponert samfunnet er for stormflo. Sett under eitt viser datasetta at kommunar med kyst som er eksponert for sørvestleg vindretning framstår som mest sårbare. Figuren under indikerer at kommunane Sandnes og Tysvær vil bli særleg eksponert fram mot 2090 samanlikna med situasjonen det siste tiåret.



Rangering av kommunar ut frå samla forsikringsutbetaling for stormflo i 2007-2017

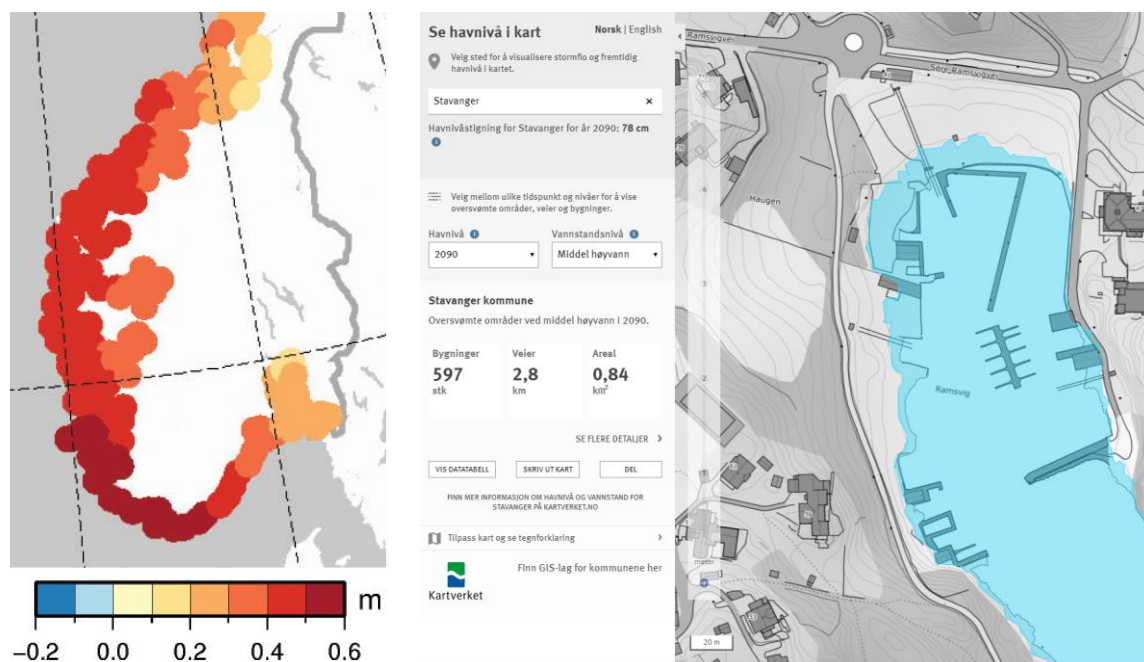
Rangering av kommunar ut frå tal objekt eksponert for 200 års stormflo i 2090

Figur 31 Indikatorar eksponering for stormflo gitt dagens (til venstre) og morgondagens (til høgre) klima, basert på tal frå Finans Norge (til venstre) og Rogaland fylkeskommune (til høgre)

Eksponering for havnivåstigning

Havnivåstigning er eit viktig element i det å vurdere eksponering for stormflo-hendingar, men utgjer eit sjølvstendig problem også utanom situasjonar med sterk vind og flo. Under er vist eit kart som viser at stigninga vil vere størst i fylket (og i Norge) langs kyststripa som vender sør-aust (Jæren). Kartet til høgre er eit døme på informasjon som kan hentast ut frå Statens kartverk om ²⁸.

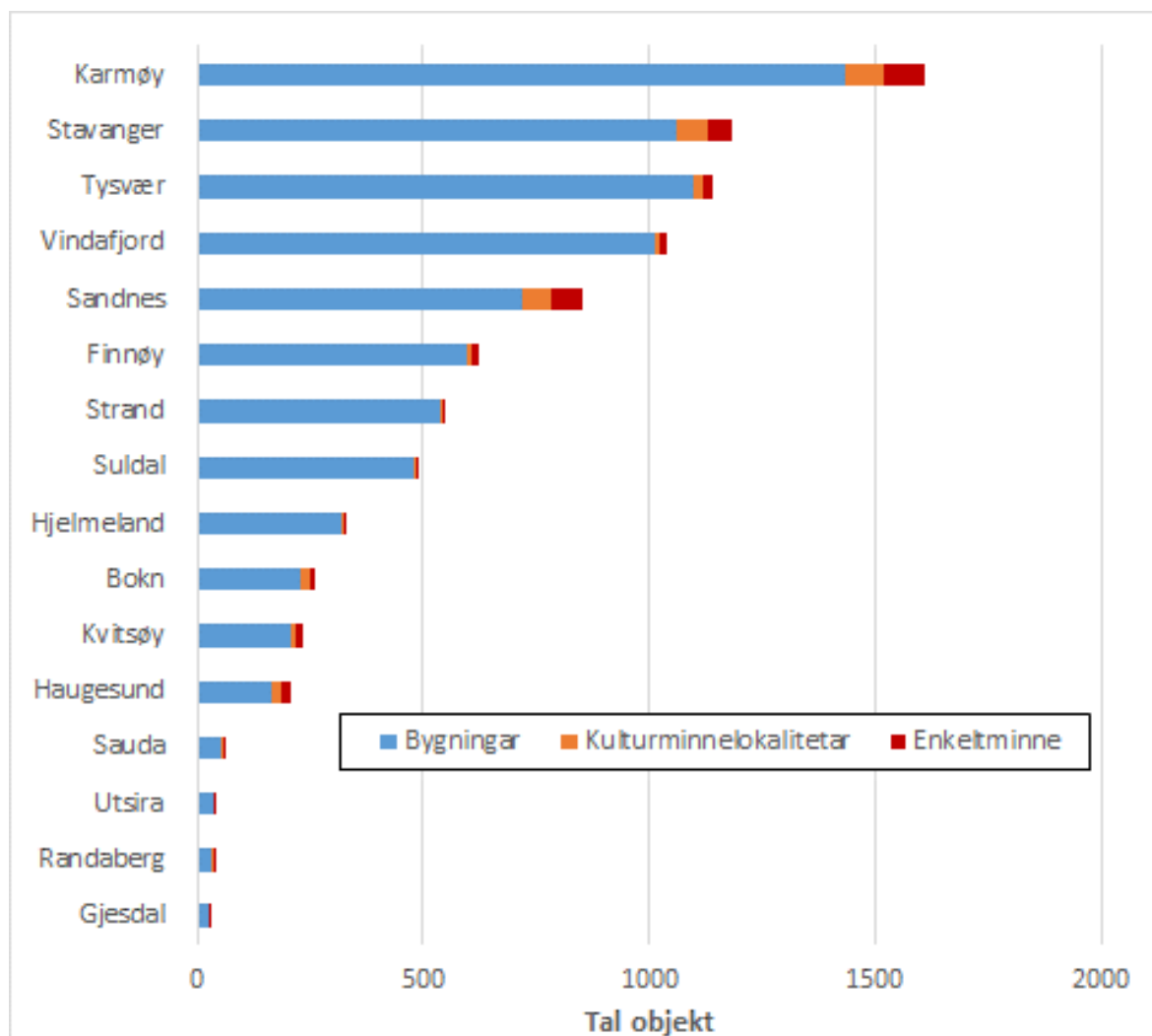
²⁸ <https://www.kartverket.no/sehavniva/se-havniva-i-kart/>



Figur 32 Endring av relativt havnivå fra 1986-2005 til 2081-2100 i Sør-Norge (til venstre) og endring i middel høyvann i 2090 (utsnitt Stavanger)

Fylkeskommunen har vurdert også dette forholdet, men på grunn av manglende data for havnivåstigning fra Statens Kartverk sin database er ikke følgende kommuner omfatta i analysen²⁹: Sola, Klepp, Hå, Eigersund og Sokndal. Det er gjort vurderingar for bygninger, tal busette, lengde veg og kulturminne. Talgrunnlaget for busette og lengd veg er såpass lite at vi ser bort frå desse tala her. Figuren under viser den kommunevise fordelinga av tal bygninger, kulturminnelokalitetar og einskildminne. Halvparten av dei eksponerte objekta er omfatta av kommunane Stavanger, Vindafjord, Tysvær og Karmøy.

²⁹ <https://kartverket.no/sehavniva/se-havniva-i-kart/>



Figur 33 Tal objekt som kan bli oversvømt ved havnivåstigning fram mot 2090 (Rogaland fylkeskommune, 2019)

Sårbarheit

Figur 25 gjev grunnlag for å formulere følgjande faktorar for kva som kan påverke type og omfang for dei negative verknadane av stormflo og havnivåstigning:

- Institusjonell kapasitet
 - Manglande samarbeid mellom offentleg og privat verksemd
 - Manglande samarbeid mellom ulike forvaltningsnivå
 - Manglande samarbeid på tvers av sektorar innan forvaltninga
 - Kunnskapsmangel
- Arealplanlegging
 - Dårleg arealplanlegging og lite førebygging
 - Manglande buffersoner – t.d. for landbruksareal og busetnad nær sanddyner og bygg ved sjøkanten
- Fysisk infrastruktur
 - Auka busetnad nær sjø
 - Eksisterande busetnad er ikkje tilpassa auka havnivå

- For lite investering for heving av kai, bru og anna offentleg infrastruktur nær sjø

I ein oppdatering av kunnskap om klimatilpassing gjort av CICERO og Vestlandsforskning for Miljødirektoratet blir det peikt på at alle dei forholda vist til over under punktet «institusjonell kapasitet» er kritiske i arbeidet med klimatilpassing i Norge³⁰.

I prosjekt «Arealplanlegging og beredskap for fremtidens klima» (AREALKLIM) ved Vestlandsforskning og Høgskulen på Vestlandet blei 10 naturskadehendingar analysert ved bruk av ein forvaltningsrevisjonstilnærming, og konklusjonen var at betre planlegging kunne redusert skadepotensialet vesentleg i 9 av dei 10 analyserte hendingane³¹.

Ein eldre analyse frå Riksrevisjonen viser at det er eit vedvarande press på bygging nær sjø, også i Rogaland³². Vedlikehalds- og investeringsetterslep i høve dagens klima blei alt i NOUen om klimatilpassing peikt på som ein viktig sårbarheitsfaktor i høve både dagens og framtidens klima³³. I prosjektet «Naturskader - kostnader ved forebygging vs. gjenoppbygging av kommunalt eid infrastruktur» gjort av Vestlandsforskning for m.a. KS og Statens Vegvesen blir det vist til at førebygging i dei fleste tilfelle er langt meir lønsam enn å reparere i etterkant av ein naturskadehending, men at utfordringa er å få til gode analysar av kor og korleis effektive førebyggingstiltak bør setjast inn³⁴.

Risiko

I tabellen under har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering for havnivåauke og stormflo kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønska hendingar. I motsetnad til for fleire andre tema så framstår ikkje mangel på kunnskap som ein alvorleg risikofaktor, sjølv om dette er relevant også her. Dei viktigaste risikofaktorane er truleg knytt til arealplanlegging og lokalisering av fysisk infrastruktur.

³⁰ <https://pub.cicero.oslo.no/cicero-xmlui/bitstream/handle/11250/2582720/Rapport%202018%2014%20web.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

³¹ https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-notat-5-2015-arealklim_synteserapport_endeleg.pdf

³² https://evalueringsportalen.no/evaluering/riksrevisjonens-undersokelse-av-baerekraftig-arealplanlegging-og-arealdisponering-i-norge/Dok_3_11_2006_2007.pdf/@inline

³³ <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2010-10/id624355/>

³⁴ https://www.vestforsk.no/sites/default/files/migrate_files/vf-rapport-4-2015-forebygging-av-naturskade-enedelig.pdf

Tabell 9 Vurdering av klimarisiko for havnivåauke og stormflo i Rogaland

Sårbarheit	Eksponering			
	Liv og helse	Kystnær fysisk infrastruktur	Kystnært natur- og	Kystnært næringsliv
Institusjonell kapasitet				
• Manglande samarbeid mellom og innan offentleg og privat verksemd	(X)	(X)	(X)	(X)
• Kunnskapsmangel	(X)	(X)	(X)	(X)
Arealplanlegging				
• Dårleg arealplanlegging og lite førebygging	(X)	X	(X)	X
• Manglande buffersoner – t.d. for landbruksareal og busetnad nær sanddyner og bygg ved sjøkanten	0	(X)	X	X
Fysisk infrastruktur				
• Auka busetnad nær sjø	X	X	0	0
• Eksisterande busetnad er ikkje tilpassa auka havnivå	X	X	0	0
• For lite investering for heving av kai, bru og anna infrastruktur nær sjø	0	X	0	X

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Det viktigaste forholdet ved samfunnsutviklinga som kan påverke klimarisikoen ved havnivåauke og stormflo er rimelegvis knytt til kystlina, og då særleg tre forhold:

- I kva grad arealbruk til utbyggingsføremål held fram med å ta i bruk område i nærleiken av sjøkanten
- Korleis arealbruken utanom utbyggingsføremål utviklar seg i sonen mellom kyststripa og bakarealet, og då særleg knytt til jordbruksareal.
- Korleis kritisk infrastruktur nær sjø blir forvalta

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Under er ført opp nokre forslag til aktuelle tilpasningstiltak ut frå same inndeling og struktur som vist i innleiinga.

Styrke institusjonell kapasitet

- Styrke samarbeidet mellom offentleg og privat verksemd og mellom ulike sektorar og forvaltningsnivå innafor offentleg sektor.

Analysere sårbarheit

- Styrke kunnskapen om korleis havnivåstigning i kombinasjon med endra vind kan påverke eksponerte kystområde

Effektinnretta tiltak

- Heve eller på anna måte sikre kritisk fysisk infrastruktur som er eksponert for havnivåstigning og auka sannsyn for stormflo

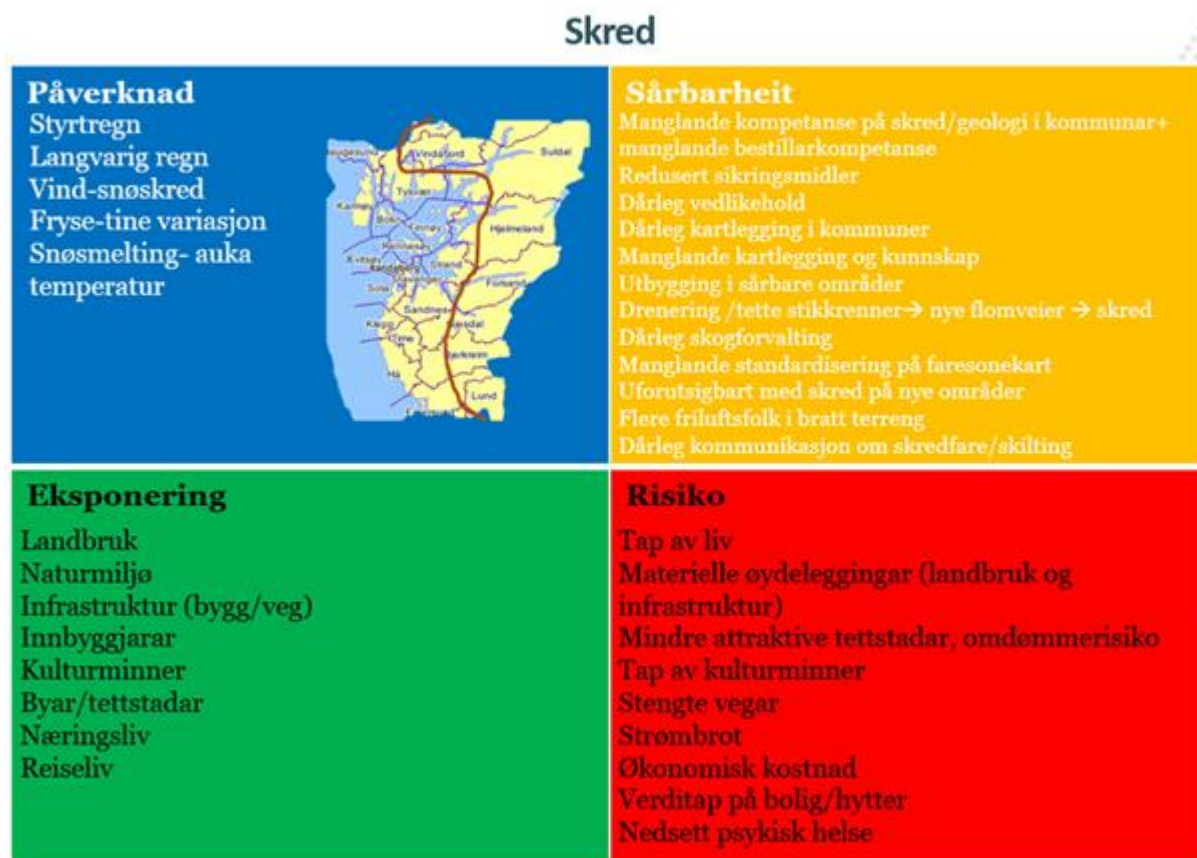
Årsaksinnretta tiltak

- Styre ny utbygging vekk frå område som vil bli eksponert for havnivåstigning og auka sannsyn for stormflo
- Sikre buffersoner langs kysten mellom hav og økonomisk viktige areal.

Skred

Verknadskjede analyse

Figuren under oppsummerar verknadskjede-analysen utført av representantane for Rogaland fylkeskommune på temaet skred.



Figur 34 Verknadskjede-analyse for temaet skred utført av representantane frå Rogaland fylkeskommune

Påverknad

Figuren over lister opp følgjande klimafaktorar som truleg vil påverke sannsyn for skred isolert sett eller i kombinasjon i Rogaland:

- Styrtregn
- Langvarig regn
- Vind (mest relevant for snøskred)
- Fryse-tine variasjonar
- Snøsmelting
- Temperatur

NVE skil mellom tre hovudformer for skred, med tilhøyrande undergrupper:

- Skred frå fjell (steinsprang, steinskred og fjellskred)
- Skred i lausmassar (flaumskred, jordskred og kvikkleireskred)

- Skred i snø (laussnøskred, flaskred og sørpeskred)

For *steinskred* og *steinsprang* kan klimaendringar spele ei viktig rolle. Det finst eit omfattande datagrunnlag om steinskred og steinsprang, men datagrunnlaget er for grovmaske og enkelt til at dette kan nyttast direkte i arealplanlegging utan supplerande kartlegging i felt. I tillegg kjem at datagrunnlaget slik det føreligg i dag ikkje tek omsyn til klimaendringar. Kommunane har ansvaret for meir detaljerte kartlegging av skredfare og vurdering av korleis klimaendringar påverkar skredfaren, og dette stiller skredutsette kommunar i delar av Rogaland overfor store utfordringar.

Store *fjellskred* er i hovudsak resultat av langsiktige geologiske prosessar knytte til sprekkssystem og andre geologiske forhold. Sjølv om oppvarming og tining av permafrosten kan vere ein medverkande faktor for utløyising av enkelte store fjellskred, meiner NVE at det førebels ikkje er grunnlag for å seie at klimautviklinga fører til auka frekvens av eller storleik på store fjellskred.

Risiko for *flaum-* og *jordskred* kan bli påverka av klimaendringar; t.d. av endra førekomst av ekstremnedbør, endring i langvarige periodar med mykje nedbør i form av regn, lange tørkeperiodar om sommaren etterfølgd av ekstremnedbør, og endring i fryse-/tineperiodar om vinteren.

Risiko for alle formar for *snøskred* kan bli sterkt påverka av klimaendringar; t.d. endringar i dominerande vindretning, endringar i snøfall, endringar i temperaturforhold og endring i fryse-/tineperiodar om vinteren.

Det er særleg skredtypane lausmasseskred og (våte) snøskred som vil bli påverka av klimaendring. I bratt terreng reknar ein med hyppigare skred knytt til regnskyll/flaum, snøfall og snøsmelting, først og fremst i form av jordskred, flaumskred og sørpeskred. Sjølv om frekvensen av skred vil auke, vil ikkje lengda og volumet på det enkelte skredet endre seg som resultat av klimaendring. I tillegg kan klimaendringar føre til at det vil oppstå skred på «nye» plassar, dvs. i område der ein ikkje er vant med at det går skred, særleg i bekkeløp og i små bratte nedbørsfelt.

Eksponering

Basert på *Figur 34* og delrapport 1 kan vi liste opp følgjande interesser i Rogaland som utsett for negative verknader av skred:

- Befolkning
 - Liv og helse
- Fysisk infrastruktur
 - Bygningar
 - Transportårer
 - Vassforsyning og avløp
- Areal
 - Naturmiljø
 - Kulturmiljø

- Næringsliv
 - Reiseliv
 - Landbruk
 - Landtransport
 - Anna næringsliv

Tap av liv og økonomiske tap ved direkte skade på fysisk infrastruktur, og indirekte konsekvensar av at veg og jernbane blir stengd, er dei største utfordringane knytt til skredfare.

Skredfare med dagens klima

NVE har laga aktsemdskart for ulike typar skredfare der brukaren kan zoome seg inn til aktuelle lokalitetar³⁵. Dei same data er tatt med i «temakart-rogaland.no» under temaet «klimatilpasning». Det er berre gjort detaljerte vurderingar av faresoner i bratt terreng i nyare tid for tre kommunar i Rogaland³⁶.

Tabell 10 Nyare vurderingar av faresoner i bratt terreng i Rogaland (henta frå NVE)

Kommune	Lokalitet
Vindafjord (2017):	Kjellesvik, Vaka, Kåta, Berge, Øvrehagen – Hamre, Ilsvåg, Hålandsbakken – Strand, Søndena – Urabø
Strand (2018):	Døviga, Diket, Kjølevik, Tauevågen, Kvam, Heibakkane, Barka-Brekka, Tungland,
Gjesdal (2013, 2014):	For utvalde område i 2013 (Gilja, Oltedal, Frafjord, Dirdal, Oltesvika og Byrkjedal) og i 2014 (Dirdal-Gilja, Giljastølen, Øvstabødalen, Maudal, Byrkjedal, Frafjord-Brådland-Eikeskog og Oltedal vest/Grøde)

Rogaland fylkeskommune har i notat 1:2019 «Regionalplan for klimatilpasning i Rogaland» kartlagt omfang av bygningar, busette, vegar og verneverdige bygningar (SEFRAK bygningar) i dei kartlagde skredfaresonene omtalt over. Den klart største delen av dette er bustader eller bustadområde, fordelt på kategoriane primærbustader, bustad-garasje og uthus til bustad, fritidsbustader og fisker-/landbruksbygningar (90 % av identifiserte bygningstypar). Hovuddelen av vegstrekingane som går gjennom identifiserte skredfarsoner er fylkesveg (60%).

Tabell 11 Utsette objekt lokalisert i skredfaresoner i Rogaland (Rogaland fylkeskommune, 2019)

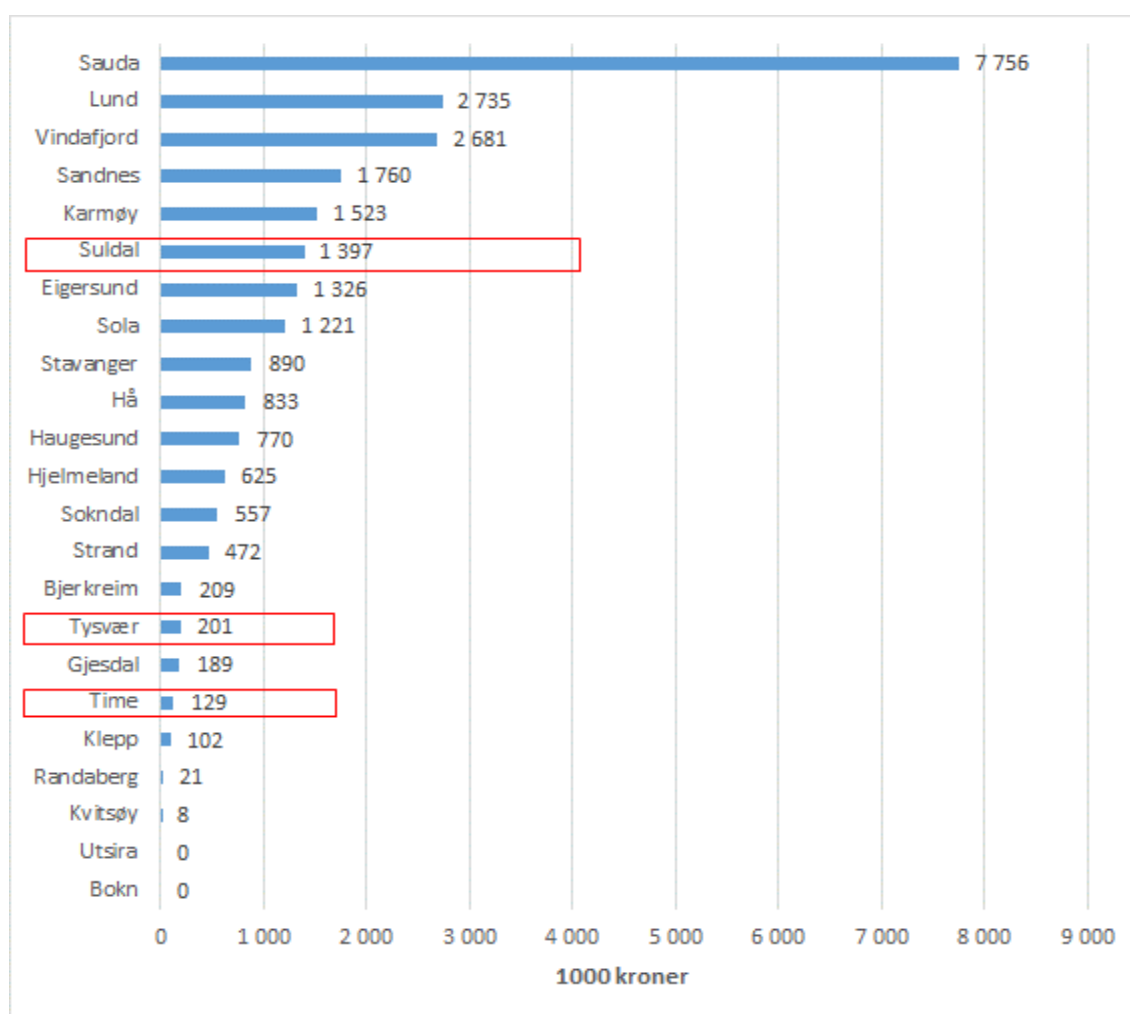
Utsette objekt	Gjesdal	Strand	Vindafjord
Bygningar	378	152	68
Busette	121	137	152
Km veg	18,5	3,5	2,3
SEFRAK bygningar	14	0	3
Andre kulturminne	107	3	1

³⁵ <https://gis3.nve.no/link/?link=flomaktsomhet>

³⁶ <https://www.nve.no/flaum-og-skred/kartlegging/faresonekart-kommuner/rogaland/>

I tillegg til det som er vist i tabellen over har fylkeskommunen identifisert 1,5 km veg som går gjennom skredfaresone i Tysvær kommune, 3 SEFRAC bygninger i skredfaresone i Hjelmeland kommune, og 8,5 km fot-rute eller stiar samla i fylket som går gjennom skredfaresoner.

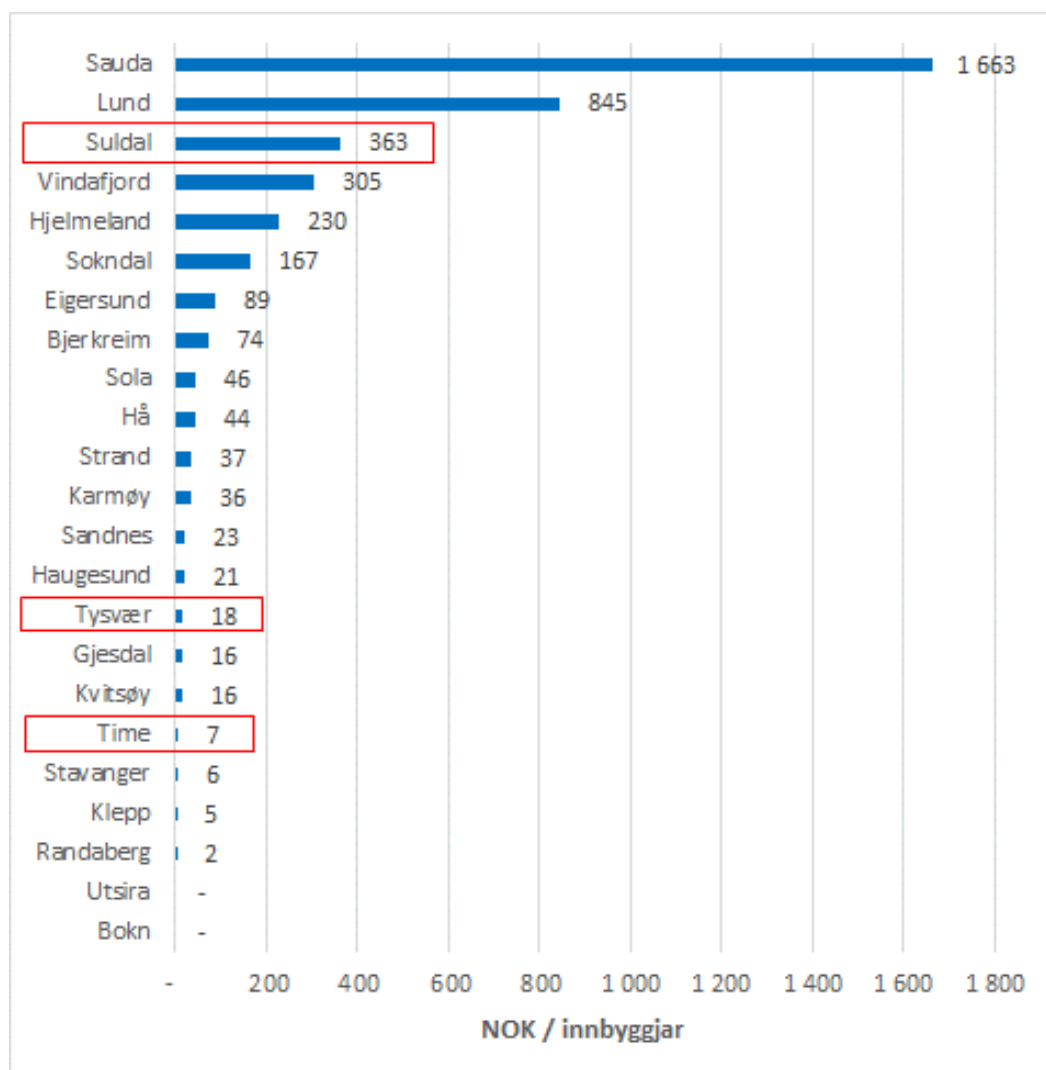
For perioden 2007-2017 er det i følgje tal frå Finans Norge betalt ut forsikringspremie for skade som følgje av ras på til saman 25 millionar kroner, der dei tre kommunane Sauda, Lund og Vindafjord til saman står for halvparten av utbetalingane (sjå figur under). Dei kommunane der det er gjennomført detaljert vurdering av faresoner kjem langt ned på lista over kommunar med størst skadeutbetaling; særleg gjeld dette for kommunane Tysvær og Time.



Figur 35 Samla forsikringsutbetaling i 1000 NOK for skred i 2007-2017 i Rogaland; kommunar med gjennomført vurdering av faresoner er markert i raudt (Kjelde: Finans Norge)

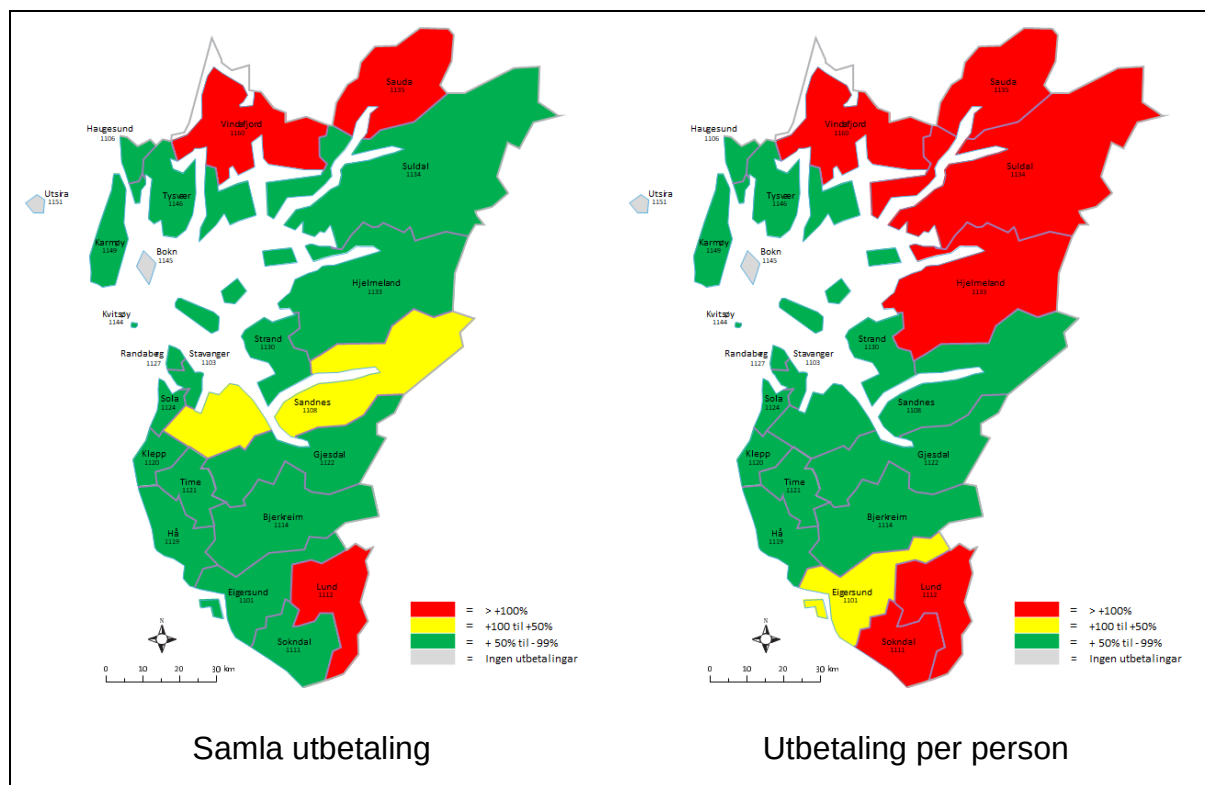
Om vi ser på skadeutbetalingar *per person* blir lista over endra noko. Men også ut frå dette perspektivet kjem Sauda og Lund ut med dei historisk sett høgaste utbetalingane, og også i dette perspektivet kjem dei kommunane der det er

gjennomført detaljert vurdering av faresoner langt ned på lista; igjen særleg for kommunane Tysvær og Time.



Figur 36 Forsikringsutbetaling per innbyggjar for skred i 2007-2017 i Rogaland; kommunar med gjennomført vurdering av faresoner er markert i raudt (Kjelde: Finans Norge)

Figuren under viser den kommunevise variasjonen i forsikringsutbetalingar for skredskader for perioden 2007-2017, der vi har delt inn i fire kategoriar ut frå variasjon i høve gjennomsnittleg utbetaling per kommune. Karta viser at sett frå eit innbyggjarperspektiv – med skadeutbetaling per person – så blir det nokre endringar samanlikna med biletet ut frå samla utbetaling: Dei to kommunane i Ryfylke – Suldal og Hjelmeland – rykker opp i kategorien mest eksponert, og området med høgast eksponering i Dalane blir utvida med Sokndal kommune, medan den folkerike kommune Sandnes rykker ned ein kategori.



Figur 37 Kommunevis gradering av forsikringsutbetaling for skred i 2007-2017 i Rogaland delt inn etter forskjell frå gjennomsnitt per kommune Kjelde: tilpassa data frå Finans Norge.

Skredfare og klimaendringar

Tabellane og figurane over gjelder eksponering knytt til *dagens* klima, som er eit viktig utgangspunkt for vurdering av eksponering også for framtidens klima. Når det gjeld korleis eksponering kan forandre seg i *framtidens* klima så gjev rapport del 1 og Fylkesprofil Rogaland frå Norsk klimeservicesenter grunnlag til å peike på følgjande utviklingstrekk:

- Meir av noko
 - Det er særleg grunn til auka aktsemd mot *jord-, flaum- og sørpeskred* fordi desse skredtypane kan bli både vanlegare og meir skadelege
 - Oftare episodar med kraftig nedbør vil kunne gje oftare tilfelle av mindre hendingar med *steinsprang*
 - Auke erosjon som følgje av oftare og større flaumar kan utløyse fleire kvikkleireskred i dei små lommene av kvikkleire som finst langs kysten
- Mindre av noko anna
 - På lengre sikt vil snømengdene bli så redusert at faren for snøskred vil bli redusert
- Aktesemdsakta ikkje gode nok?
 - Generelt peiker NVE og Norsk klimeservicesenter på at klimautviklinga i hovudsak ikkje vil føre til at område som i dag er vist som

aktsemdsområde for skred blir utvida. For å få fram endringa av skredrisiko utløyst av klimaendringar vil det normalt vere naudsynt å gjennomføre detaljerte faresoneanalyser.

- *Sørpeskred* som har høgt vassinnhald kan gå i svært slakt terreng, og vil difor i somme tilfelle kunne rekke *utafor dagens aktsemdsområde*
- Med eit varmare og våtare klima vil det oftare falle regn på et snødekket underlag, noko som på kort sikt kan gje auka fare for mindre laussnø- og/eller flaskred – og då mest i indre strøk men ikkje for dei store og sjeldne snøskreda som er omfatta i vurderingane som ligg til grunn for aktsemdskarta

Transport er eit nøkkelområde ved vurdering av samfunnsrisiko knytt til klimaendringar og skred. I eit oppdrag³⁷ for Statens vegvesen har Vestlandsforskning testa eit verktøy (kalla QuickScan³⁸) for vurdering av risiko og sårbarheit for klimaendringar med eksempel frå E-39 over tre delstrekningar: Agder-Harestad, Harestad-Bergen og Bergen-Gulen.

Tabell 12 Resultat frå klimarisikovurderinga på delstrekninga Agder-Harestad for Statens Vegvesen

Trussel	Deltrussel	Viktighet av vurdert vegstrekning	Dagens risiko	Framtids-risiko
Flaum over veg	Flaum grunna ekstremnedbør, grunnvassflaum, og/eller snøsmelting	Middels		
Erosjon av vegskulder og fundament	Overfyllding av hydrauliske system som kryssar veg	Høg		
	Undergraving av bru	Middels		
	Undergraving av bru	Middels		
Skred	Utglijding av veg	Høg		
	Snøskred, sørpeskred	Middels		
	Snøskred, sørpeskred	Middels		
	Jordskred, flaumskred	Middels		
	Steinsprang, steinskred	Middels		



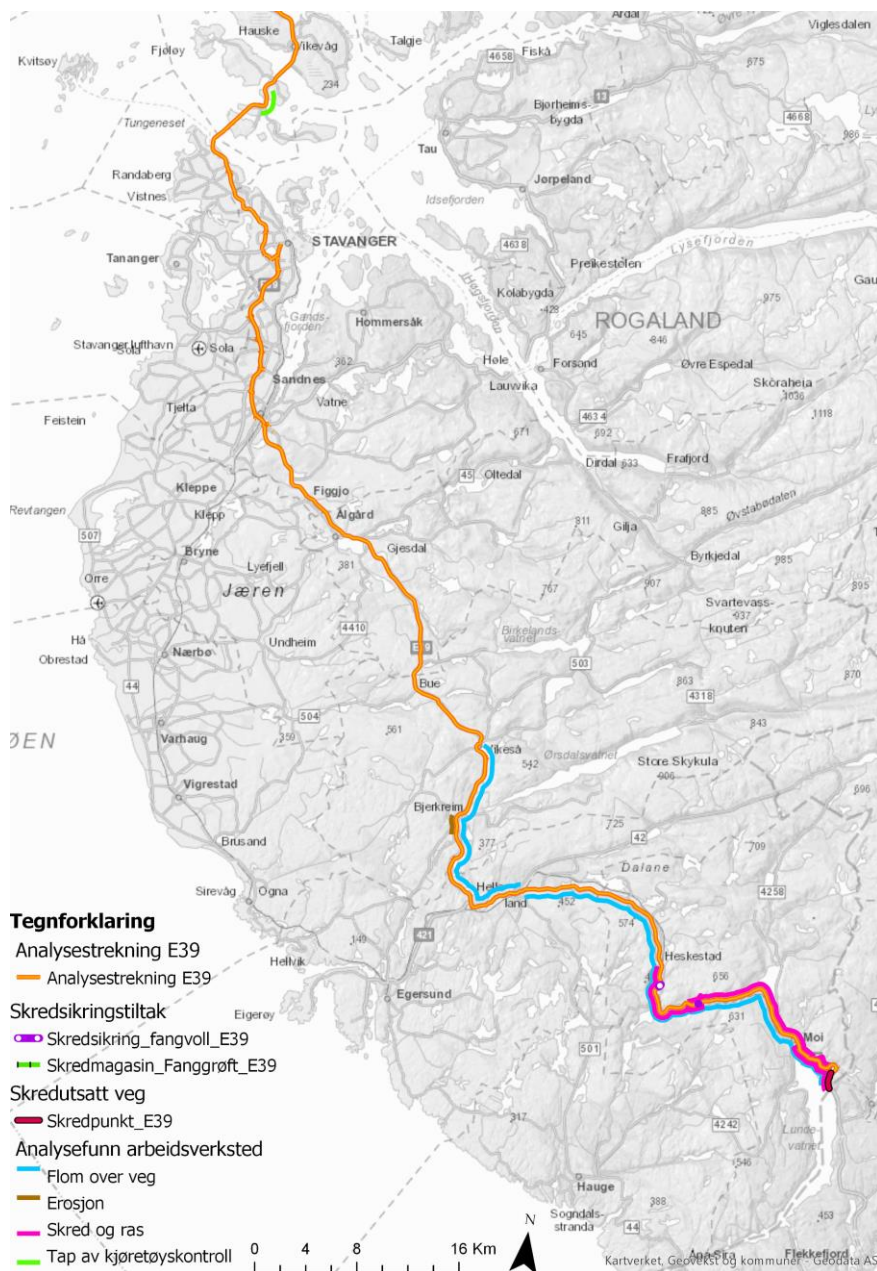
I tabellane over er vist hovudresultata for delstrekninga Agder-Harestad, som er korleis risiko og sårbarheit endrar seg frå dagens til framtidas klima. I den endelege risikovurderinga på Agder-Harestad, vart sju deltruslar vurderte. To av desse deltruslane gjaldt både vegar med høg- og middels viktighet, «Overfyllding av

³⁷ <https://www.vestforsk.no/n/prosjekt/utproving-av-verktoy-analyse-av-klimarisiko-og-kost-nytte-vurdering-av-klimatilpasning>

³⁸ https://www.cedr.eu/download/other_public_files/research_programme/call_2012/climate_change/roadapt/ROADAPT_Part_B_-_quickscan_guidelines.pdf

hydrauliske system som kryssar veg» og «Utglliding av veg». Bortsett frå desse to, var alle risikoane knytt til vegar med middels viktigheit. «Steinskred, steinsprang» vart vurdert som den aller største risikoen i framtida. «Undergraving av bru» og «Jordskred, flaumskred» vart vurdert som dei nest største risikoane på delstrekninga i framtida. «Undergraving av bru» vart prioritert som den mest akutte trusselen, basert på potensiell innsparing samanlikna med kostnad ved hending, og fordi eksisterande prosedyrar, særskilt knytt til bruinspeksjonar, kan og bør forbedrast. Både «Steinsprang, steinskred» og «Flaum grunna ekstremnedbør, grunnvassflaum og/eller snøsmelting» fekk prioritet 2, den førstnemnde på grunn av den store risikoen, og den sistnemnde på grunn av den høge stengingsfrekvensen ved Tippetshølen som bør utbetrast. «Overfylling av hydrauliske system som kryssar veg» fekk prioritet 3 ettersom stikkrennene på strekninga generelt er i dårleg stand. Dei andre truslane vart ikkje prioriterte

Figuren på neste side viser korleis den samla klimarisikoen for riksvegstrekninga i Rogaland vist i tabellen over er illustrert på kart. Av kartet ser vi at det er i sør-delen av fylket at klimarisikoen er høgast.



Figur 38 Resultat frå klimarisikovurderinga på delstrekninga Agder-Harestad for Statens Vegvesen

Sårbarheit

Figur 34 er brukt som utgangspunkt for å identifisere følgjande faktorar som kan påverke type og omfang for dei negative verknadane av skred:

- Institusjonell kapasitet
 - Manglande intern kompetanse og manglande bestillerkompetanse i kommunane for vurdering av skredrisiko
 - Dårleg eller manglande farekartlegging i kommunane
 - Dårleg skogforvaltning
 - Manglande standardisering på faresonekart
 - Dårleg kommunikasjon om skredfare

- Umogeleg (eller i alle fall svært krevjande) å føreseie skred i nye område som tidlegare ikkje har vore råka av skred
- Befolkning
 - Fleire friluftsfolk i bratt terreng
- Fysisk infrastruktur
 - Reduserte sikringsmidlar
 - Dårlig vedlikehald

Kvalitet og dekning på farekartlegging er truleg ein kritisk faktor i nokre kommunar, og som vist i *Figur 35* er det dårlig samanheng mellom storleiken på forsikringsutbetalingar som følgje av skredskader og kommunar der det er utført vurderingar av faresoner i bratt terreng i nyare tid.

Dårlig vedlikehald som sårbarheitsfaktor er truleg særleg relevant for veg og bane som utløyssande faktor når det gjeld skader frå skred.

Resultata frå analyse av sårbarheit for klimaendringar på E39 illustrerer at dårlig drenering og tette stikkrenner kan vere medverkande årsak til skader frå skred i mange tilfelle, noko som truleg også gjeld for resten av vegnettet.

Føreliggjande datamateriale gjev ikkje grunnlag for å seie noko konkret om sårbarheit knytt til at det blir fleire friluftsfolk i bratt terreng og at det skulle vere dårlig kommunikasjon om skredfare.

Den største uvissa i spørsmålet om klimaendringar og skredfare er truleg knytt til risikoen for at det kan oppstå nye typar skred i nye område, og då særleg knytt til konsentrerte ekstreme nedbørshendingar. Det er eit ope spørsmål om denne typen sårbarheit i det heile tatt er mogeleg å førebyggje.

Risiko

I tabellen på neste side har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering for skredhendingar kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønska hendingar. Vi har ikkje grunnlag for å gjere ei kvantitativ rangering av dei ulike risikoforholda; heller ikkje korleis forventa klimaendringar vil kunne påverke den interne rangeringa eller storleiken på risikoforholda vist i tabellen.

Tabell 13 Vurdering av klimarisiko for skred i Rogaland

Sårbarheit	Eksposering								
	Liv og helse	Bygningar	Transportårer	VAR	Natur- og kulturmiljø	Reiseliv	Landbruk	Landtransport	Anna næringsliv
Institusjonell kapasitet i kommunane									
• Manglande eigen og/eller bestillerkompetanse	X	X	X	X	0	0	X	X	(X)
• Dårleg skogforvaltning	(X)	(X)	X	0	X	X	X	X	(X)
• Dårleg kommunikasjon om skredfare	(X)	(X)	(X)	(X)	0	(X)	0	(X)	0
• Dårleg eller manglande farekartlegging	X	X	X	X	0	(X)	(X)	X	(X)
• Manglande standardisering på faresonekart	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)	(X)
• Vurdere skredfare i tidlegare ikkje råka område	X	X	X	(X)	(X)	X	(X)	(X)	(X)
Befolkning									
• Fleire friluftsfolk i bratt terreng	X	0	0	0	0	X	0	0	0
Fysisk infrastruktur									
• Ikkje tilstrekkelege skredsikringsmidlar	X	X	X	X	(X)	X	(X)	X	(X)
• Dårleg vedlikehald av fysisk infrastruktur	X	X	X	X	(X)	X	0	X	0

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Eksposeringa knytt til skred kunne auke ved følgjande trekk i samfunnsutviklinga:

- Auka lokalisering av bustad- og næringsareal i eller utafor skredfareområde
- Auke i naturbasert reiseliv
- Auke i landbasert transport

- Auke i mobilitet, og dermed lågare aksept for midlertidig restriksjonar i landbasert transport

Om vi ser på *sårbarheit* knytt til skred så kan følgjande trekk i samfunnsutviklinga bidra til å auke risikoen med utgangspunkt i momenta vist i tabellen over:

- Reduksjon i offentlege budsjett til drift og vedlikehald
- Reduksjon i offentlig administrasjon som arbeider med planlegging og analyse

Av eksterne hendingar er det også ofte slik at store klimarelaterte hendingar – og det treng ikkje vere i den aktuelle kommunen eller ein skredhending – kan styrke innsatsen innan klimatilpassing, og dermed redusere klimarisikoen knytt til (i dette tilfellet) skred.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Under har vi ført opp nokre aktuelle tilpassingstiltak retta inn mot skredrisiko og korleis risikoen kan bli påverka av klima- og samfunnsendringar (jf. den generelle inndelinga i tilpassingstiltak omtalt i innleiinga):

Styrke institusjonell kapasitet

- Det er ikkje realistisk å sjå føre seg at kommunar kan ha eigen kompetanse på skred/geologi. Av den grunn blei det i AREALKLIM-prosjektet laga eit notat om korleis kommunane kan styrke si bestillerkompetanse og kva kommunane kan gjere av forundersøkingar før dei hentar inn ekstern kompetanse: Aa, A.R., Bondevik, S. (2014) Skredfarevurdering – kva kommunane sjølve kan gjere i arbeidet med skredfarevurdering. Notat 8/14. Sogndal: Høgskulen i Sogn og Fjordane³⁹.

Analysere sårbarheit

- Gjere fleire skredfarevurderingar jord-, flaum- og sørpeskred som også tek omsyn til klimaendringar
- Ta i bruk ein ny metode frå SVV for klimasårbarheitsanalyse på vegar (sjå omtale under)
- Analysere lokalt korleis skogsvegbygging og uttak av skog i bratt terreng kan påverke skredfaren i eit endra klima?

³⁹ https://prosjekt.vestforsk.no/wp-content/uploads/sites/3/2014/11/HISF_notat_08_14_Aa_Bondevik_kommune_skredfarevurdering.pdf

Informere om sårbarheit

- Veit skogbruksnæringa og kommunane nok om drift av skog i bratt terreng til å ta omsyn til endra skredfare utløyst av klimaendringar?

Effektinnretta tiltak

- I NVE sitt oversyn over registrerte sikringsbehov når det gjeld skred er det ikkje ført opp nokre prosjekt i Rogaland⁴⁰. Om det likevel er lokale behov så bør desse meldast inn til NVE.

Årsaksinnretta tiltak

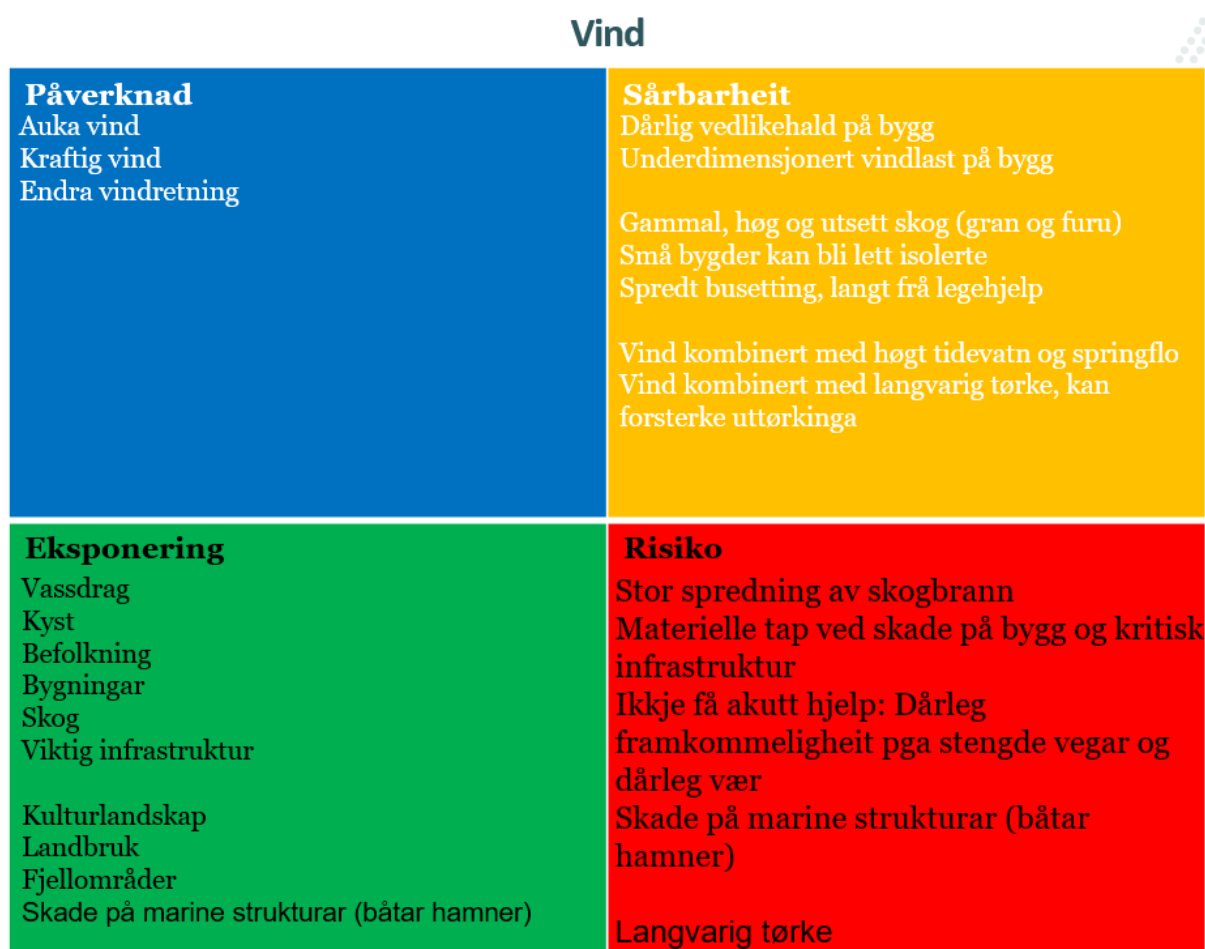
- Analysere om arealplanlegging og utbygging av ny infrastruktur tek tilstrekkeleg omsyn til framtidig endring i skredfare.
- Greie ut korleis førebyggje auka skredfare utløyst av klimaendringar i eksisterande byggeområde (jf. opning for omregulering i Statlege planretningslinjer).

⁴⁰ <https://www.nve.no/flaum-og-skred/sikrings-og-miljotiltak/oversikt-over-behov-for-flom-og-skredsikringstiltak-sortert-pa-fylker-og-kommuner/?ref=mainmenu>

Vind

Verknadskjede analyse

Vind er eit tema som er veldig relevant for Rogaland som er eit kystfylke med masse vind. Temaet vind som klimafaktor er det lite kunnskap om. Likevel er det eit tema som er viktig å ha med og som påverkar og forsterkar mange andre klimafaktorar. *Figur 39* oppsummerar verknadskjede-analysen utført på temaet storm. Denne er utført av forfattarane da dette var eit tema som fylkeskommunen hadde lite innspel på.



Figur 39 Verknadskjede-analyse for temaet storm utført av vestlandsforskning.

Påverknad

Figuren over peiker på at både auka styrke og endring i retning av vinden kan skape problem. Det er likevel stor usikkerheit om vinforhalda vil endre seg vesentleg i Norge med klimaendringane. I eit varmare klima er det meir energi i klimasystemet og dermed større potensiale for sterk vind. I tillegg så er det potensiale for endring i vindmønster. Det kan tyde på at det kan bli fleire av dei kraftige stormane vintertid, men det trengs meir forskning for å vite meir presist i kva grad dette også vil skje i Norge.

Eksposering

Figuren over gjev grunnlag for å peike på følgjande forhold som gjeld eksposering for negativ påverknad av vind:

- Befolkning (liv, helse, trivsel, mobilitet)
 - Treffskader på personar
 - Traume
- Fysisk infrastruktur (vegar, røyr, bygningar osv)
 - Direkte skade på bygningar
 - Indirekte skade på bygg (flygande gjenstandar)
 - Skade på bru og veg
 - Skade på kraftforsyning/kritisk infrastruktur
 - Skade på transportmidlar
- Areal (natur- og kulturareal)
 - naturskade
- Næringsliv
 - Skipstrafikk
 - Skogdrift, vindfelling av tre

Sjølv om berekningane tyder på små endringar i den generelle vindstyrken, kan konsekvensane av endring i vindforhold bli store. Dei fleste vindskadar på infrastruktur kjem av kraftige vindkast. Kraftige stormar med store øydeleggingar kan føre til direkte personskadar og dei kan påføre traume ved at store verdiar går tapt eller at helsa vert ramma.

Endringar i vindforholda kan føre til at bygningar og infrastruktur i framtida finnes på stadar kor dei vert utsett for kraftigare vindkast og gjerne frå andre vindretningar enn dei eigentleg var konstruert for.

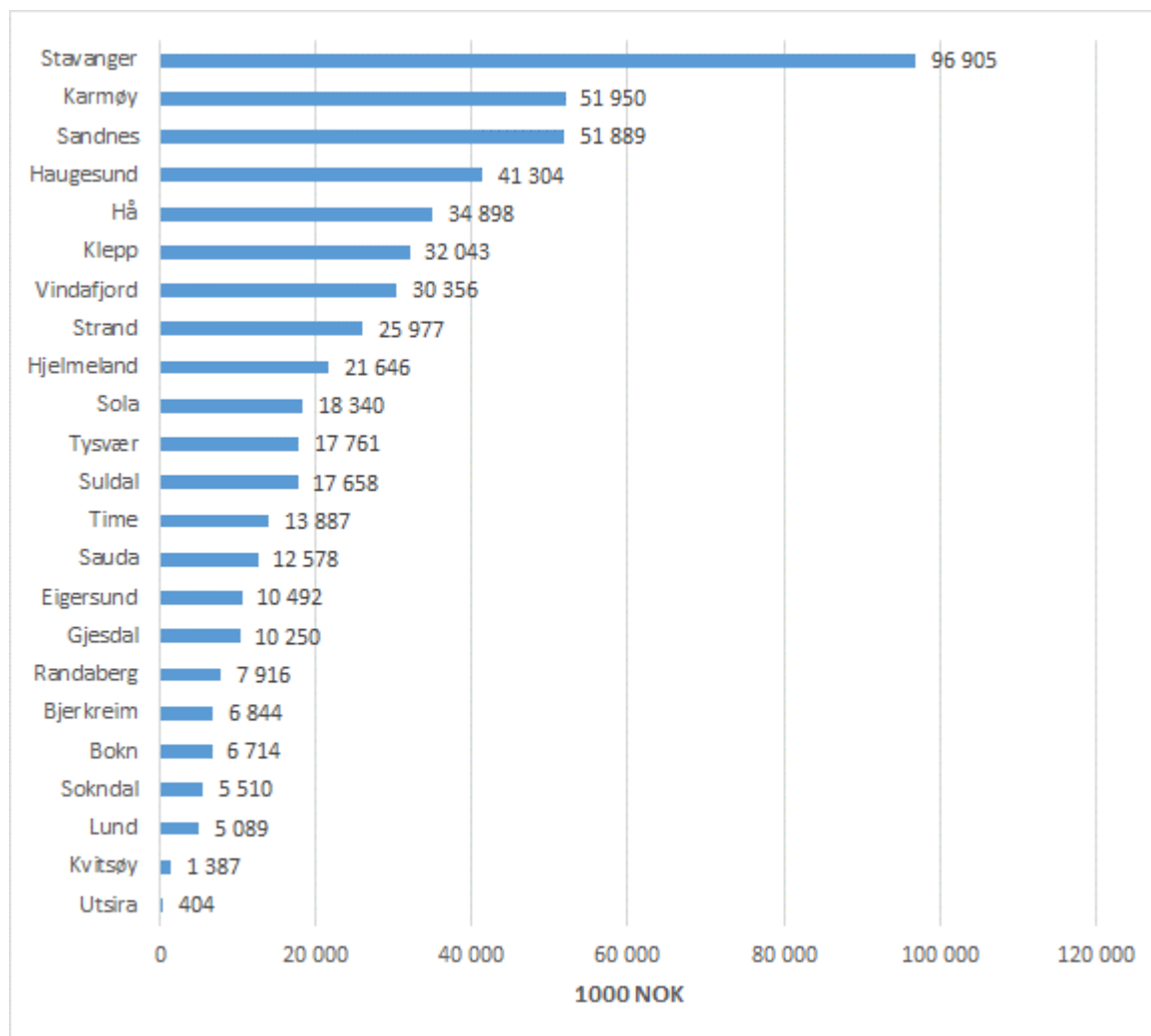
Undersøkingar viser at 10 prosent auke i vindhastigheit kan føre til meir enn ein dobling av kostnadar knytt til skadar på bustadar i Norge⁴¹. Dette tyder på at liten auke i vindstyrke kan òg føre til store skadar på bruer, vegar, kraftforsyning og transportmidlar. Likeså kan ein oppleve spesielt eksposering i næring som skipstrafikk og i skogdrift (trefelling).

Delrapport 1 viser til at stormskadar kan bli meir vanleg om hausten og vinteren. Sterk vind skader skogen direkte og indirekte. Direkte ved at tre bles ned. Indirekte ved at vindskada skog gjer grobotn for skadeinsekt og råtesopp. Vindfelling skjer lettare når jorda er vassmetta og rotfestet er svakt, som vil oppstå ved auka nedbørmengder og våt jord og tina mark. Risikoen for direkte skader av vind er størst

⁴¹ Hanssen-Bauer et al 2015, Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015

for høge tre som står utsett til i utkant av skogområda, og verst er det for høge tre som har dårleg rotfeste⁴².

For perioden 2007-2017 er det i følgje tal frå Finans Norge betalt ut forsikringspremie for skade som følgje av storm på til saman 522 millionar kroner, der dei fem kommunane Hå, Haugesund, Sandnes, Karmøy og Stavanger til saman står for halvparten av utbetalingane (Figur 40).

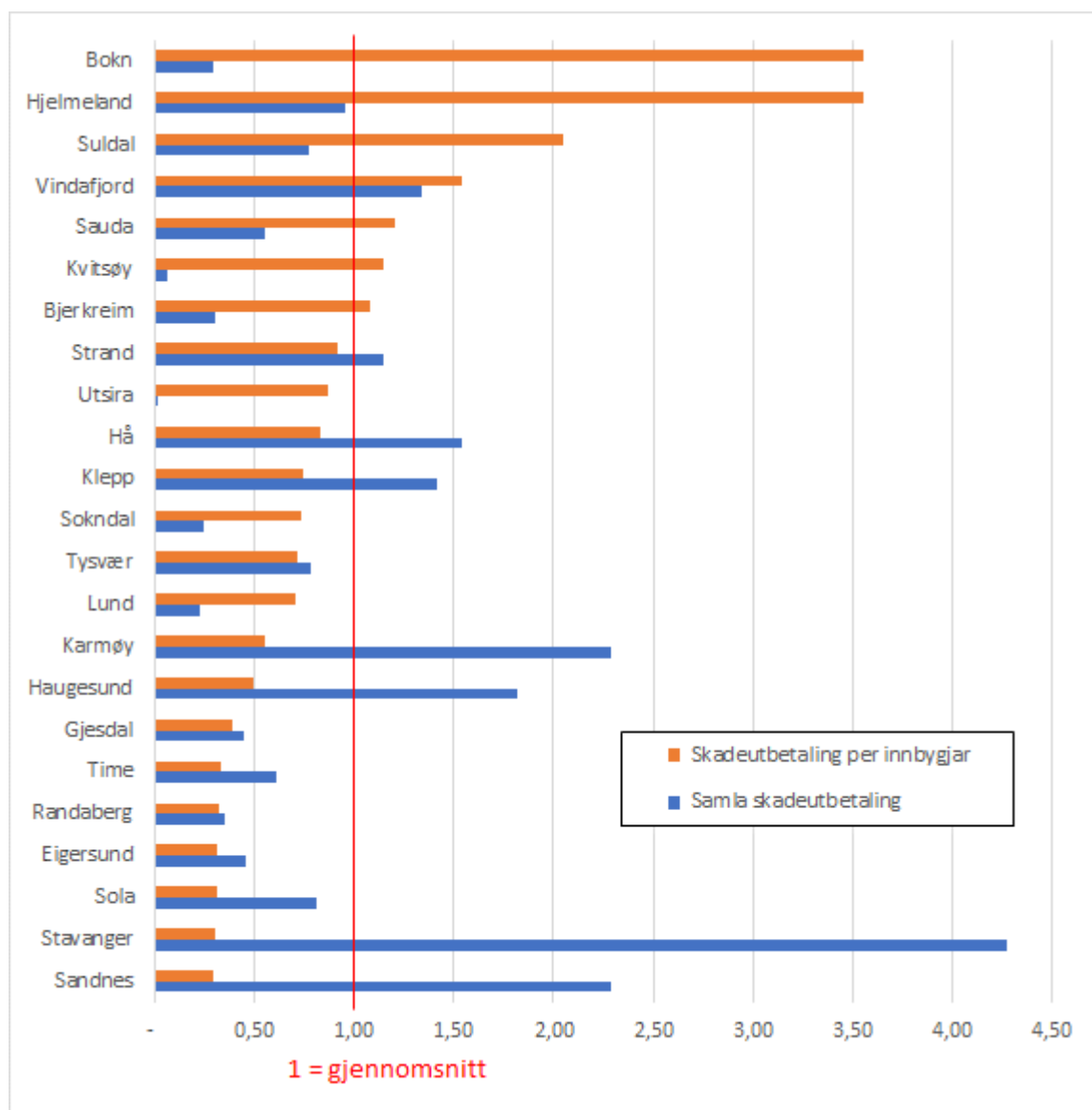


Figur 40 Samla forsikringsutbetaling i 1000 NOK for stormskadar pr kommune i Rogaland i 2007-2017 (Kjelde: Finans Norge)

I figuren under har vi stilt saman samla utbetalingar og utbetaling *per innbyggjar*, og gjort om begge datasetta til ein indeks med 1 = gjennomsnittleg verdi for kommunane sett under eitt. Figuren viser at kommunane med dei høgaste utbetalingane per innbyggjar (Bokn, Hjelmeland og Suldal) er blant kommunane med middels eller under det storleik på samla utbetaling, medan dei fire kommunane med størst samla utbetaling (Stavanger, Karmøy, Haugesund og Sandnes) er mellom dei med lågast

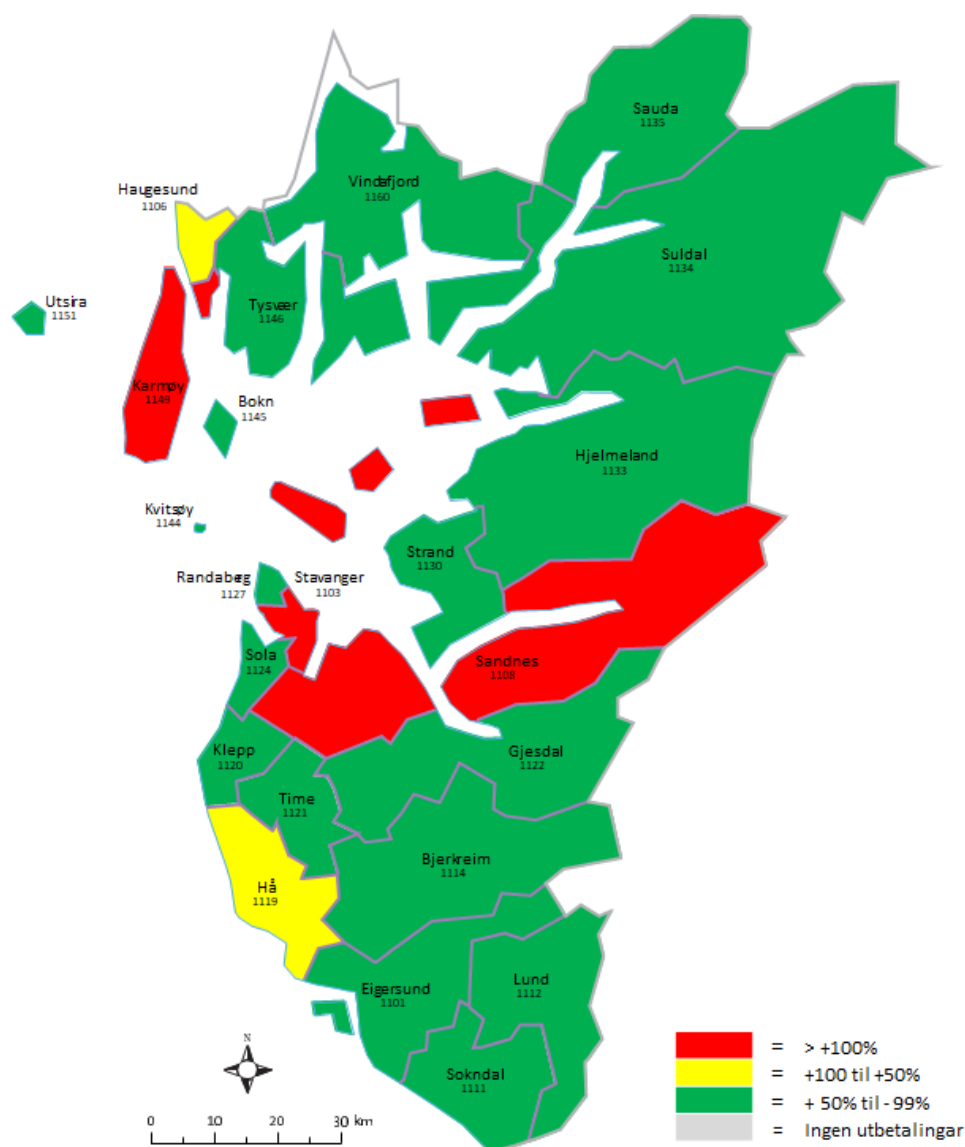
⁴² <https://forskning.no/skog-norsk-institutt-for-skog-og-landskap-vaer-og-vind/sterk-vind-en-fare-for-skogen/941050>

utbetaling per innbyggjar. Det er med andre ord ein viss positiv samanheng mellom innbyggjartal og samla utbetaling.



Figur 41 Indeks for samla utbetaling og utbetaling per innbyggjar for stormskader per kommune i Rogaland i 2007-2017, gjennomsnitt for kommunane = 1 (Kjelde: Finans Norge)

Figur 42 Figur 40 viser den kommunevise variasjonen i forsikringsutbetalingar for stormskader for perioden 2007-2017, der vi har delt inn i fire kategoriar ut frå variasjon i høve gjennomsnittleg utbetaling per kommune. Det er dei midtre og mest folkerike kommunane som ut frå desse data står fram som mest eksponert for stormskader gitt dagens klima.



Figur 42 Kommunevis gradering av samla forsikringsutbetaling for storm i 2007-2017 delt inn etter forskjell frå gjennomsnittleg utbetaling per kommune i Rogaland (Kjelde: tilpassa data frå Finans Norge)

Sårbarheit

Under har vi lista opp følgjande sårbarheitsfaktorar for kva som kan påverke vindskadar:

- Institusjonell kapasitet
 - Liten kunnskap om framskrivingar for vind
- Fysisk infrastruktur
 - Tekniske krav til bygg med lite fokus på bereevne mot vind
- Arealbruk
 - Utbyggingstiltak på stadar utsett for vind
- Næringsliv
 - Dårlig merka skipslei kan føre til ulykke til sjøs

- Lite fokus på førebygging og skjøtselsplan i skogdrifta
- Skadedyr (barkebillar) kan på grunn av betra vilkår etablere fleire livssyklusar, skogdrifta

Det er i dag liten kunnskap om framskrivingar for vind. Dermed veit ein lite om kva effektar klimaendringar vil ha på dette feltet og kva tilpassingar som er nødvendige. Det er liten fokus på bereevne mot vind i dei tekniske krava til bygg. Det kan bli behov for å utgreie meir på dette feltet.

Det er lite kunnskap om vindforhold på mindre byggeprosjekt. Dei store byggeprosjekta har ofte krav til vindanalysar.

Dersom skipsleia er dårleg merka kan det lettare skje ulykker ved masse vind til sjøs. Skogdrifta vil vere meir rusta mot vindfelling ved aktiv førebygging og skjøtsel av skog. Val av tresortar på dei mest vindutsette områda har mykje å seie. Tre med godt rotfeste og som ikkje er veldig topptunge vil lettare kunne tole dei harde vindkasta og kan skjerme for svakare typar treslag. Med eit varmare klima risikerer skognæringa å få to generasjonar granbarkebillar og dermed dobbelt angrep per sommar. Dette kan få alvorlege konsekvensar for skogbruket ved redusert motstandsdyktigheit⁴³.

Vind har mange indirekte effektar som aukar sårbarheita: I eit vêrutsett Rogaland påverkar vindforholda alt frå nedbørsforhold, ising på kraftkablar, aukar fordamping ved langvarig tørke, fare for skred og vindkraftproduksjon.

Risiko

I grove trekk kan me løfte fram at liten kunnskap om framskrivingar på vindstyrke gir stor usikkerheit på eksponering. Dette aukar risiko for at me unnlèt å tilpasse oss riktig for framtidig vindforhold og dermed aukar risiko for skade på befolkning, infrastruktur, natur og næringsliv.

Lite fokus på vindlast – altså kor mykje vind ein gitt type infrastruktur toler før skade oppstår - aukar risiko for skade på infrastruktur. Dette kombinert med bygging på vindutsette områder aukar risiko for skade og verditap for samfunnet.

Innan skipstrafikk så vil dårleg merka skipslei auke risiko for tap av liv, og større oljesøl ved skipshavari. Dette vil ha store konsekvensar for naturmiljøet langs kysten og store utgifter ved oppryddingsarbeid og reparasjon.

For skogsdrifta så vil det medføre auka risiko for erosjon og ras om det blir masse vindfellingar. Samtidig så vil skogdriftsnæringa og naturmiljøet ha auka risiko for naturskade og vindfelling om skogen skjøttast dårleg og om det vert meir skadedyrangrep.

⁴³ <https://forskning.no/skog-norsk-institutt-for-skog-og-landskap-vaer-og-vind/sterk-vind-en-fare-for-skogen/941050>

Tabell 14 Vurdering av klimarisiko for vindskade i Rogaland

Sårbarheit	Eksponering			
	Befolkning	Fysisk infrastruktur	Naturskade	Skipstrafikk og skogdrift
Liten kunnskap	(x)	x	(x)	(x)
Fysisk infrastruktur: lite fokus på vindlast	(x)	x	0	0
Bygging på stadar med mye vind	(x)	(x)	0	(x)
Dårleg merka skipslei	x	0	x	x
Manglande skjøtselsplan skogdrift	0	0	(x)	x
Skadedyr	0	0	x	x

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Det viktigaste forholdet ved samfunnsutviklinga som kan påverke klimarisikoen ved vind er særleg knytt til to ulike forhold:

- Lokalisering og utforming av fysisk infrastruktur
- Utviklinga av skognæringa

Den tradisjonelle byggeskikken i Rogaland har vore sterkt tilpassa vindforholda. Utforming og lokalisering av bygningar vil difor kunne påverke klimarisikoen knytt til vindskade.

Utviklinga av skognæringa med tanke på skjøtsel og val av treslag ved nyplantning vil kunne påverke klimarisiko knytt til vindskade innafor skogbruket.

Strategiar for klimatilpassing

Under har vi ført opp nokre aktuelle tilpassingstiltak retta inn mot vindskaderisiko og korleis risikoen kan bli påverka av klima- og samfunnsendringar (jf. den generelle inndelinga i tilpassingstiltak omtalt i innleiinga):

Styrke institusjonell kapasitet

- Trong for meir kunnskap om framtidig vind
- Trong for meir fokus på god skogforvaltning nasjonalt og lokalt

Analysere sårbarheit

- Kva definerer dei mest utsette områda i Rogaland for vindskade?
- Sjå nærare på dei mest skadeutsette kommunane og definere lokal vindeksponering i forvaltingskart

Informere om sårbarheit

- Informere om beredskap i heimen
- Gode vedlikehaldstiltak på bygg og veg

Vente-og-sjå

- Skaffe meir kunnskap, før handling og investering i fordyrande tiltak

Effektinnretta tiltak

- Styrke vedlikehald og sikring av bygg, veg og kraftlinjer
- Betre merking av skipsleia
- Sikre at tilskotsordningar stimulerer til klimarobust skogsdrift
- Styrke beredskapen med fokus på sårbare grupper ved melding om uvær
- Sikre gode erstatningsordningar for vindskade på skog
- Ha tilstrekkeleg reservestraumforsyning som sikrar beredskap ved uvær
- Styrke reperasjonsberedskap i kraftforsyning og linjerydding

Årsaksinnretta tiltak

- Sikre kvalitet i byggeprosessen ved tilsyn på prosjektering og utføring
- Stille strengare krav til lokalisering, størrelse og utforming av bygningar og anna fysisk infrastruktur i vindutsette område

Tørke

Verknadskjede analyse

Tørke er ei utfordring som har kommen meir opp på dagsorden i den seinare tid ved vurdering av klimaendringar. I Rogaland, som elles i Noreg, er det spesielt dei to siste åra ein har sett kva konsekvensar det kan ha for samfunnet og naturen. Derfor er dette eit tema som har relativt lite data i forhold til andre meir velkjende tema. Me vil i dette kapittelet ta for oss utfordring med skogbrann sjølv om dette blir nemnd både i kapittel for vind og økosystem. Figuren under oppsummerar Verknadskjedeanalysen utført av representantane for Rogaland fylkeskommune på temaet tørke. I det vidare vil vi kort kommentere dette.

Tørke	
Påverknad Aukande temperatur Auka fordamping Fråver av regn	Sårbarheit Fjerning av naturlig område med fordryningskapasitet Drenering av jordbruksområder kan bidra til forverra tørkesituasjon Vasskrevande og intensivt landbruk → lite reservevatn på gardane Sløsing av vatn og dårlig reservoar Ukontrollert vassforsyning med mange private brønner, korleis verkar dette på grunnvasstanden?
Eksposering Landbruk Bekkar og elvar Biologisk mangfald Innbyggjarar Vasskraft Drikkevatn	Risiko Skogbrann Belastning psykisk helse Tap av liv Meir utsett for allergi og sjukdom Auka kraftprisar Vassmangel (reduert-kraft, drikke, avling, næring) Fiskestammar (sjøaure) eller økosystem kan bli ramma Materielle tap (for eksempel påtvungen slakt) Auka avrenning av næringsstoff dersom plutsleg regnskyll etter tørke

Figur 43 Verknadskjede analyse for tema tørke utført av representantar frå Rogaland fylkeskommune

Påverknad

Figuren over listar opp følgjande påverknadsfaktorar, punkt i kursiv er lagt til av forfattarane:

- Aukande temperatur
- Auka fordamping
- Fråvær av regn

- *Auka vind*

Som lista opp i verknadskjedeanalysen og i delrapport 1 vil lite nedbør, høg fordamping, og lite vatn frå snøsmelting gje mindre vassføring i elvane og tørke. Tørke på våren blir styrt av snøsmelting og nedbør, mens om sommaren blir det styrt av kombinasjon av nedbør og fordamping.

Nedbørsframskrivingane kombinert med auka fordamping viser auke i sannsynet for tørke om sommaren i Rogaland. Sommartørke vil bli eit meir utbreidd fenomen, spesielt sør i Rogaland.

Eksposering

Figur 43 listar opp følgjande eksponeringsfaktorar, punkt i kursiv er lagt til av forfattarane. I tillegg er det spesifisert kva punkter som er knytt spesielt til eksponering ved skogbrann:

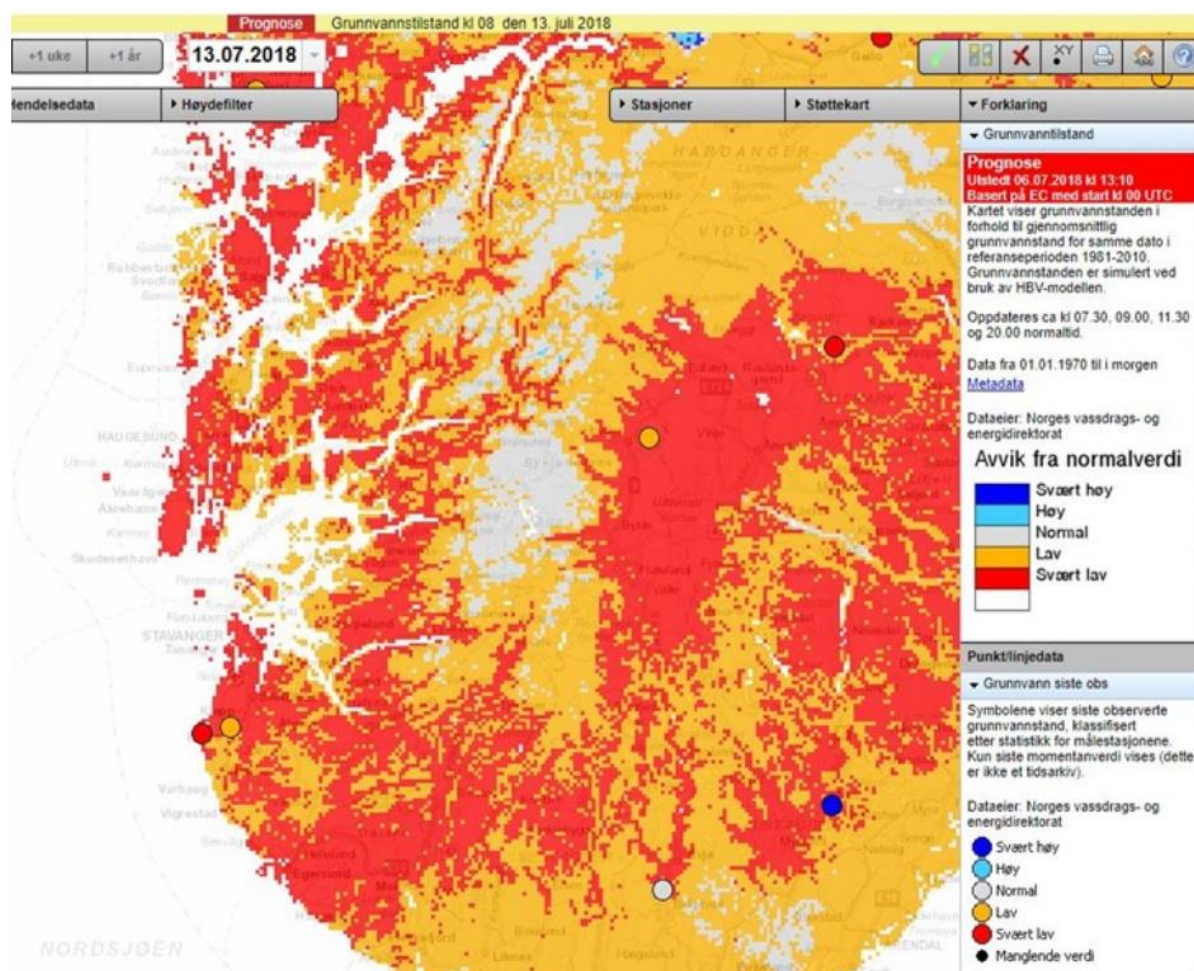
- Befolkning (liv, helse, trivsel, mobilitet)
 - Innbyggjarar (skogbrann)
- Fysisk infrastruktur
 - Vasskraft
 - Drikkevatt
 - Bekkar og elvar
 - *Bustader (skogbrann)*
 - *Turismeinfrastruktur (skogbrann)*
- Areal
 - Biologisk mangfald
 - *Kulturminne (skogbrann)*
 - *Verneområde (skogbrann)*
- Næringsliv
 - Jordbruk
 - Skogbruk (skogbrann)
 - *Turisme både nasjonal og internasjonale koplingar*
 - *Settefiskanlegg*

Ved langvarig fråvær av nedbør og lite vatn tilgjengeleg er det fleire områder som vert ramma. I tillegg kan skogbrann føre til eksponering. Innbyggjarar kan verte direkte påverka av skogbrann og varmebølge, med skadar på helse pga. varmeutvikling og farleg røyk. Innbyggjarar kan òg oppleve indirekte eksponering på grunn av stress som både heteslag, vassmangel og tap av verdi på eigedom ved brann.

Kritisk infrastruktur som drikkevasskjelder kan bli eksponert. I Rogaland får dei aller fleste (97%) vatnet sitt frå innsjøar. Det er i hovudsak Sauda, delar av Suldal og

Hjelmeland, samt Oltedal og Dirdal som brukar grunnvatn som drikkevatt i fylket⁴⁴. Tørke kan føre til reduserte nivå på grunnvasstanden og mindre tilsig til elvar og innsjøar. Spesielt eksponert er mindre vassverk og hushald tilknytt grunne brønner. *Figur 44* viser grunnvass-situasjonen i Rogaland under tørken i juli 2018.

Kraftselskap vil oppleve stopp i straumproduksjonen i vasskraftverk på grunn av lite tilsig av vatn til elvar og magasin. Bustader og infrastruktur for turisme vil kunne bli hardt ramma om det er større skogbrannar. Kombinert med sterk vind vil brann kunne spreie seg fort i tørt landskap, jamfør Lærdalsbrannen i januar 2014 da kastevind sendte branngnistar over store områder.



Figur 44 Prognose for grunnvasstanden ei veke fram, til 13. juli 2018 i Rogaland. Samanlikningsgrunnlaget er gjennomsnittleg vasstand for same dato i perioden 1981-2010. www.senorge.no

Jordbruket vil vere veldig utsett for tørke. Regionen Rogaland og Sørlandet har 7 % særstørkeutsett jord og 25 % noko tørkeutsett jord, tett opp til det nasjonale gjennomsnittet⁴⁵. Sommaren 2018 viste at kvaliteten og kvantiteten på avlingane

⁴⁴ <https://www.fylkesmannen.no/nb/Rogaland/Samfunnssikkerhet-og-beredskap/Krisehandtering-og-samordning/torke-skaper-trobbel/>

⁴⁵ Lågby, R., Å. Nyborg, and S. Svendgård-Stokke, Jordsmonnstatistikk Norge. 2018, NIBIO.

minka og dette førte til store økonomiske tap for bøndene. Dei kommunane som vart mest ramma av avlingssvikt og som fekk 25.8 mill i ekstra utbetaling etter tørkesommar i 2018 var Bjerkreim, Gjesdal, Strand, Sokndal, Eigersund og Lund. I tillegg var det eit underskot av fôrproduksjon i Europa, noko som ga problem med import av fôr å kompensere for dårleg avlingar slik at fleire bønder måtte redusere sine buskap slik at det ikkje vart fôr mangel over vinteren. Dette påverkar økonomien til bonden over fleire år.

Skogbruket vil verte spesielt påverka ved skogbrann. Større skogbrannar kan vere vanskelege å slukke og kan lett blusse oppatt ettersom ulming i marka kan utgjere brannfare fleire dagar etter sløkking.

Rogaland har ei rekke *turistattraksjonar* og er eit populært *reisemål* både kulturelt og for naturopplevingar. Skogbrann vil vere negativt også for turismen ved å avgrense ferdsel og fysiske øydeleggingar. Men ein kan og tenke seg at Rogaland kan bli eit meir populært reisemål dersom det er tørke og hetebølger i heile Europa. I det tilfelle vil kanskje fleire turistar trekke nordover for å kjøle seg ned da det vil vere relativt lågare temperatur i Noreg enn i sentral og sør Europa.

Artar vil bli eksponert for meir stress ved tørke og dette vil spesielt påverke artar som ikkje kan flytte seg lett eller som er avhengig av rikeleg med vatn. Ved skogbrann vil både artar, kulturminne og verneområde verte ramma direkte og kan føre til store skadar som er uoppretteleg.

Settefiskanlegg vil ha utfordringar med å få nok tilstrøyming av friskt vatn under ein tørkeperiode. Dei er avhengig av store mengder vatn til kvar ein tid.

Sårbarheit

Figur 43 listar opp følgjande sårbarheitsfaktorar, punkt i kursiv er lagt til av forfattarane:

- Institusjonell kapasitet
 - *Dårleg skogforvalting lokalt*
 - *Dårlege tilskotsordningar med tanke på å stimulere til god skogsforvalting*
 - *Lite midlar til beredskap mot brann*
- Infrastruktur
 - Ukontrollert vassforsyning med mange private brønner
 - Dårleg forsyningsberedskap på mindre vassanlegg
 - dårleg vassreservoar, robuste vassledningstruktur
 - *Skogbrannfaren kan auke om det er infrastruktur i nærleiken som har brannfarlege aktivitetar.*
- Arealbruk

- Fjerning av naturlig områder med fordrøyningskapasitet
- Avlingar og økosystem er meir utsett for sjukdom og pestar
- *Redusert beiting kan føre til meir skogbrannfare*
- Dårlig vassregulering
- Næringsstruktur og sysselsetting
 - Vasskrevjande og intensivt landbruk → lite reservevatn på gardane
 - *Landbruk må innrette seg til både masse vatn og lite vatn. Tiltaka kan vere motstridande.* Drenering av jordbruksområde kan bidra til forverra tørkesituasjon
 - *Landbruket må tilpasse seg med å avle på artar som tåler tørke OG våtare ver.*
- Mobilitet
 - *Nødsamband fungerer betre om det er lett tilgjengelege områder som treng sløkking.*
- Mentalitet
 - Sløsing av vatn
 - *Farevurdering ved bruk av open eld, bål og grilling, språkbarriere turistar*

Dette er faktorar som bidreg til at tørke blir eit meir utbreidd problem framover. Med varmare temperatur og meir vind så aukar fordamping og da blir det meir tørke, samtidig som at sterk vind bidreg til utfordring ved skogbrann.

Dårlig skogforvaltning med mykje ungskog aukar fare for skogbrann. Dessutan er nokre treslag med på å auke risiko for skogbrann. Gran og spesielt furu tek lettare fyr enn andre sortar og at den normalt veks på grunnlendt mark med lite fukt i bakken⁴⁶. Skogbrannar kan indirekte auke faren for skred og jorderosjon, ved at areal vert blottstilt⁴⁷. I dag er det lite økonomi å drive skogbruk, i alle fall i ulendt terreng. Med gode tilskotsordningar som favoriserer godt stell av skog så kan det bidra i å redusere risiko for skogbrann. Samstundes er det viktig med god beredskap som kan vera raskt ute med effektiv sløkking om brann skulle oppstå for å hindre spreiding. For å ivareta det er det viktig at det blir satt av tilstrekkeleg med midlar til beredskap.

Mange som bur i distriktet har eigen brønn. Desse er ekstra sårbare for å gå tomme om dei ikkje går langt nok ned ved lågt grunnvatn. Mindre vassverk kan oppleve liten kapasitet under lenger tørke. Dette kan komme av at det kan vera gjort lite vedlikehald på leidningsnettet og at vasskjelda er dimensjonert etter normale forhold.

⁴⁶ <https://www.dsb.no/globalassets/dokumenter/brann-og-redning-bre/skogbrannhelikopter/skogbrannteor/skogbrannteor.pdf>

⁴⁷ <http://www.skogbruk.nibio.no/skogbrann>

Skogbrannfaren kan auke dersom det er infrastruktur i nærleiken som har brannfarleg aktivitet eller gjenstandar (fabrikk eller drivstofflager).

Arealbruk kan auke sårbarheita for tørke dersom me fjernar vegetasjon som fordrøyer vatn. Om det byggjast ut vegar eller bygningar utan tanke på at vatn må haldast tilbake så blir arealet ekstra utsett for tørke. Faktisk er overvatn ein stor ressurs dersom ein tek vare på det på ein god måte. Dette blir nærare beskrive i kapittel 2 om overvatn.

Med eit varmare klima følger òg nye sjukdommar og pestar. Det blir forhold som gjer betre vekstforhold for små organismar med raskare vekstrate. Skog som blir svekka av tørke vil vere meir utsett for pestutbrot og sjukdom. Dette blir nærare beskrive i kapittel 8 for vekstsesong.

Redusert bruk av utmark og beiting betyr at det gror att mange stadar i distriktet. Masse ungskot gjer skogen meir sårbar for skogbrann.

Vassregulering kan nyttast til å redusere ulempene i ein tørkeperiode. Men det fordrar at det finnes nok vatn i magasinet til å etterfylle elva ved langvarig tørke. Dersom magasinet allereie er tømt nær sine grenseverdier før tørken byrjar så er det ikkje masse ekstra vatn i magasinet å gå på.

Ettersom Rogaland det meste av tida blir våtare, med tidvis kraftige regnskyll, vil betre grøfting være viktig, spesielt i jordbruket. Men når fyrst tørkeperioden inntreff vil grøftinga forsterke tørkestresset under tørkeperiodar. I tillegg kan eit intensivt og dermed vasskrevjande jordbruk føre til lite reservevatn på gardane. Intensivt jordbruk utan grøntareal som fordrøyer vatn vil derfor auke sårbarheita for tørke. Eit godt vatningssystem vil hjelpe godt i ein tørkeperiode, men det kan vere ei betydeleg kostnad for bønder som ikkje har enkel tilgang til rikeleg med vatn. Dermed kan det vera gunstig for bonden å prøve ut artar som er meir motstandsdyktig for tørke OG regnskyll.

For god beredskap mot skogbrann er det viktig å ha framkommelege vegar og tilgang på rikeleg med sløkkevatn. Det er i tillegg naudsynt med nødsamband som fungerer i dei mest utilgjengelege områda.

Sparing av vatn er noko nordmenn har snakka om men ikkje nødvendigvis vore så flinke på. Me er vandt med å ha rikeleg med vatn tilgjengeleg alltid. I 2018 måtte IVAR ut å varsle vatningsforbod for fyrste gong. Det finnes masse bra teknologi å ta i bruk som hjelp ein å spare vatn i kvardagen. Det er populært å nytte skogen til turliv med bruk av open eld. Dette gjeld både nordmenn og turistar. Det kan vera ekstra utfordrande ved skogbrannfare å nå ut til dei som ikkje skjønner norsk.

Risiko

Figur 43 listar opp følgjande risikofaktorar:

- Skogbrann
- Belastning psykisk helse
- Tap av liv
- Meir utsett for allergi og sjukdom
- Vassmangel (reduert-kraft, drikke, avling, næring)
- Fiskestammar (sjøaure) eller økosystem kan bli ramma
- Materielle tap (for eksempel påtvungen slakt/skogbrann)
- Auka kraftprisar
- Auka avrenning av næringsstoff dersom plutsleg regnskyll etter tørke

Ein av dei største konsekvensane av tørke er skogbrann. Store skogbrannar gjer ikkje berre tap av skog, men og skadar på bygg, infrastruktur og i verste fall tap av menneskeliv. I tillegg kjem eit svært kostnadskrevjande sløkkearbeid.

Vassmangel er alvorleg dersom ein ikkje har god beredskap. Utan drikke stoppar samfunnet opp. I tillegg til at drikkevatt er det viktigaste for å oppretthalde god kroppsfunksjon så er det kritisk for næringar som jordbruk og dyrehald for å kunne drive.

Tørke kan føre med seg materielle tap som påtvungen slakt på grunn av dårlege avlingar eller skogbrann. Auka kraftprisar er ein konsekvens av at det er lite vasskraft å hente i ein periode og da må ein importere straum i større grad.

Dersom det etter ei tørkeperiode kjem eit kraftig regnskyll så vil det føre til auka utvasking av næringsstoff. Dette kan så føre til forureining av nærliggjande vassdrag.

Hetebølge er ein mogeleg risiko fram mot 2100, sjølv om den ikkje er stor i dag. Det er helst sårbare grupper (eldre, sjuke og små barn) som er mest utsett for dehydrering og redusert helse.

Eit eksempel på dynamisk risiko er ein kombinasjon av tørkeperiode og hetebølger. Om vi forstår effektane og konsekvensar av kvar av desse hendingane for seg, er det utfordrande å sjå kva dei betyr i kombinasjon. Som eksempel kan vi lett forstå at tørke påverkar m.a. jordbruk og at hetebølger kan ha negative konsekvensar på helse. I kombinasjon kan desse vêrhendingane medføre ein dramatisk og langvarig auke i brannfare.

I Tabell 15 har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering for tørke kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønskte hendingar. Vi har ikkje grunnlag for å gjere ei kvantitativ rangering av dei ulike risikoforholda; heller ikkje korleis forventade klimaendringar vil kunne påverke den interne rangeringa eller storleiken på risikoforholda vist i tabellen.

Dei mest eksponerte som kjem fram av tabellen er Innbyggjarar, biologisk mangfald, landbruk og skogbruk. Dei mest sårbare faktorane er dårleg skogforvaltning, dårleg

beredskap, dårleg vassregulering og uvøren bruk av eld. Dette framstår som logiske koplingar om ein ser på kva risiko som har mest konsekvensar: Skogbrann, vassmangel, hetebølge og tap av liv/dårleg helse.

Tabell 15 Vurdering av klimarisiko for tørke i Rogaland

Sårbarheit	Eksponering												
	Innbyggjarar	Biologisk mangfald	Vasskraft	Drikkevatn	Bustader	Turisme	Kulturminne	Verneområde	Bekkar og elvar	Jordbruk	Skogbruk	Turisme	Settefiskanlegg
Dårleg skogforvalting og lite tilskotsordningar	X	X	0	0	X	X	X	X	0	0	0	0	0
Dårleg beredskap mot skogbrann	X	X	0	0	X	X	X	X	0	0	X	X	0
Låg kvalitet på vasskjelde	X	0	0	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X
Liten fordrøyningskapasitet	0	X	0	0	0	0	0	X	0	X	0	0	0
Meir pest og sjukdommar	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0
Dårleg vassregulering	X	X	X	X	X	0	0	X	X	X	X	X	X
Intensivt landbruk	0	X	0	X	0	0	0	0	0	X	0	0	0
Teste ut nye artar for avling	0	X	0	0	0	0	0	0	0	X	X	0	0
Sløsing av vatn	X	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	X
Uvøren bruk av eld	X	X	0	0	X	X	X	X	0	X	X	X	0

X = risiko, 0 = liten/inga risiko

Samfunnsutvikling

Ein særleg kritisk faktor for temaet «tørke» er korleis jord- og skogbruket vil utvikle seg. Viktige spørsmål er korleis omfanget av næringa samla sett vil utvikle seg, korleis lokaliseringa av næringsaktiviteten vil bli (blir nokre område lagt brakk?), korleis blir forholdet mellom intensiv og ekstensiv drift, og kva produksjonar vert prioritert?

Erfaringar frå land som har vore særleg sterkt utsett for dramatiske skogbrannar (t.d. Portugal, USA) tyder på at måten skogen vert driven, som val av treslag for skogplanting og korleis ungskogpleie vert gjennomført, kan samspele negativt med tørke og dermed påverke brannfaren mykje.

Gjennomgangen av kunnskapsstatus gjort i 2018 for Miljødirektoratet viser at så langt har fokuset i styresmaktene sitt arbeid med klimatilpassing innan jordbruk vore

retta mot konsekvensane av høgare temperatur (lengre vekstsesong) og meir nedbør (særleg knytt til innhaustingsproblem om hausten og trongen for nye sortar som toler meir nedbør). Erfaringane frå tørkesommaren i 2018 vil truleg endre dette fokuset til å inkludere meir merksemd på tørkeutfordringar.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Under er lista opp aktuelle tiltak for klimatilpassing for det som gjeld tørke og klimarisiko:

Styrke institusjonell kapasitet

- Trong for meir fokus på god skogforvaltning nasjonalt og lokalt
- Styrke samarbeidet på tvers av sektorar som kan bli råka av tørke

Analysere sårbarheit

- Betre kartlegging av skadeomfang og avlingstap som følgje av tørke
- Få meir kunnskap om variert landbruk versus monokultur
- Få meir kunnskap om import og introduserte artar

Informere om sårbarheit

- Auke kunnskap i kommunane og innbyggjarane om sparetiltak av vatn
- Informere om beredskap «i heimen» ved langvarig tørke og hetebølge

Vente-og-sjå

- Hauste erfaringar frå vassdragsrestaurering i Orrevassdraget, Time og Klepp kommune av fylkeskommunen.

Effektinnretta tiltak

- Beredskapsplan med fokus på sårbare grupper og matsikkerheit (tørke, skogbrann og hetebølge)
- Trong for betre tilskotsordningar for skogbruk
- Sikre drikkevatt ved å tilpasse ekstremsituasjon med tørke → må ein opprette fleire vasskjelder?
- Gode erstatningsordningar for dårlege år som sikrar at landbruk bergar seg gjennom dårlege avlingar.
- Vassdragsrestaurering og planting av skog
- Styrke vassfordrøying i urbane strøk (betre å halde tilbake vatn enn å sleppe det rett på sjøen)

Årsaksinnretta tiltak

- Hindre import av planter og dyr (berar av insekt og sjukdommar)
- Verne matjorda.
- Sterkare vern av artar og naturtypar som naturleg held tilbake vatn (myr og skog)
- Betre utnytting av vatn som ein ressurs på alle forvaltningsnivå

Vekstsesong

Verknadskjede analyse

Vekstsesongen for plantar er definert som mengd dagar med gjennomsnittstemperatur over 5 °C, da plantane fyrst byrjar å vekse når temperaturen i jorda overstig 4 °C (Carter 1998)⁴⁸. Mot slutten av hundreåret vil vekstsesongen vere 1-3 månadar lengre, med størst auke i dei ytre strøka av Rogaland. Høgare konsentrasjon av CO₂ i atmosfæren vil bidra til meir effektiv fotosyntese. Totalt sett gjer dette auka primærproduksjon og eit raskare næringsstoffkretsløp (rapportdel 1).

På dette tema har me ikkje noko Verknadskjede, men vil gå gjennom tema med same systematisk tilnærming.

Påverknad

Følgjande faktorar er særleg viktige når det gjeld vekstsesong:

- Høgare lufttemperatur
- Ekstremvær (styrtnedbør, storm, stormflo og tørke)
- Uønska vær til feil tid (regn, frost)

Lufttemperaturen er estimert til 3,7 °C varmare i årleg snitt i år 2100 i Rogaland. Dette vil påverke vekstsesongen og vinterlengda. Rogaland sin lange kystlinje gjer at klima blir påverka av havet. Ekstremvær som styrtnedbør, storm, stormflo og tørke vil være med å påverke vekstforholda negativt sjølv om det blir varmare og dermed betre vekstforhold. Samtidig kan vær til feil tid ha mykje å seie for kritiske tidspunkt i jordbrukssesongen eller i økosystemet sin syklus.

Eksposering

Under har me lista opp følgjande eksponeringsfaktorar for vekstsesong:

- Befolkning
 - Helse
 - Pollenallergi
 - Flått og insekt
- Fysisk infrastruktur
 - Råteskadar på trekonstruksjonar og -bygg
 - Kulturminne
- Areal (natur- og kulturareal)

⁴⁸ Per Arild Aarrestad et al. 2015, 1157 Naturtyper i Klimatilpasningsarbeid Effekter Av Klimaendringer Og Klimatilpasningsarbeid På Naturmangfold Og Økosystemtjenester, n.d. <https://www.nina.no/archive/nina/PopBasePdf/rapport/2015/1157.pdf>

- Biologisk mangfald
- Næringsliv
 - Jordbruk
 - Skogbruk

Med eit varmare klima og betre vekstvilkår vil det føre til gode vilkår for mange typar organismar, ikkje berre dei artane me ser nytte i.

Lenger vekstsesong vil føre til tidlegare lauvspring og lenger pollensesong. Eit varmare klima vil òg kunne føre til introduksjon av nye artar som frigjer pollen som allergikarar reagerer på. Til saman betyr dette at dei forventa klimaendringane kan gje plantane eit større potensial for å gje sterkare allergiske symptom og/eller framkalla allergi⁴⁹.

Den største helsefaren ved global og lokal oppvarming reknast å vera auka utbreiing av vektoroverførte sjukdommar, dvs sjukdom som kjem med berar som mygg eller flått⁴⁹. Sjukdommane vert spreidde fordi desse utbreiing, bestandstorleik og aktivitetsperiode aukar med stigande temperatur. Internasjonalt vert det frykta spreiiing av viktige sjukdommar som malaria, dengue og ulike mygg- eller flåttoverførte hjernebetennelsar.

Fysisk infrastruktur kan verte ramma av råteskadar. Både våtare og varmare klima er med på å fremme vekst av mugg og råte på trebygg. Spesielt gamle bygg og kulturminne i tre er utsett og vil kunne krevje hyppigare vedlikehald og reparasjonar.

Biologisk mangfald er eksponert fordi det vil kunne ventast at nye og meir dominerande artar vil kunne fortrenge stadbundne artar. Vidare kan introduserte sjukdommar og pest ramme dei naturlege systema. Dette vert vidare diskutert i kapittel 9 om økosystem.

Innan næringsliv så er det spesielt landbruket som naturleg nok vert eksponert. Det vil vere ein betydeleg positiv utvikling i den jamne produktiviteten både for jordbruk og skogbruk med lenger vekstsesong og moglegheit for å ta i bruk andre nyttevekstar som trivest i varmare klima. I tillegg vil det være ein del faktorar som gjer det ekstra utfordrande å drive jordbruk i eit varmare og våtare klima. Det er ikkje berre nyttevekstar som trivest i eit varmare klima. Avlingane kan bli utsett for pestar og sjukdommar oftare og av nye typar ein ikkje har vore utsett for før. Skadedyr som før ikkje var veldig utbreidd kan i eit varmare klima oppnå ein reproduksjonsrate som gjer to generasjonar pr sesong. Noko som vil føre til at det er naudsynt med ytterlegare vernetiltak for å sikre avlinga mot skade.

⁴⁹ <https://www.fhi.no/globalassets/dokumenterfiler/til-arkiv/rapport-til-nou-klimatilpasning.pdf>

Skogbruket vil isolert sett kunne auka produksjonen ved klimaendringar. Klimaendringane vil òg kunne gje større risiko for skadar ved storm, pestutbrot, tørke og skogbrann, som i nokon tilfelle betyr hogst før hogstmodning, tap av skogbestander, reduserte inntekter og tap av karbonlager. Med klimaendringane vil vintersesongen verta kortare og perioden med tele i jorda redusert og dermed vert sesongen for skogshogst kortare.

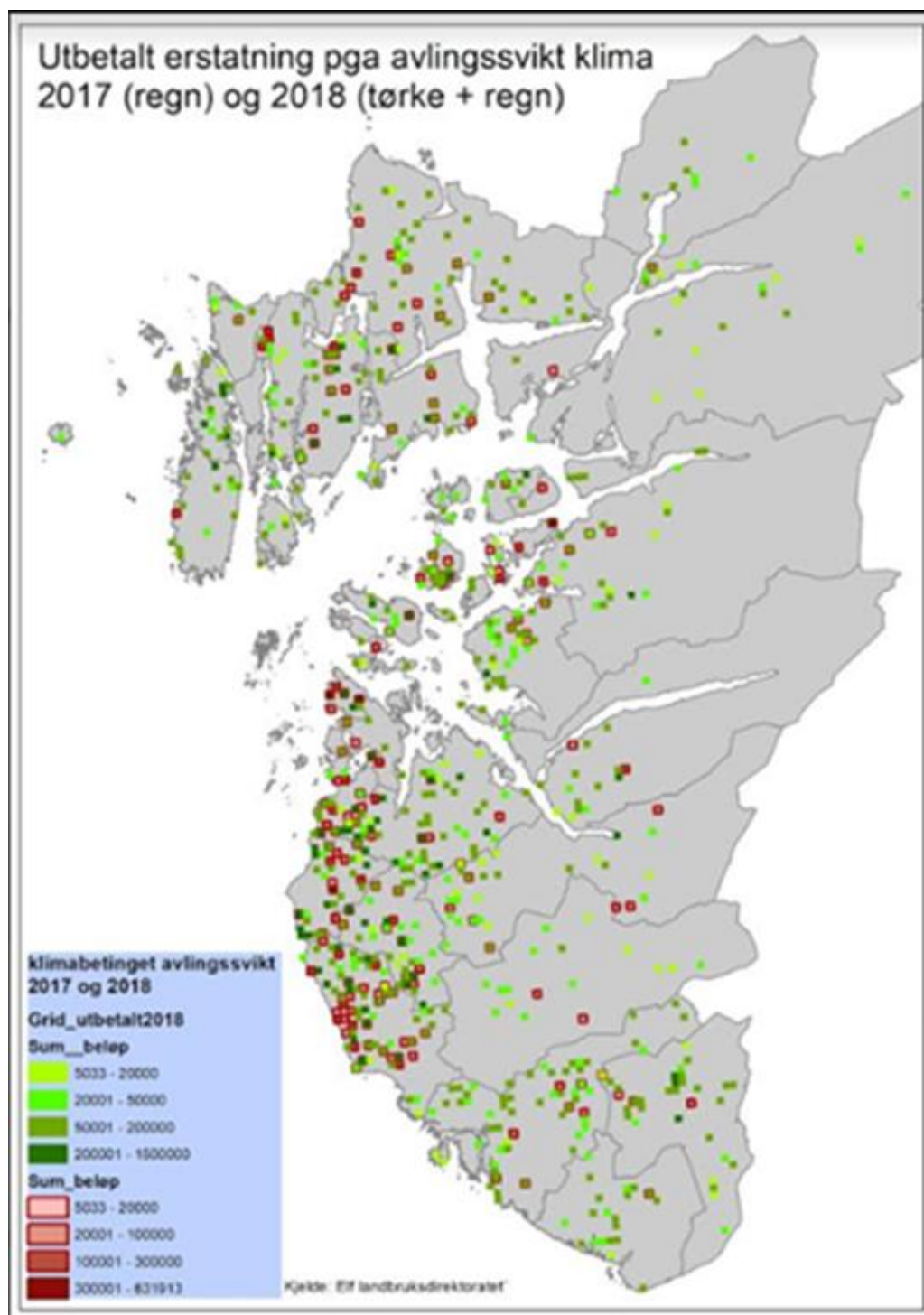
Sårbarheit

Endra vekstsesong har følgande sårbarheitsfaktorar:

- Institusjonell kapasitet
 - Landbrukspolitikk som styrer etter effektivitetsprinsipp
 - Korleis fange opp utgiftene knytt til klimaendringar som fell mellom systema?
- Befolkning
 - Dårlig beredskap for nye sjukdomar
- Fysisk infrastruktur
 - Dårlig vedlikehald av eldre trehus
 - Bruk av sterkare middel til å få bukt med sopp, mugg og råte, forureining
- Naturforhald
 - Rask vekst skadedyr/sjukdommar
 - Fleire generasjonar skadedyr pr år
 - Auka utbreiing av invasive artar og importerte artar
 - Dårlig pollinering
- Arealbruk
 - Lite mangfald i landbruket
 - Forureining
- Næringsliv
 - Bonden må leve i ein meir uføreseieleg kvardag
 - Vanskeleg å hauste inn
 - Meir sjukdom på avling og dyr □ meir forureining av plantevernmiddel
 - Lite fôr til dyra → Må importere meir fôrimport av plantar med nye insekt og sjukdommar
 - Må ha større landområde for å dekke behovet → Større køyretøy → meir pakking av jordmassar → meir avrenning og dårleg jordsmonn
- Mentalitet
 - Landbruk skal drives så spesialisert og effektivt som mogleg. Dette fører til store flater med lite biologisk mangfald.

Faktorar som fører til sårbarheit i vekstsesongen fram mot 2100 i Rogaland er beskrive med utgangspunkt i utfordringar som gjeld heile landet. Det er vanskeleg på dette området å definere særpreg ned på fylkesnivå.

Landbrukspolitikken er ein sterk drivar i korleis bonden vel å drive garden sin i Noreg. På grunn av dei viktige tilskotsordningane er det mykje opp til politikarane korleis bøndene satsar innan næringa. Det har i dei siste åre blitt stimulert til at landbruket skal drivast mest mogleg effektivt med større einingar og relativt spesialisert drift. Dette fører til relativt store flater med einfaldig produksjon. Erstatningsordningane er ein nyttig måte å fange opp kor skoen trykker når det gjeld å finne statistikk over avlingstap. *Figur 45* viser oversikt over utbetalt erstatning på grunn av avlingssvikt til regn og tørke i 2017 og 2018.



Figur 45 Utbetalt erstatning på grunn av avlingssvikt i 2017 og 2018 i Rogaland. Dei grøne merkene er frå 2018 (tørke + regn) og dei raude frå 2017 (regn).

Det statistikken vist i figuren iver ikkje inkluderer er tal over avlingssvikt til skadedyr eller sjukdom på grunn av klima. Dette gjer det vanskeleg å definere kor viktig denne faktoren er i dag og kor viktig den blir framover. Med god statistikk over avlingssvikt vil vi kunne finne gode tiltak for klimatilpassing.

Ein sårbarheit for befolkninga kan vera at det er vanskeleg å bu seg på nye sjukdommar som kjem av klimaendringar når ein veit så lite om kva som kjem. På dette feltet trengs det meir kunnskap og gode rapporteringsrutinar slik at ein kan følgje utviklinga nøye.

Fysisk infrastruktur som trehus og kulturminne i tre er ekstra sårbare for sopp, råte og mugg i framtidas klima. Dette betyr at dei må haldast ved like oftare og at ein mest sannsynleg må bruka kraftigare soppmiddel for å motarbeide dei gode vekstvilkåra. Dette vil føre til meir forureining av kjemikaliar som vert vaska ut i terrenget.

Gode vekstforhold og nye typar skadedyr og sjukdommar fører til dårleg plantehelse og kan skade store delar av avlinga. Derfor blir det mest sannsynleg naudsynt å bruke plantevernmidlar oftare, i større dosar og av fleire typar. Med meir intensiv bruk kan dette føre til større mengder kjemikaliar på avveie som ved avrenning kan påverke vasskvaliteten i vasskjelder og drikkevattforsyninga. Dette vil kunne medføre eit behov for strengare beskytta drikkevasskjelder⁴⁹. Det opnar òg opp behov for å utvikle nye avlingsartar som er betre rusta mot skadepåførarar. Ein annan viktig komponent for å få gode avlingar er pollinerande insekt. Desse vert sterkt redusert i tal ved bruk av plantevernmidlar. Utan pollinerande insekt vil storleiken på avlinga gå ned og ein vil få mindre genetisk variasjon. Pollinerande insekt blir negativt påverka av at det er lite mangfald i landbruket. Dersom markene ikkje har randsoner og med eit mangfald av vekstar så blir det dårleg samspel mellom pollinator og blomar.

Jordbruksnæringa vil ha fleire sårbare element i å tilpasse seg eit endra klima. Med ekstremvær og masse vær til feil tid vil det kunne bli vanskeleg å så og hauste inn til rett tid. For å kompensere for auka risiko ved avlingssvikt så kan det bli behov for å auke avlinga og ha større bruk. Dette fører ofte til at det vert brukt større reiskap som er tunge på marka og som pakkar jorda saman ved bruk. Dette vil så føre til enda dårlegare avling for jorda får dårlegare struktur og samtidig vil det føre til meir avrenning. I kapittel 5 for tørke blir det teken opp at ved langvarig tørke og påfølgande avlingssvikt vil det bli behov for å importere for. Dette kan vere vanskeleg å få til om det har vore tørke over heile Europa slik som tilfelle i 2018. Da var det rett og slett ikkje for å få tak i og bøndene måtte redusere bestanden sin. Dette gjer dei skadelidande i fleire år framover. Samtidig vil større del import av for resulterer i større risiko for import av sjukdommar og skadedyr me ikkje er plaga med i dag.

Det er ei oppfatning at landbruket skal drives spesialisert og effektivt. Dette er til no oppfatta som den mest samfunnsnyttige modellen. Om ein ser på kva følger det har for nærliggande økosystem og avrenning av næringsstoff og plantevernmidlar ut i miljøet så er det aukande fare for at vinninga av effektiviteten går opp tapet av miljøverdiar som igjen påverkar avlinga negativt. Det kan vere behov for å sjå etter nye metodar samt å vurdere å ta fram att eldre metodar. Før i tida var jordbruket

veldig allsidig og ein var dermed rusta for mange situasjonar ved å ha mange sortar som produserast.

Risiko

Under er det lista opp risiko ved endring av vekstsesong

- Redusert matsikkerheit
- Matproduksjon på kostnad av økosystem
- Store sjukdom, skadedyr eller pesthendingar
- Tap av nøkkelartar for heile økosystem

Framskrivningane for klima i Rogaland tilseier at det vil bli ei generell auke av lengda av vekstsesong, noko som vil tyde på ei gjennomgåande positiv produksjonsutvikling for primærnæringane. Likevel er det nokre negative konsekvensar som er verdt å bu seg på.

Den største utfordringa og usikkerheita er introduksjon av nye artar, pestar og oppblomstring av sjukdom og skadedyr. Dette kan ramme både naturlege artar og kultiverte artar i stor skala og vil føre til redusert matsikkerheit. Dersom ein stadig vekk skal auke storleiken på einingane og effektiviteten i landbruket så vil ein får meir pakking av jordmassar og meir avrenning av forureinande stoffar (gjødsling og plantevernmidlar). Dette vil gå utover nærliggande økosystem og menneske. Matproduksjonen vil da skje på kostnad av økosystem og det vil kunne føre til tap av artar. Dersom ein mister nøkkelartar som for eksempel pollinatorar i eit økosystem så vil det gje ringverknadar på heile økosystemet, og landbruket.

Fordeler med variert landbruk versus einfaldig landbruk er at da er det fleire strenger å spele for på bonden. Det fører til variasjon i vekstar som bidreg til eit samspel med omkringliggande økosystem, ikkje som ein barriere slik store einsarta flater kan vere. Dersom ein vel rett type kombinasjon av vekstar som er tilpassa miljøet vil ein ha ein mykje meir robust avling som er motstandsdyktig for dei mange komande variasjonane som klimaendringane vil by på.

I tabellen under har vi vurdert korleis sårbarheit og eksponering på vekstsesong kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønskte hendingar. Vi har ikkje grunnlag for å gjere ei kvantitativ rangering av dei ulike risikoforholda; heller ikkje korleis forventa klimaendringar vil kunne påverke den interne rangeringa eller storleiken på risikoforholda vist i tabellen.

Dei elementa som gjer størst utslag i tabellen samsvarar godt med punkta under risiko. Sårbarheit og eksponering for nye skadepåførarar (sjukdom, pestar og skadedyr) eller oppblussing vekst av skadepåførarar som me kjenner frå før går att i matrisa. Likeins vil det bli viktig å ha berekraftig utnytting av naturen og god kontroll med plantevernmidlar for å hindre spreining av forureining.

Tabell 16 Vurdering av klimarisiko for vekstsesong i Rogaland

Sårbarheit	Eksposering				
	Befolkning helse	Infrastruktur - råteskadar	Areal Biologisk mangfald	Jordbruk	Skogbruk
Institusjonell kapasitet					
Landbrukspolitikk	x	0	x	x	x
Rapportering på avlingssvikt	0	0	0	x	x
Befolkning					
Beredskap sjukdom	x	0	0	0	0
Infrastruktur					
Dårleg vedlikehald	0	x	0	0	0
Bruk av sterke verkestoff	x	0	x	x	x
Naturforhald					
Masse skadedyr og sjukdommar	0	0	x	x	x
Dårleg pollinering	(x)	0	x	x	x
Arealbruk					
Lite mangfald i landbruket	(x)	0	x	x	x
Forureining	x	0	x	x	x
Næringsliv					
Meir plantevernmiddel	x	0	x	x	x
Meir import av fôr	0	0	x	x	x
Meir pakking av jordsmonn	0	0	x	x	0
Mentalitet					
Effektivt landbruk	0	0	x	x	(x)

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Rimelegvis er utviklinga av jord- og skogbruksnæringa avgjerande for spørsmålet om klimarisiko knytt til vekstsesong, men utviklinga innafor naturvern kan også vere viktig. Det avgjerande er likevel korleis omfanget av landbruksnæringa samla sett vil utvikle seg, korleis lokaliseringa av næringsaktiviteten vil bli (blir nokre område lagt brakk?), korleis forholdet mellom intensiv og ekstensiv drift utviklar seg, og kva produksjonar som vert prioritert. Eit viktig spørsmål å få avklart er om auka grad av økologisk jordbruk kan vere positiv i denne samanhengen.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Styrke institusjonell kapasitet

- Etablere betre oversikt over kostnader med klimaendringar (sjukdom på avling, helse, investering for tilpassing)
- Styrke samarbeidet mellom helsesektoren, jord- og skogbruk, og arealforvaltning

Analysere sårbarheit

- Få meir kunnskap om variert landbruk vs einfaldig landbruk
- Sjå på alternative driftsformer og nye artar å avle på
- Få meir kunnskap om import og introduserte artar

Informere om sårbarheit

- Styrke kunnskapen hos bonden om nye sjukdommar på dyr og planter
- Styrke kunnskapen i landbruksnæringa og kommunane om effekt av plantevernmidlar på pollinerande insekt

Vente-og-sjå

- Ikkje lett å spå kva artar som kan bli den neste «landeplagen». Kan ikkje vere førebudd på alt

Effektinnretta tiltak

- Styrke beredskapen mot nye sjukdommar
- Styrke vedlikehald av kulturminne

Årsaksinnretta tiltak

- Stimulere til økologisk jordbruk eller integrert jordbruk med minst mogleg bruk av plantevernmidlar
- Utvikle miljøvennlege måtar å beskytte treverk på.
- Sterkare vern av matjord
- Styrke omsynet til pollinerande insekt i arealplanlegging og utbygging av ny infrastruktur

Økosystem på land

Verknadskjede analyse

Klimaendringar påverkar artar og samspelet mellom artar. Ekstremvær og dei meir gradvise klimaendringar vil føre til endra forutsetningar for økosystema. I Rogaland er det stor variasjon i naturtypar og artssamansetning frå fjell og heier til fjordlandskap og sletter.

Figuren under oppsummerar Verknadskjede-analysen utført av representantane for Rogaland fylkeskommune på temaet økosystem på land. I det vidare vil vi kort kommentere dette. Marine økosystem vil bli behandla under kapittel 10 om tema havforsuring. Vi har handsama faktoren «landbruk» under kapittel 8 om vekstsesong.

Økosystem	
Påverknad Auka temperatur Endra nedbørsmønster Vekslande temperatur rundt 0 grader (ising, skare, slaps) (Flytta frå risiko)	Sårbarheit Monofisering av landbruksområder Overutnytting av ressursane i økosystema: skogbruk, fiske, hausting og jakt Lite robuste økosystem Sårbare vassdrag (forureining, inngrep i elv landbrukspåverknad) Manglande kunnskap og dårleg arealplanlegging Bit- for-bit utbygging (restareal forsvinn) Manglande korridorar for artar Sterk landbruksnæring, vanskeleg å snu eksisterande arealbruk Nye og auke i sjukdom og skadedyr
Eksponering Vassdrag Kyst Raudlisteartar Naturtypar Kulturlandskap Landbruk Fjellområder	Risiko Tap av artar Større dødelegheit ved redusert kamuflasje hjå vinterdyr (dyr med pelsskifte) Lure-vår: for tidlig lauvsprett, for tidlig paring Tap av nøkkelartar Migrasjon av fisk (atlantisk fisk nordover) Framande artar fortrenger stadbundne artar Varmare vatn i innsjøar og elvar: • Auka eutrofiering • Mindre O₂ • Dårlege levekår for mange artar Attgroing: kulturlandskap, fjell, skog, anna Avlingssvikt pga sjukdom/skadedyr Dårlege veksttilhøve for pollinerende insekter

Figur 46 Verknadskjede analyse for tema økosystem på land utført av representantar frå Rogaland fylkeskommune

Påverknad

Figuren over listar opp følgjande påverknadsfaktorar:

- Auka temperatur

- Endra nedbørsmønster
- Vekslande temperatur rundt 0 grader (ising, skare, slaps) (Flytta frå risikokvadratet av figuren)

Auka temperatur og nedbørsmønster vil påverke artar direkte og indirekte. Nokon artar vil få betre levevilkår og andre vil få det vanskelegare. Auka temperatur vil føre til at artar flyttar nordover og oppover i terrenget. Nokon artar vil miste sine leveområde og til og med døy ut. I tillegg blir det auka innvandring av artar som har hatt ei særleg utbreiing.

Kortare vintersesong kan ha ein del positive følger da dette er ofte ei hard tid for plante og dyrelivet. Lenger sommarsesong med varmare dagar vil kunne føre til betre levevilkår for mange artar, mens lange periodar med tørke og varme kan føre til vassmangel og heitestress. Samtidig vil vekslande temperatur rundt nullpunktet føre til uheldige fryse-tine syklusar som gjer vegetasjon meir sårbar. Ising av vegetasjonsdekke kan i tillegg føre til mindre tilgjengeleg beite for beitedyr.

I tillegg til påverknadsfaktorane vist i figuren over kjem at havnivåstigning også vil påverke på artar og økosystem som er kystnære. Tørke vil bli eit aukande problem i periodar. Dette vil bli handtert nærare under kapittel om vekstsesong.

Eksposering

Figur 46 og supplerande vurderingar gjort av forfattarane gjev grunnlag for å føre opp følgjande eksponeringsfaktorar for økosystem på land:

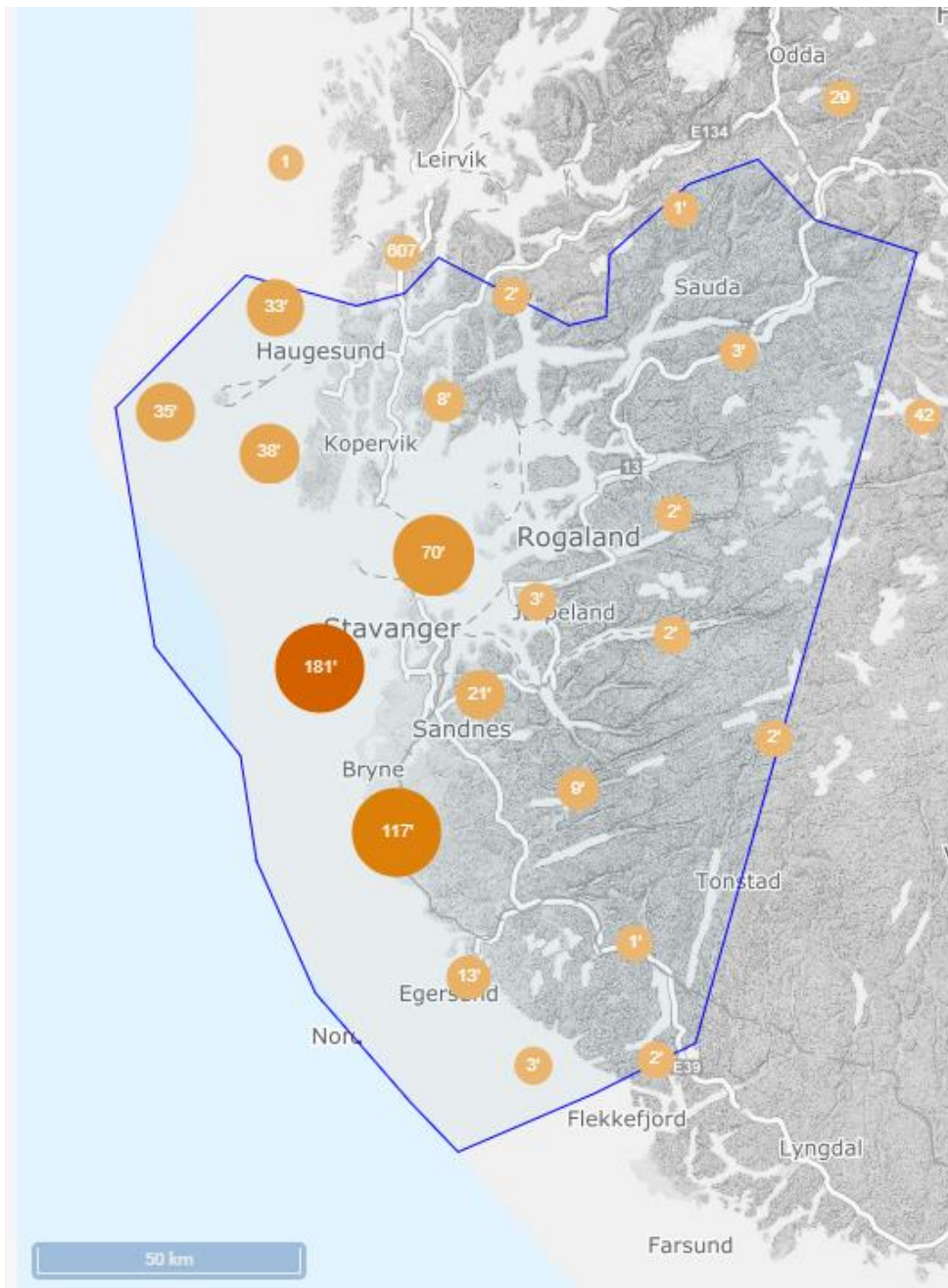
- Økosystem og areal
 - Raudlisteartar
 - Vassdrag
 - Kyst
- Naturtypar
 - Fjellområde
 - Kulturlandskap
- Næringsliv
 - Jordbruk (avlingssvikt)
 - Skogbruk (avlingssvikt)

Mange av eksponeringsfaktorane over er omtalt i delrapport 1. Under har vi løfta fram dei som blir eksponert betydeleg i positiv eller negativ forstand og på eit meir overordna nivå enn på artar spesifikt, der delrapport 1 viser ei god oversikt på artsnivå og naturtypar.

Figur 47 viser distribusjonen av trua artar i Rogaland. Av desse er 32 artar definert som påverka av klimaendringar. Her er raudlisteartar påverka av klimaendringar frå rapportdel 1 delt opp i kva type eksponering dei er mest utsett for:

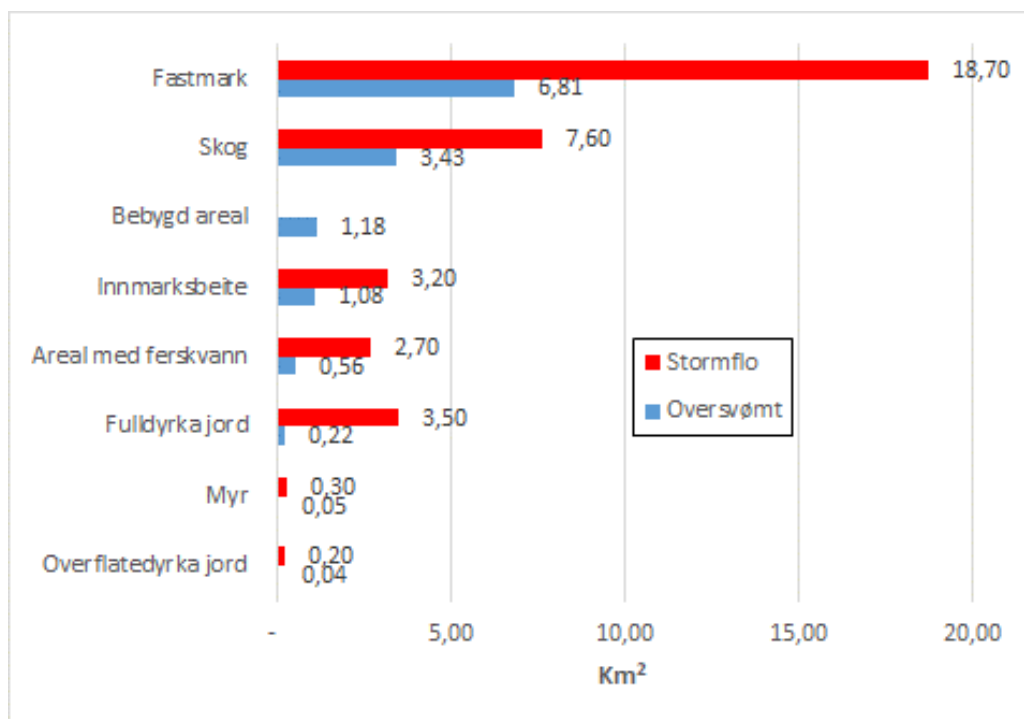
- Havnivåstigning: Lomvi, Alke, Krykkje, Lunde, Kysthumle, Strandmurerbie, Irsk hannelav, Prakthannelav, Kranshannelav, Kystrosettlav og Grå punktlav.
- Fjell og temperaturendring: Bergjunker, Sylmose, Hårkrinslav, Kort trollskjegg, Praktdraugmose, Norsk malurt, Strandhannelav, Jemtlandsrapp, Snøgras, Sylmose, Faksjøkelmose, Sivspurv, Hare, Fjellrype, Lirype, Blåstrupe og Lappspurv.
- Flaum og endring i vassdrag: Jøkelstarr, Norsk malurt og Sivspurv.

Vassdragsnære økosystem vert eksponert både av flaumhendelingar (erosjon og deponering av massar) og ved tørke (jf. *Tabell 6* med oversyn over flaumutsette vassdrag i Rogaland).



Figur 47 Distribusjon over trua og sårbare artar på land i Rogaland (kjelde: <https://artskart.artsdatabanken.no/app/#map/>)

Kystnære økosystem kan bli eksponert av både havnivåstiging og stormfloendingar, som igjen kan påvirke viktige naturtypar som t.d. sanddynemarkførekomster på Jærstrendene. Fylkeskommunen har analysert areal som kan bli oversvømt og utsett for stormflo i 2090, der fastmark og skog utgjer den klart største arealkategorien (Figur 48).



Figur 48 Areal utsett for stormflo og oversvømming i 2090 (Rogaland fylkeskommune, 2019)

Oversvømming vil føre til erosjon, og naturtyper som kan bli utsett for oversvømming ifølge fylkeskommunen er vist i tabellen under.

Tabell 17 Naturtyper som kan bli utsett for oversvømming i Rogaland fram mot 2090. *Raud skrift* indikerer raudlista naturtype.

Artsrik veikant	Gråor-heggeskog	Regnskog
Bekkekløft og bergvegg	Hagemark	Rik edellauvskog
Brakkvannsdelta	Høstingsskog	Rik kulturlandskapssjø
Brakkvannspoller	Kalkskog	Rik sump- og kildeskog
Brakkvannssjøer	Kantkratt	Rikt strandberg
Dam	Kilder og kildebekker	Sand- og grusstrand
Deltaområde	Kroksjøer, flomdammer og meanderende elveparti	Sanddyne
Elveslette	Kystfuruskog	Småbiotoper
Gammel barskog	Kystlynghei	Store gamle trær
Gammel boreal lauvskog	Kystmyr	Strandeng og strandsump
Gammel fattig edellauvskog	Naturbeitemark	Sørvendte berg og rasmarker
Gammel furuskog	Poller	Tresatt kulturmark

Det finnes spesielt stort biologisk mangfold i kulturmark. Kulturmark har gått sterkt tilbake dei siste hundre åra og utgjør i dag ein liten del av Rogaland sitt landareal. Likevel finnes 24 % av alle trua artar i kulturmark, der mange av dei er insekt, karplantar og sopp. Dei gamle kulturlandskapa er òg robuste økosystem som har betydning for landskapet si evne til klimatilpassing. Dette er dei mest utsette typane kulturlandskap i Rogaland⁵⁰:

- Kritisk trua: slåttemark og særleg slåttemyr
- Sterkt trua: kystlynghei, semi-naturlig strandeng og semi-naturlig myr
- Sårbar: strandeng, boreal hei og semi-naturlig eng

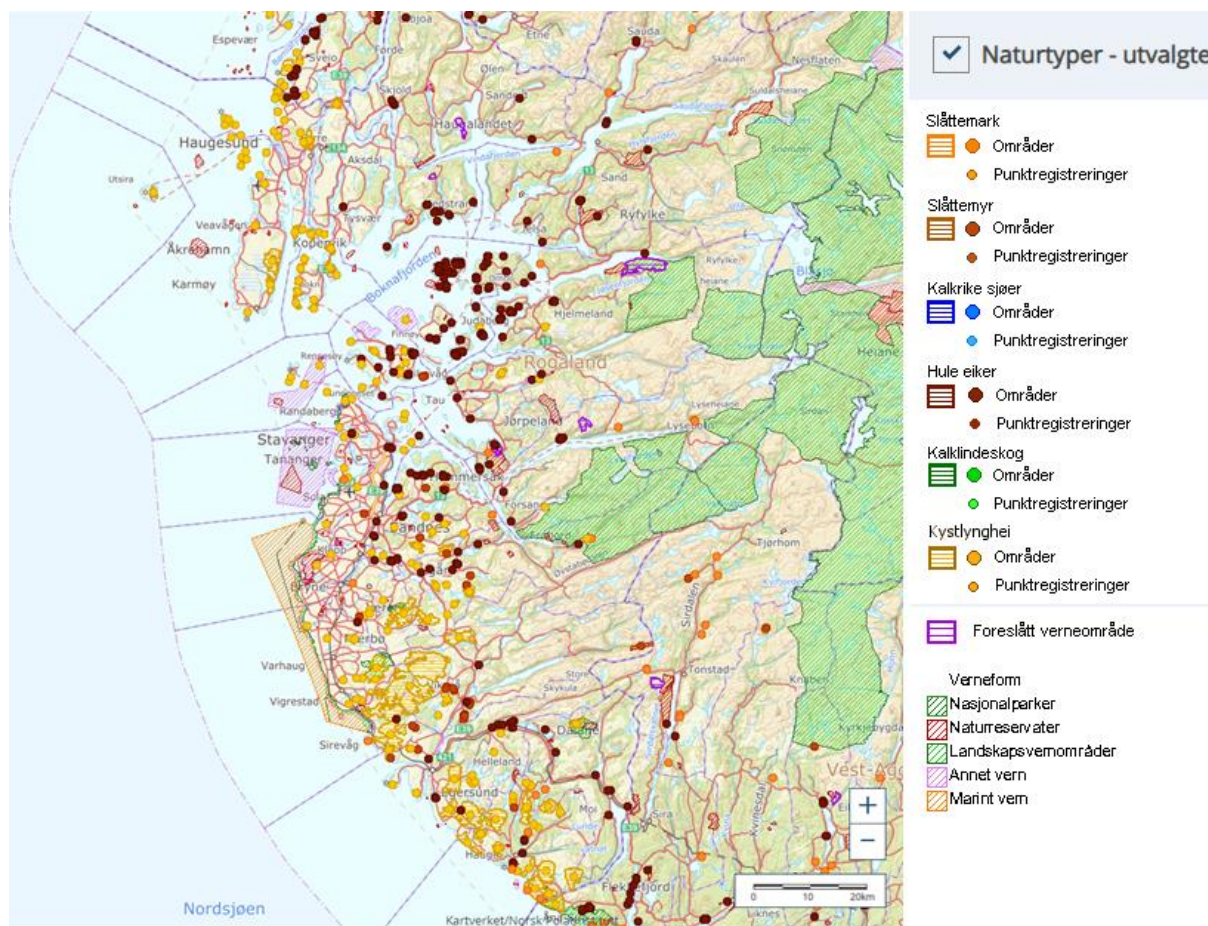
Seks lokalitetar i fylket er identifisert som særleg verdfulle kulturlandskap⁵¹:

- Rennesøy: Hodne-Sel-Dale, Førsvoll og Helland-Bø
- Suldal: Tre grender langs Suldalsvatnet

Fjellområde blir trekt fram som spesielt eksponert for høgare temperaturar, og nesten halvparten av alle truga artar som truleg vil bli negativt påverka av klimaendringar i Rogaland har leveområde i fjellområde. «Prioriterte arter» eller «utvalde naturtypar» blir særleg teken omsyn til i forskrifter til naturmangfaldlova. Fylkesmennene har ansvar for det faglege grunnlaget for nye handlingsplanar for nokon av dei prioriterte artene og utvalde naturtypane og for å gjennomføre tiltak når planane er vedteken. *Figur 49* viser distribusjon av utvalde naturtypar og verneområde i Rogaland. Desse er lokalisert i hovudsak nær sjø og i fjellområde.

⁵⁰ <https://www.environment.no/no/Tema/Naturmangfold/Kulturlandskap/>

⁵¹ <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/miljo-og-okologisk/kulturlandskap/utvalgte-kulturlandskap/rogaland>



Figur 49 Fordeling av utvalgte naturtyper og verneområde i Rogaland⁵²

Sårbarheit

Figur 46 og egne vurderingar gjev grunnlag for å føre opp følgjande sårbarheitsfaktorar for kva som kan påverke økosystem:

- Institusjonell kapasitet
 - Kunnskapsmangel om utbreiing av arter og samspelet mellom desse.
 - Fragmentert ansvar for handtering av klimaendringar
- Arealbruk
 - Forureining
 - Tiltak i sårbare økosystem
 - Sårbare vassdrag (forureining, inngrep i elv, landbrukspåverknad)
 - Nye typar og auke i sjukdom og skadedyr
 - Manglande kunnskap og dårleg arealplanlegging lokalt
 - Liten buffersone inn mot verneområde og utvalgte naturtyper
 - Nedbygging av myr
- Næringsstruktur og sysselsetting

⁵² <https://miljoatlas.miljodirektoratet.no/MAKartWeb/KlientFull.htm>

- Sterk landbruksnæring, vanskeleg å snu eksisterande arealbruk
- Lite mangfald i landbruket
- Overutnytting av ressursane i økosystema: skogbruk, fiske, hausting og jakt
- Import av plantar med nye insekt og sjukdommar
- Bit- for-bit utbygging (restareal forsvinn)
- Utbygging i urørt natur
- Mobilitet
 - Manglande korridorar for artar

Det er mange faktorar som spelar inn samtidig med klimaendringar når ein ser på sårbarheit for økosystem, som forureining, endring i arealbruk og utbygging. Klimaendringar er med å forsterke andre miljøfaktorar. Det er stor kunnskapsmangel i dag på korleis klimaendringar påverkar artar og forholdet mellom artar i eit økosystem. Samtidig er ansvaret for handtering av klimaendringar fragmentert på statleg nivå og fordelt på fleire instansar. Dette kan føre til koordineringsutfordringar. I tillegg opplyser mange kommunar i ein undersøking gjennomført av Rogaland fylkeskommune at dei ikkje har oversikt over sine sårbare økosystem (Notat 2 frå RFK). Dette er ein betydeleg sårbarheit som kan føre til gjentakande feil beslutningsgrunnlag ved arealutnytting og tiltak i naturen. Delrapport 1 gjev ein meir utfyllande gjennomgang av korleis klimaendringar kan påverke økosystem. I det vidare løfter vi fram nokre særleg viktige forhold.

Stadig mindre urørt natur fører til mindre robuste økosystem. Vurderingar på nasjonalt nivå viser at arealbruk er den faktoren som påverkar det biologiske mangfaldet på land mest, målt som reduksjon i naturindeks⁵³. Dei andre faktorane er hausting, innføring av framande artar, forureining og klimaendring. Av økosystema ferskvatn, våtmark, skog, ope lågland, og fjell er det berre for den siste kategorien at klimaendringar (saman med arealbruk) er den viktigaste faktoren.

Villreinen blir rekna som eit eksempel på ein art som vil vere særleg utsett for klimaendringar i og med at villreinen alt med dagens klima har avgrensa leveområde og difor i hovudsak ikkje har nye og unytta område den flytte til om klimaet vert ugunstig innafor dagens villreinområde. I tillegg kjem at villreinen er utsett for andre typar negativ påverknad. Likeså er rype og harer ekstra utsett da dei har biologiske tilpassingar i form av pelsfarge som endrar seg etter sommar og vinterforhold. Dersom snøen vert borte heilt eller delvis så vil desse artane bli meir utsett ved å ha ein kamuflasje som ikkje lenger er tilpassa leveområda sine. Dette er ein eigenskap som artane ikkje kan endre like fort som klimaendringane er forventet å endre seg.

⁵³ <http://www.naturindeks.no/Themes/22>

I 2016 vedtok Miljødirektoratet ein plan for restaurering av våtmark i Norge med mål om å reduserte klimagassutslepp, tilpassing til klimaendringar og betre økologisk tilstand. Våtmark vert definert vidt og omfattar mellom anna myr, elvar, innsjøar, brakkvatn og marine områder ned til seks meters djup. I Rogaland har Fylkesmannen og vertskommunane (Time og Klepp) starta arbeidet med vassdragsrestaurering i Orrevassdraget. Frå dette prosjektet vil ein kunne hauste masse erfaringar om vassdragsrestaurering.

Risiko

Det er mange risikofaktorar som er knytt til klimaendringar og økosystem (sjå tabell under).

Tabell 18 Vurdering av klimarisiko for økosystem i Rogaland

Sårbarheit	Eksponering					
	Raudlisteartar	Utvalde	Vassdrag	Kyst	Fjell	kulturlandskap
Institusjonell kapasitet						
Kunnskapsmangel og kartleggingsbehov	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Ukoordinert ansvar statleg og regionalt	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Befolkning						
Urbanisering og folkeauke	(x)	(x)	0	x	0	x
Arealbruk						
Forureining	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Lite robuste økosystem	x	x	x	(x)	(x)	(x)
Manglande kunnskap og dårleg arealplanlegging	x	x	(x)	(x)	(x)	(x)
Nedbygging av myr	x	x	x	x	x	(x)
Infrastruktur						
Bit- for-bit utbygging	x	x	(x)	x	x	0
Utbygging i urørt natur	x	x	x	x	x	0
Næringsliv						
Overutnytting av ressursane i økosystema	x	x	x	x	x	x
Import av plantar med nye insekt og sjukdommar + invasive artar	x	x	x	x	x	x
Mobilitet						
Manglande korridorar for artar	x	x	(x)	x	x	(x)

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Tap av artar og større dødelegheit er eit resultat av dårlegare levevilkår. Ved endra klima kan ein vente seg at framande artar kan få betre levevilkår og dette kan gå spesielt utover spesialiserte og stadbundne artar ved å fortrenge desse. Dette kan òg føre til attgroing av kulturlandskap og høgare tregrense i fjell. Varmare vatn i innsjøar og elver vil føre til auka eutrofiering og mindre oksygen. Noko som kan stresse økosystemet betydeleg. Spesielt nøkkelartar som pollinerande insekt kan gje store ringverknadar om dei skulle felle bort. Ein kan oppleve store utbrot av nye sjukdom og skadedyr som påverkar andre artar veldig negativt. I tillegg kan viktige sesonghendingar i eit økosystem bli forstyrre ved uregelmessige isetide hendingar, som for eksempel for tidleg lauvsprett og tidig paring. I tabellen under har vi samla vår vurdert korleis sårbarheit og eksponering på økosystem kan henge saman og auke eller redusere risiko for uønskte hendingar.

Samfunnsutvikling

Det er særleg to trekk i samfunnsutviklinga som kan påverke klimarisiko for økosystem i Rogaland:

- Spreiing av innførte artar
- Arealbruk

Truleg vil den mest merkbare konsekvensen for norsk natur bli meir spreing av innførte arter og fleire utbrot av parasittar og sjukdommar. Samtidig vil dei mest sårbare områda fjell og Jærestrendene ha stor risiko for tap av økosystem og enkeltartar. Ein stadig meir internasjonal økonomi med meir spreing av biologisk materiale kan påverke desse forholda. Ein overgang frå fossil- til bioenergi, og større vekt på kretsløpsøkonomi kan vere med å forsterke denne utviklinga om det ikkje blir tatt omsyn til å kontrollere spreing av biologisk materiale i langt sterkare grad enn i dag.

Dersom endringa i arealbruk fortset i same takt som dei siste 50 åra, med stadig meir nedbygging av urørt natur og anna natur med høgt biologisk mangfald, vil det få store konsekvensar. Mykje av vårt biologiske mangfald vil bli borte. Me kan og miste viktige genressursar for framtida. Bestøving (pollinering) kan bli redusert dersom ikkje villbier, humler og andre bestøvande insekt beheld leveområda sine. Dette vil føre til reduserte avlingar og mindre genetisk variasjon, og gjere økosystema meir sårbare for klimaendringar.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Under er ført opp aktuelle tiltak for tilpassing til negative verknadar på økosystem i Rogaland av klimaendringar.

Styrke institusjonell kapasitet

- Styrke den grunnleggjande kunnskapen om korleis klimaendringar påverkar det biologiske mangfaldet på økosystemnivå
- Styrke samarbeidet mellom naturvern, jordbruk, skogbruk og arealplanlegging

Analysere sårbarheit

- Kartlegge område som er viktige for å redusere negative verknader av klimaendringar (t.d. våtmarker i høve flaum)
- Styrke kunnskapen om korleis klimaendringar påverka økosystem
- Styrke kunnskapen om sårbarheit for klimaendringar av økologisk og differensiert versus konvensjonelt og monokultur-jordbruk
- Styrke kunnskapen om korleis klimaendringar kan påverke vilkår for spreining og pestoppblomstring av importerte og introduserte artar

Informere om sårbarheit

- Informere kommunane og innbyggjarane om korleis dei kan bevare det biologiske mangfaldet
- Informere kommunane og innbyggjarane om korleis dei kan bevare gode klimabuffer

Vente-og-sjå

- Hauste erfaringar frå vassdragsrestaurering i Orrevassdraget, Time og Klepp kommune av fylkeskommunen før eventuelle nye tiltak blir starta

Effektinnretta tiltak

- Verne område som er viktige for å redusere negative verknader av klimaendringar
- Restaurere område som er viktige for å redusere negative verknader av klimaendringar

Årsaksinnretta tiltak

- Hindre import av planter og dyr (berarar av insekt og sjukdommar)
- Verne trua naturtypar og inngrepsfri natur og opprette buffersoner rundt naturtypar som er truga av klimaendringar

Havforsuring og marine økosystem

Verknadskjede-analyse

Påverknad

CO₂ i atmosfæren står i likevekt med karbonsyre i havvatnet. Menneskeskapte CO₂-utslepp endrar denne balansen og fører til at karbonatkjemien i havet blir negativt påverka. Havområda er i dag 27 prosent surare enn før den industrielle revolusjonen, og har no den lågaste pH-verdien som har vore på meir enn 20 millionar år, slik det går fram av *Figur 50*. Framskrivingar av havforsuringa viser at det dramatiske fallet i pH er venta å halde fram, jf. den stipla kurva på figuren under.



Figur 50 Historisk pH-verdi i havet gjennom dei siste 25 millionar år. Utviklinga frå menneskeape til humanoidar og *Homo sapiens* har funne stad gjennom mindre enn halvparten av dette tidsspennet. Kjelde: Dannevig et al., 2019.

Havvatn er i utgangspunktet basisk, med pH som varierer mellom 7,8 og 8,5 (pH lik 7 er nøytralt), og sjølv med omfattande forsuring vil ikkje havet bli *surt*, i alle fall ikkje på lang tid. Endra pH kan likevel få store konsekvensar, mellom anna ved at byggesteinane for organismar som danner skal blir mindre tilgjengelege. Kalkskal består av kalsiumkarbonat (CaCO₃), som finst i to former, aragonitt og kalsitt. Konsentrasjonen av aragonitt løyst i sjøvatnet, aragonittmetninga, bestemmer kor lett det er for mange havlevande organismar å danne kalkskal. Eit døme på dette er vengesneglen *flugeåte*, eit purpurraudt dyreplankton på 3 mm, med «venger» som han brukar til å svømme og fange mat. Flugeåte finst i svært store mengder i våre farvatn og blir beita på av pelagisk fisk, m.a. sild. Dette er ein av artane som er

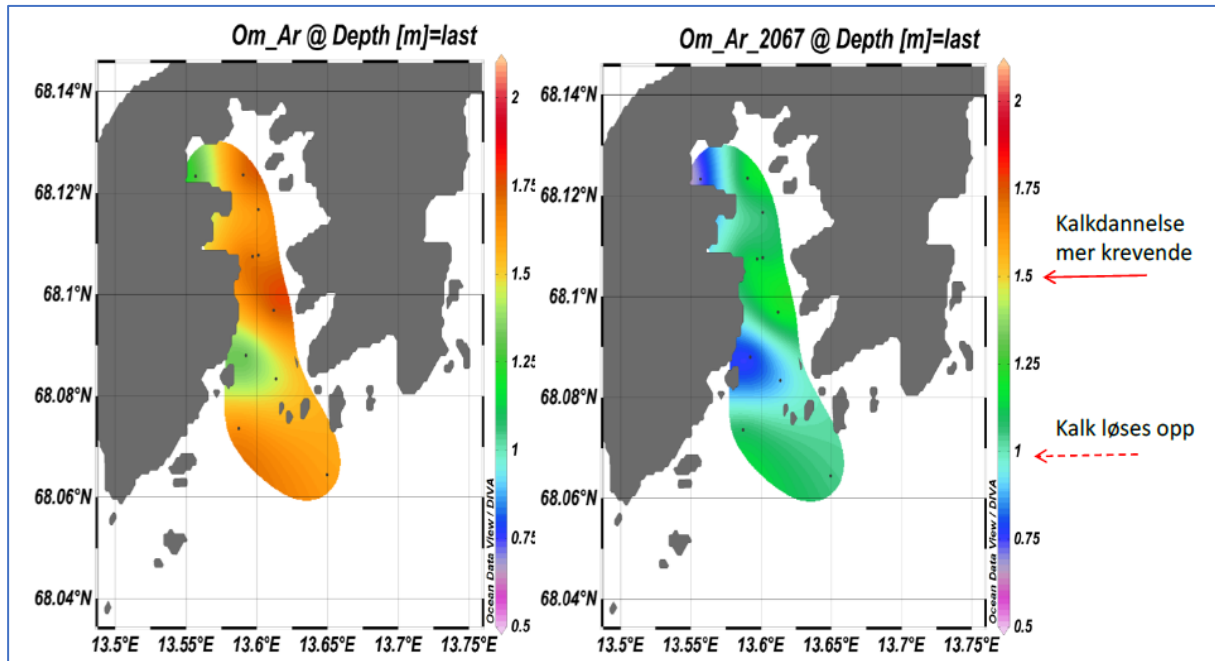
sårbar for havforsuring. Forsuring gjer at denne og andre artar blir utsett for stress ved at dei må bruke meir energi på å «fange» aragonitt frå sjøvatnet. Går prosessen langt nok, vil kalkskal gå i oppløysing og slike artar kan forsvinne frå dei mest påverka havområda. Dersom havforsuringa ikkje blir stoppa i tide, vil dei økologiske konsekvensane bli uoversiktlege, alvorlege og irreversible.

Eksponering

Havforsuring har vore gjenstand for målingar i norske havområde sidan 1990-talet, og i 2013 starta eit statleg overvakingsprogram for forsuring i Norskehavet og Barentshavet, i tillegg til målingar NIVA foretar frå eit hurtigruteskip og frå Kiel-ferja. Det er mindre kunnskap om havforsuringstilstanden og effekten av havforsuring i kystvatn enn i opne havområde. I fjordar og kystnære farvatn kan sesongvariasjonane i pH og karbonatsamansetting vere større enn i dei frie vassmassane, og påverknaden frå lokale kjelder til forsuring vil vere større. Tilførsel av ferskvatn er også med på å komplisere bildet. Dei dynamiske og komplekse samanhengane i kystområda gjer det vanskelegare å skilje effekten av forsuring knytt til atmosfærisk CO₂ frå andre kjelder enn tilfellet er for ope hav.

Forskningsrådsprosjektet ACIDCOAST under leiing av Vestlandsforskning og i samarbeid med Nordlandsforskning og NIVA, har hatt som mål å skaffe forvaltningsrelevant kunnskap om kystnær havforsuring.

Modellprognosar framstilt i ACIDCOAST viser at dei norske kystområda vil bli stadig meir eksponerte for havforsuring ut gjennom dette hundreåret. Lokale forsuringskjelder kan gi større bidrag til denne utviklinga enn menneskeskapte CO₂-utslepp. Slike kjelder kan vere landbruk, havbruk og auka tilførsel av ferskvatn. Prosjektet har gjort målingar i to caseområde, Buksnesfjorden i Lofoten og Kvinnheradsfjorden i Hardanger. *Figur 51* viser at store område av Buksnesfjorden vil vere undermetta av aragonitt og ha så låge pH-verdiar innan 2067 at dette kan få store konsekvensar for viktige økosystemtenester (Dannevig et al., 2019). Målingane i Kvinnheradsfjorden viser mindre forsuring enn i Lofoten, men modellane indikerer store sesongvariasjonar. Overflatevatnet i det undersøkte området i Hardanger kan bli undermetta på aragonitt i delar av året innan 2030, og det same kan skje på 100 meters djup før 2040. Funna viser at havforsuring alt i dag er ei utfordring for norske kystregionar, og at styrken og frekvensen på forsuringa varierer frå plass til plass.



Figur 51 Aragonittmetning på 50 meters djup i Buksnesfjorden i Lofoten i 2017 (til venstre) og 2067 (til høyre). Terskelverdiar for verknad på kalkdannande organismar er indikert med raude piler. Kjelde: Dannevig et al., 2019.

Vi kjenner ikkje til målingar av havforsuring langs kysten av Rogaland, men det er grunn til å tru at også kystvatn i Rogaland er eksponert på linje med lokalitetane som vart undersøkt i ACIDCOAST.

Næringslivet kan på sikt bli eksponert for havforsuring, men her må vi poengtere at det finst lite kunnskap om både økologiske effektar og avleidde samfunnskonsekvensar av havforsuring. Dette blir derfor spekulative betraktningar.

Fiskeri kan på lang sikt bli sterkt påverka av havforsuring. Vi har tidlegare omtalt av den utsette planktonarten flugeåte er byttedyr for pellagisk fisk og villaks. Det er også meldt om at torskelarvar viser sårbarheit for forsuring. Generelt er det stor kunnskapsmangel om kva økologiske følgjer havforsuringa kan få, og kor raskt slike endringar vil melde seg.

Fiskeoppdrett blir rekna som lite utsett for dei direkte verknadene av surare kystvatn, i det minste i det tidsperspektivet ACIDCOAST har studert. Ein oppdrettsrepresentant som tok del i prosjektet, uttrykte bekymring for at havbruksnæringa kan bli skulda for eventuelle tilleggsbelastningar som villaksen måtte bli utsett for pga. havforsuring.

Skaldyroppdrett er ei næring som vi frå studiar av muslingoppdrett på vestkysten av Nord-Amerika veit er sårbar for vatn med låg pH. Det er ikkje kjent korleis blåskjel og andre skaldyr i norske farvatn har reagert på havforsuring så langt. Oppdrett av skaldyr har aldri blitt ei stor næring i Noreg, men potensialet for næringsutvikling på dette området kan vere stort, og i det perspektivet kan havforsuring vere eit trugsmål.

Tareoppdrett er eit gledeleg unntak frå historiene om problema knytt til havforsuring. Meir CO₂ løyst i sjøvatn gir betre vekstvilkår for tare, som igjen bind karbon frå sjøvatnet og bidrar til å heve pH. Dette kan truleg utnyttast til å forbetre forsuringssituasjonen i avgrensa område.

Reiseliv kan bli påverka ved at rekreasjonsverdiar går tapt i kystsona. Dårlegare vilkår for fritidsfiske, reduserte opplevingsverdiar er element som kan slå negativt ut for kystbasert reiseliv dersom havforsuring blir eit omfattande problem.

Sårbarheit

Under presenterer vi faktorar som vi meiner er med på å bestemme kor alvorlege konsekvensane av havforsuring kan bli for norske kystsamfunn, inkludert kystkommunane i Rogaland. Desse faktorane er ordna under to av sårbarheitskategoriane som er omtalt i innleiinga, nærare bestemt institusjonell kapasitet og arealbruk.

Institusjonell kapasitet

Havforsuring må på dagsorden. Sårbarheit for havforsuring aukar vesentleg som resultat av at problemet i liten grad er anerkjent som ei miljøutfordring vi må ta tak i. Det har blitt peikt på at havforsuring manglar eit slåande og samlande symbol som kan vekke opinionen, på same måte som «plastkvalen» på Sotra i 2017 var med på å sette plastforsøpling og mikroplast på agendaen.⁵⁴

Det er stor *kunnskapsmangel* om havforsuring, særleg i kystvatn. Dette gjer at vi ikkje veit nok om kva som gjer oss sårbare overfor havforsuring, og dermed heller ikkje kva vi skal gjere for å avbøte problema.

Uavklart forvaltningsregime. Det er uklart kva lovverk forvaltninga av havforsuringa skal skje etter, og kvar forvaltningsansvaret skal ligge. Dette kan bidra til å utsette oppstarten av tilpassingstiltak.

Konkurrerende bruksinteresser i kystsona kan forvanske framforhandling av nødvendige tiltak, jf. kompetansestrid i vassforvaltningsarbeidet og konflikhtar knytt til regionale kystsoneplanar.

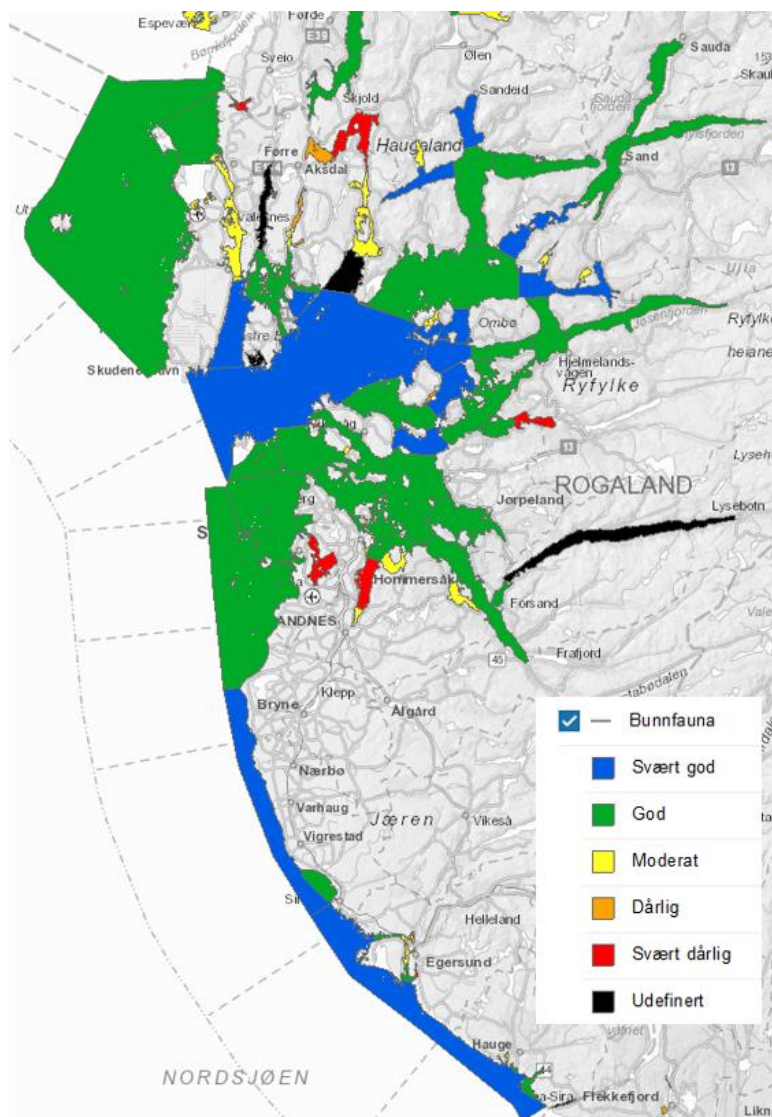
Arealbruk

Lokale utslepp av organisk karbon og næringssalt er viktige kjelder til forsuring av kystvatn. Dette er problem som kan knytast til arealbruk både på land og i sjøen, og til ein viss grad til infrastruktur. Landbaserte utslepp er særleg knytt til *landbruk*, med avrenning frå jordarbeiding og gjødselhandtering som viktige kjelder. Faktorar som

⁵⁴ Vengesnegler, som på engelsk har det poetiske namnet sea butterflies, har blitt ein slags havforsurings-maskot, men har så langt ikkje klart å mobilisere til handling mot problemet.

trekker i feil retning er slike som blir forsterka av industrielt jordbruk prega av intensiv drift og monokultur: Manglande jorddekke i vintersesongen (haustpløying), monokultur, stor innsats av kunstgjødsel, ugunstige metodar for spreiring av husdyrgjødsel særleg nær vassdrag og i periodar der plantevekst i liten grad klarer å ta opp overskotsnæring. Faktorar som bidrar til auka ureining knytt til VA-sektoren er utslepp frå kloakkreinseanlegg, kloakklekkasjar og overløp frå kombinerte avløpsnett i samband med overvasshendingar. *Havbruk* er den store kjelda til sjøbaserte utslepp av organisk karbon og næringssalt. Oppfyljing av regjeringas ambisjon om ein vesentleg auke i oppdrettsvolumet vil vere eit bidrag til forsureing av kystvatn.

Det faktum at lokale forsureingskjelder framleis er vel så viktige som menneskeskapte CO₂-utslepp når det gjeld å forårsake forsureing av kystvatn, betyr at det vil vere store geografiske variasjonar i forsureingstilstanden. Det betyr at nokre område er meir sårbare for kystnær havforsuring enn andre, men i dette ligg det samstundes eit handlingsrom for å forbetre situasjonen, eller i det minste å bremse utviklinga. Gjennom vassforvaltningsarbeidet (i tråd med vassforskrifta) skjer det kartlegging av miljøtilstanden også i kystvatn. Sjølv om kartlegginga er prega av mangelfulle data, gir dette materialet eit grunnlag for å vurdere kva område som vil vere særleg sårbare for havforsuring. *Figur 52* viser eit kart frå vann-nett.no som viser tilstand for botnfauna i kystvatn i Rogaland. Dette er berre ein av fleire parametrar som kan gi ein peikepinn på kva område som er særleg utsett. Blå og grøn farge indikerer svært god og god tilstand, medan område med svært dårleg tilstand for botnfauna har raud farge. Også oransje og gult indikerer påkjenningar på dei lokale økosystema. Problema er størst i indre del av fjordarmar med store lokale utslepp, og særleg terskelfjordar er utsette.



Figur 52 Tilstand for bunnfauna i kystvatn i Rogaland. Kjelde: vann-nett.no

Risiko

Det går an å peike på risikofaktorar ved kystnær havforsuring i det tidsperspektivet vi overskodar, dvs. nokre tiår fram i tid.

- Vi veit at marine organismar blir utsett for stress frå nok ein påverknadsfaktor, og at dette kan gje uoversiktlege sumeffektar.
- Ved låg aragonitt-metning vil kalkdannande organismar få problem med å danne skal, og i verste fall vil kalkstrukturar bli løyst opp. Dette kan i første omgang føre til endring av artssamansettinga i særleg belasta fjordområde. På lenger sikt snakkar vi om alvorlege økologiske konsekvensar i større skala.
- Havforsuring kan oppstå i kombinasjon med formørking av kystvatn (coastal ocean darkening), eit anna fenomen som kan koplant til klimaendringar. Dette oppstår pga. lågare oksygenmetning (som heng saman med temperaturauke)

og lågare salinitet (meir ferskvatn i fjordane/kystområda). Kan endre artssamansetning, t.d. ved å favorisere manetar framfor fisk.

I tabellen under har vi vurdert korleis eksponering og sårbarheit for kystnær havforsuring kan henge saman, og påverke risiko for uønskte hendingar. Vi er usikker på om sårbarheitsfaktorar knytt til institusjonell kapasitet vil ha like mykje å seie for fiskeoppdrett og reiseliv som for fiskeri, skaldyroppdrett og framfor alt biologisk mangfald. Fiskeoppdrett er ikkje vurdert som spesielt sårbar for havforsuring om vi ser nokre få tiår fram i tid, men også her er det stor uvisse, og risikovurderingane våre må ein forstå som indikasjonar og illustrasjonar, meir enn som noko form for estimat.

Tabell 19 Vurdering av risiko knytt til kystnær havforsuring i Rogaland.

Sårbarheit	Eksponering					
	Biologisk mangfald	Fiskeri	Fiskeoppdrett	Skaldyroppdrett	Tareoppdrett	Reiseliv
Institusjonell kapasitet						
• Manglande agendasetting	X	X	(X)	X	0	(X)
• Kunnskapsmangel	X	X	X	X	0	(X)
• Uavklart forvaltningsregime	X	X	(X)	X	0	(X)
• Handlingslamming knytt til konkurrerende bruksinteresser	X	X	X	X	0	X
Arealbruk						
• Utslepp frå landbruk	X	X	(X)	X	0	X
• Utslepp frå kloakk	X	X	(X)	X	0	X
• Utslepp frå havbruk	X	X	(X)	X	0	X

X = kan vere ein risiko (x) = usikker risiko 0 = truleg liten risiko

Samfunnsutvikling

Det er særleg to forhold ved samfunnsutviklinga som kan påverke risiko knytt til kystnær havforsuring i Rogaland:

- Utviklinga av 'tradisjonell' forureining til sjø
- Utviklinga innafor fiskerinæringa og oppdrettsnæringa

Utslepp av organisk materiale og næringssalt frå kloakk, industri, jordbruk og fiskeoppdrett kan gjere nære kystområde meir utsett for negative verknadar av havforsuring. Om desse utsleppa ikkje vert redusert, eller i verste fall får lov å auke, vil dette auke klimarisikoen knytt til havforsuring.

Utviklinga når det gjeld omfanget av, produksjonsmåte og innretting mot artar innan både det tradisjonelle fiskeria og innafor oppdrettsnæringa vil også være viktig. Om t.d. oppdrett vert flytta til landbaserte anlegg vil eksponeringa for havforsuring rimelegvis gå ned, medan framleis satsing på (og auke i) oppdrett i sjø, utan lukka anlegg, vil kunne auke eksponeringa.

Aktuelle tiltak for klimatilpassing

Fordi lokale ureiningskjelder spelar ei vesentleg rolle for forsureingssituasjonen i kystvatn, finst det eit rom for å utvikle tilpassingsstrategiar og -tiltak, ut over den opplagte tilnærminga å kutte i CO₂-utsleppa.

Styrke institusjonell kapasitet

- Oppbygging av institusjonell kapasitet føreset at det blir avklaring av kven som skal eige problemet, dvs. definere kva lovverk forvaltninga skal skje under, og plassere forvaltningsansvaret (ACIDCOAST peikar på forvaltning etter vassforskrifta som utgangspunkt).

Analysere sårbarheit

- Kartlegge potensielle sårbarheiter (utsette økosystemtenester) og interessekonfliktar i lag med ulike brukargrupper i kystsona, gjennom kombinasjon av lokalkunnskap og naturvitskaplege metodar.
- Analysere sårbarheit for havforsuring som ledd i brei sårbarheitsvurdering av kystsona, der ein ser havforsuring i lys av fleire «stressorar»: Lokale forsureningskjelder, temperatúrauke og oksygenmetning, og formørking av kystvatn.

Informere

- Havforsuring må settast på agendaen for så å bli etablert som policyområde. Her kan FK ta ei rolle som samfunnsaktør.
- Informere dei ulike interessegruppene i kystsona om havforsuring som fenomen.
- Kartlegging av sårbarheit kan skje som ein integrert del av informasjonsarbeidet.

Vente-og-sjå

- Vente med tiltak mot havforsuring til statlege miljøstyresmakter har avklart institusjonelt ansvar, lovheimlar og vedtatt ein handlingsplan mot havforsuring.

Effektinnretta tiltak

- Taredyrking er eit mogleg tiltak for å dempe lokale effektar av havforsuring, fordi tare bind CO₂ i sjøvatnet. Kartlegge kommersielt potensial i taredyrking og utgreie evt. stimuleringsordningar.

Årsaksinnretta tiltak

- Tiltak for å redusere ureining i område med moderat/dårleg/svært dårleg økologisk tilstand for å hindre at havforsuring skal bli ei for stor tilleggsbelastning for det marine økosystemet, med særleg fokus på terskelfjordar.
 - Punktutslepp, utslepp frå reinseanlegg, overløp / utkasting av spillvatn frå kombinerte avløpsnett
 - Avrenning frå landbruk, innføre breiare soner med kantvegetasjon mot vassdrag
 - Utslepp av organisk avfall og næringssalt frå fiskeoppdrett, havforsuring vil kunne bli ein av faktorane som bestemmer lokalisering av matfiskanlegg; stimulere lukka merdteknologi/landbaserte anlegg med reinsing av avløpsvatn.
- Arealplanlegging med tanke på å styre belastande aktivitetar i kystsona til område som er minst sårbare for havforsuring.

Oppsummering og konklusjon

I det avsluttande kapittelet vil vi først summere opp på tvers av dei ni ulike delkapitla - overvatn, flaum, havnivå og stormflo, tørke, skred, vind, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem - for å få det samla biletet når det gjelder påverknad, eksponering, sårbarheit og risiko knytt til klimaendringar. Her vil vi skilje mellom to hovudgrupper av endringar:

- Brå hendingar (kapitla overvatn og flaum, havnivå og stormflo, skred, og vindforhold)
- Gradvise endringane (kapitla tørke, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem).

Så vil vi i del to av dette kapittelet drøfte korleis samfunnsendringar kan påverke konsekvensane av klimaendringar. Til slutt vil vi peike på aktuelle hovudgrep når det gjeld klimatilpassing.

Påverknad

Den påverknadsfaktoren som oftast blir peikt på for dei ni analyserte tema er nedbør, der forventningar om auka nedbør blir oftast nemnd, tett følgt av forventningar auke i ekstremnedbør.

Forventning om nedgang i nedbør på somme tider av året (tørke) er i ein mellomkategori, saman med forventningar om endringar i fryse/tine situasjonar og havnivåstigning.

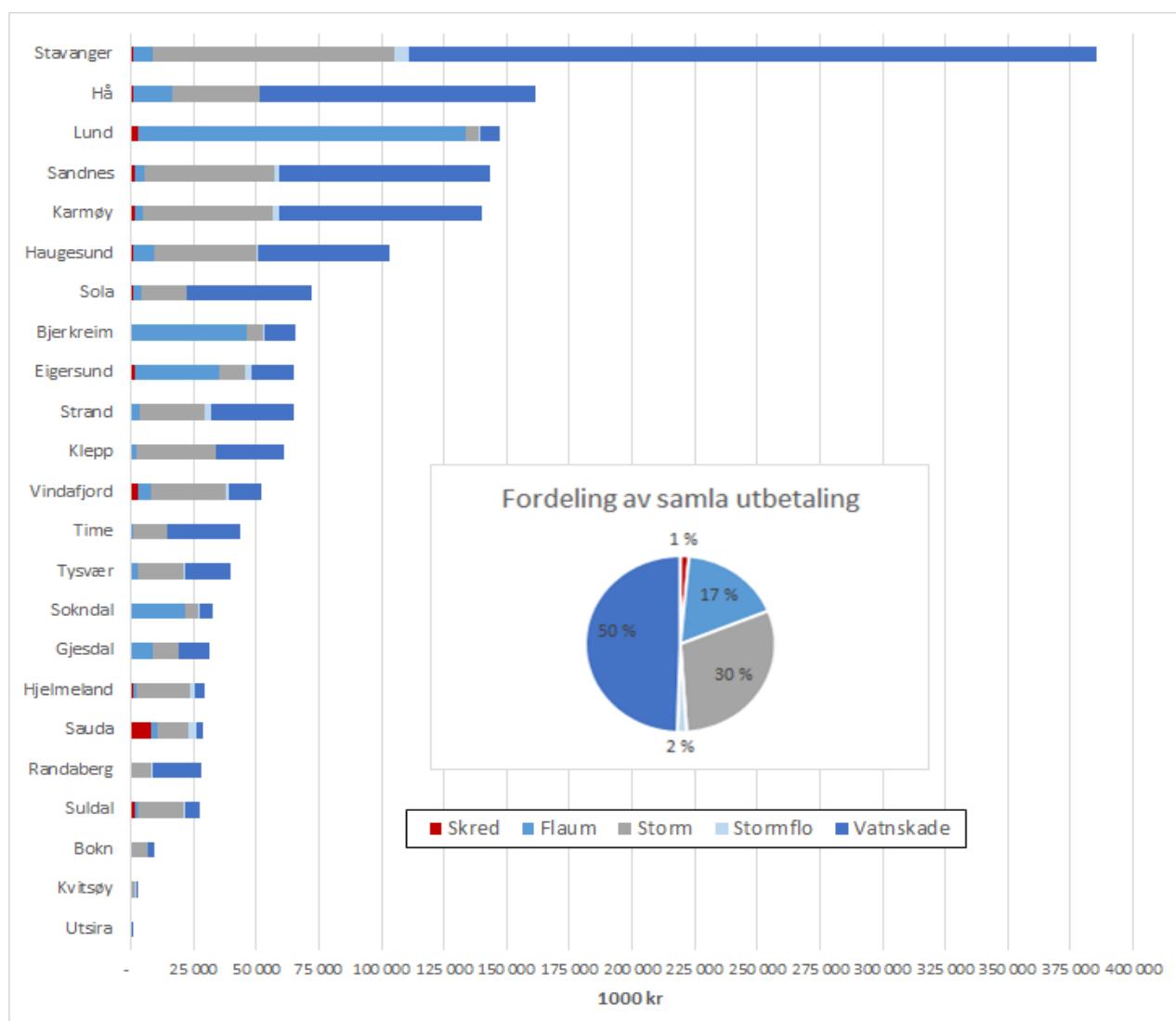
Dei faktorane som blir omtalt minst er forventningar om mindre snø, høgare temperatur og meir vind, i tillegg til havforsuring.

Rogaland er eit kystfylke der klimaendringar som særleg viser seg i og på begge sider nært opp til strandlina rimelegvis vil vere viktige; altså havnivåstigning, stormflo, havforsuring, flaumsituasjonar ved utløp til sjø av vassdrag, og sterk pålandsvind.

Eksponering for brå hendingar

Dei bråe hendingane omfattar i denne samanhengen følgjande fem tema: Overvatn, flaum, havnivå og stormflo, skred, og vind. For det siste tiåret er det i følgje tal frå Finans Norge betalt ut forsikringspremie for skade som følgje av skred, flaum, storm, stormflo og vatn-inntrenging utanfrå på til saman 1,73 milliardar kroner, der dei fem kommunane Stavanger, Hå, Lund, Sandnes og Karmøy til saman står for halvparten av utbetalingane. Samla sett er det forsikringsutbetaling for vatnsskadar (50%) som er størst, med storm- (30%) og flaumsskadar (17%) på dei neste plassane. Skred og stormflo utgjer til saman berre 3% av dei samla skadeutbetalingane. Ser på dei einskilde kommunane er det nokre som skil seg særleg klart ut frå dette generelle biletet (jf. figuren under):

- Flaumskadar utgjer ein mykje større del i Lund (89%), Bjerkreim (70%) og Eigersund (65%)
- Skred utgjer ein mykje tørre del i Sauda (27%)
- Storm utgjer ein mykje større del i Utsira (80%)
- Stormflo utgjer ein mykje større del i Kvitsøy (29%)
- Vatnskarar utgjer ein mykje større del i Stavanger (71%)



Figur 53 Samla forsikringsutbetaling i 1000 NOK for skrede, flaum, storm og stormflo i 2007-2017, og vatn-inntrenging utanfrå 2008-2018 (Kjelde: Finans Norge)

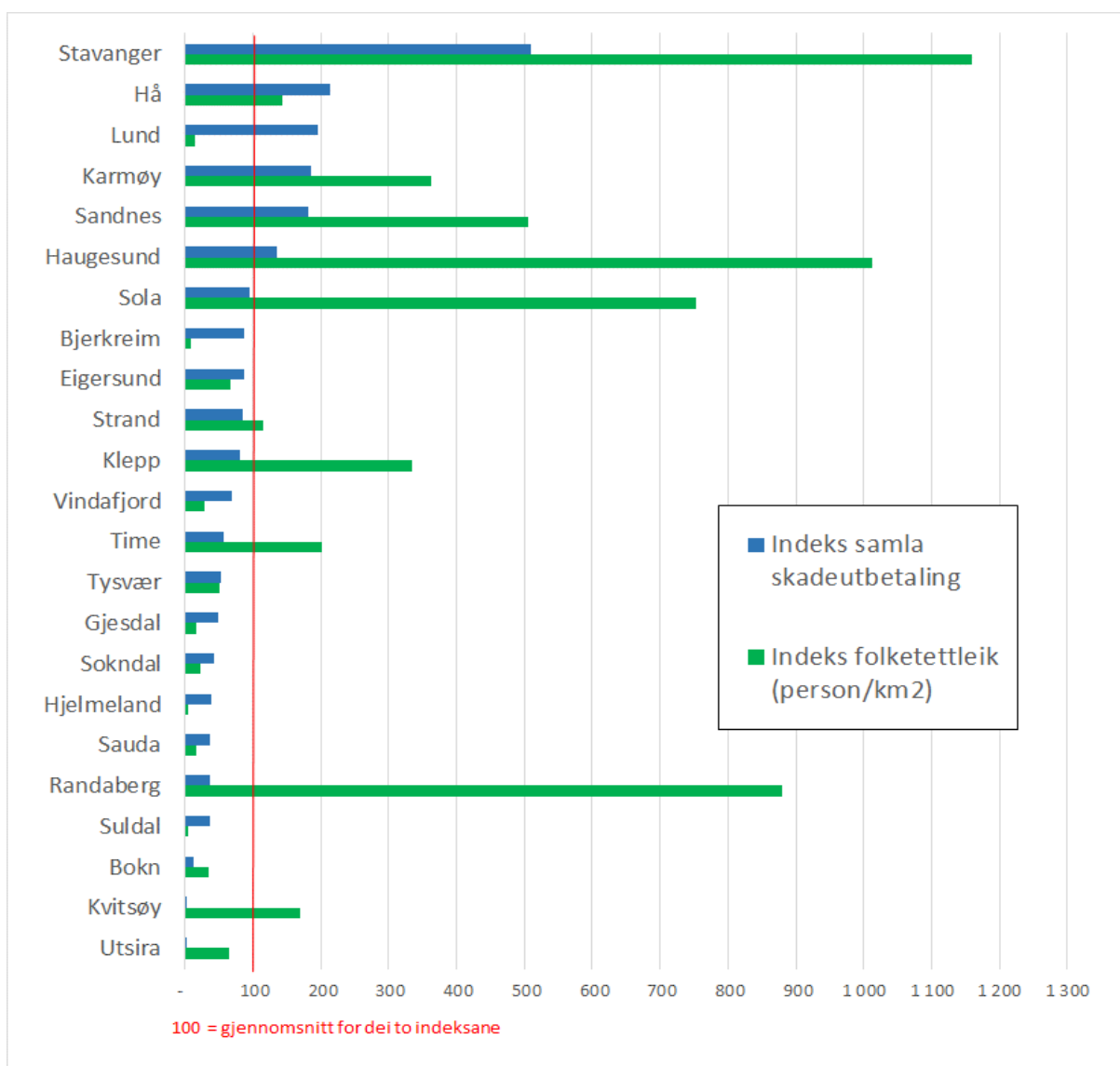
I figuren under har vi samanlikna samla skadeutbetaling opp mot folketettleik. Av figuren ser vi at det – med nokre unntak - er ein samanheng mellom høg skadeutbetaling og høg folketettleik. Dei fem kommunane med høgast folketettleik (Stavanger, Haugesund, Sola, Sandnes og Karmøy) er også mellom dei med høgast samla skadeutbetaling. Dei klare unntaka gjeld for følgjande kommunar:

- Hå kommune litt over middels folketettleik men nest største samla skadeutbetaling, med særleg store skadeutbetalingar knytt til vassinntrenging

utanfrå (nest høgaste sum, nest etter Stavanger) og storm (femte høgaste samla utbetaling, 50 % over gjennomsnittet for alle kommunane).

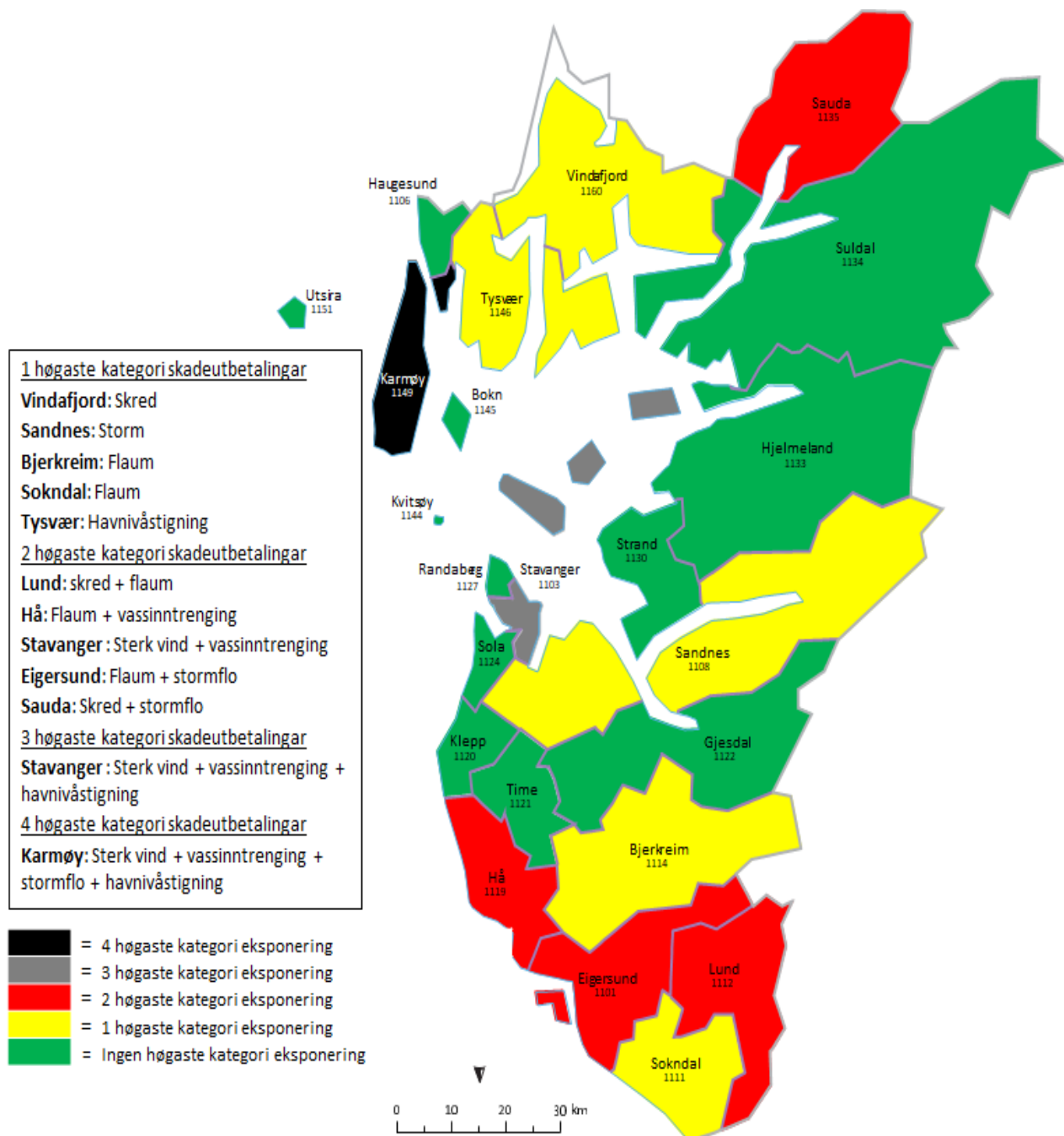
- *Lund* kommune har langt under middels folketettleik og tredje største samla skadeutbetaling. Dette kjem av den svært høge utbetalinga knytt til flaum (desidert høgast av alle kommunane; kommunen står aleine for 43 % av skadeutbetalinga til flaum for heile fylket).
- *Randaberg* har høg folketettleik (tredje høgast) men svært låg samla skadeutbetaling (femte lågast).

Også for kommunane Kvitsøy, Klepp og Time er det eit visst skilje frå det generelle biletet ved at det er ein noko lågare skadeutbetaling enn folketettleik skulle tilseie samanlikna med dei andre kommunane i fylket.



Figur 54 Kommunevis variasjon i samla forsikringsutbetaling og folketettleik (innbyggjar per km²) for skrede, flaum, storm og stormflo i 2007-2017, og vatn-inntrenging utanfrå 2008-2018. Indekserte verdiar der 100 = gjennomsnitt for dei to datasetta (Kjelde: Finans Norge)

Figuren under viser den kommunevis variasjonen i dei samla forsikringsutbetalingar for skred, flaum, storm, stormflo og vatnskarar for det siste tiåret, der vi har delt inn i fire kategoriar ut frå tal gonger ein kommune har fått høgaste kategori skadeutbetaling for kvar av dei fire skadeklassane. Ut frå denne rangeringa framstår Karmøy og Stavanger som dei mest eksponerte kommunane, med kommunane Hå, Eigersund og Lund i sør og Sauda i nord som tredje mest eksponert.



Figur 55 Kommunevis gradering av samla forsikringsutbetaling siste 10 år for skrede, flaum, storm og stormflo i og vatn-inntrenging utanfrå, delt inn etter tal høgaste grad skadeutbetaling for kvar av dei fire skadekategoriane. Kjelde: tilpassa data frå Finans Norge.

Eksposering for gradvise endringar

Dei gradvise endringane omfattar i denne samanhengen følgjande fire tema: Tørke, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem. For desse tema er det langt vanskelegare å gjere ein tilsvarande systematisk oppsummering som for det vi har gjort over for dei meir bråe endringane. Dette skuldast i første omgang at kunnskapsgrunnlaget for desse typene endringar er langt svakare (jf. tabellen under), og – som ein delvis følgje av dette – fordi det er vanskelegare å gje ein kvantitativ indikasjon på eksponering for desse type endringar. I høve tabellen under så er det verdt å ta med at denne rapporten ikkje har tatt opp temaet om grenseoverskridande konsekvensar av klimaendringar; altså korleis klimaendringar i andre land kan påvirke samfunnet i Norge.

Tabell 20 Oppsummering av status når det gjelder kunnskap om korleis klimaendringar påverkar natur og samfunn (Aall mfl, 2018)

Påvirkningstype Samfunnsområde	Naturskaderisiko	Gradvise	Grenseoverskridende
Offentlig virksomhet	3	2	1
Privat forretnings- virksomhet	1	1	0
Private husholdninger	1	0	0

0	= lite eller ingen kunnskap
1	= noe kunnskap
2	= moderat kunnskap
3	= mye kunnskap

I tabellen under har vi oppsummert kor ofte ulike eksponeringsfaktorar er omtalt for dei ulike analysetema som fell inn under overskrifta «gradvise endringar». Det er sjølvsagt ikkje mogeleg å nytte summeringa av tala i tabellen under til å trekkje for bastante konklusjonar. Det vi kanskje kan trekkje ut av tabellen under er at tørke framstår som den typen klimautfordring som omfattar det mest mangearta medan havforsuring framstår med eit smalare eksponeringsbilete. Vidare er næringsliv, og då særleg jordbruk og skogbruk, den kategorien av eksponeringsfaktorar med flest mogelege konflikhtar. Her skil biletet seg noko frå det vi over har omtalt som bråe endringar, der konflikhtar knytt til fysisk infrastruktur er oftare representert.

Tabell 21 Eksponeringsfaktorar med registrerte konfliktområde i Rogaland fordelt på fire analyserte tema som omhandlar gradvise klimarelaterte endringar

Eksponeringsfaktorar (hovud- og underkategoriar)	Analysetema				Sum per hovud- kategori
	Tørke	Vekstsesong	Økosystem på land	Havforsuring og marine økosystem	
Befolkning					3
• Tap av liv	1				
• Sjukdom		1			
• Allergi		1			
Fysisk infrastruktur					4
• Vasskraft	1				
• Drikkevatn	1				
• Bustader	1	1			
Areal					9
• Biologisk mangfald	1	1	1		
• Vassdrag	1		1		
• Kulturminne	1	1			
• Naturvernområde	1		1		
Næringsliv					12
• Jordbruk	1	1	1	1	
• Skogbruk	1	1	1		
• Reiseliv og friluftsliv	1				
• Oppdrett i sjø	1			1	
• Fiskeri				1	
• Reiseliv og friluftsliv	1				
Sum per analysetema	13	7	5	3	

Sårbarheit

For sårbarheit er det endå større utfordringar å nytte den forenkla forma for kvantitativ analyse som vi har vist i *Tabell 21* når de gjeld analyse av eksponering. Ein viktig forskjell mellom eksponering og sårbarheit som gjer dette enda vanskelegare er at sårbarheitsfaktorar er meir tematisk kontekstavhengig, noko som gjer at dei vil variere svært mykje mellom analysetema. Vi har difor berre klart å systematisere sårbarheit ut frå hovudkategoriane av sårbarheit.

Tabellen indikerer likevel at sårbarheit knytt til institusjonell kapasitet og arealbruk er mest vanleg, med kategoriane næringsstruktur og infrastruktur på andre plass. Vidare ser vi at dei nærliggjande analysetema tørke, vekstsesong og økosystem på land er dei med størst registrert tal sårbarheitsfaktorar, med dei andre med eit noko lågare tal – med unntak for vind og havforsuring og marine økosystem med klar lågare tal sårbarheitsfaktorar.

Om vi samanliknar dei to hovudgruppene analysetema – dei som medfører brå endringar (overvatn, flaum, havnivå og stormflo, og vind) med dei som medfører meir

gradvise endringar (tørke, vekstsesong, økosystem på land, og havforsuring og marine økosystem) så finn vi at for den første gruppa er sårbarheit knytt til institusjonell kapasitet størst og dominerande (45 % av totalen) medan sårbarheit knytt til infrastruktur er nest størst (19 %). For den andre gruppa – med meir gradvise endringar – er sårbarheit knytt til arealbruk (38 %) og næringsstruktur (27 %) dei to største kategoriane.

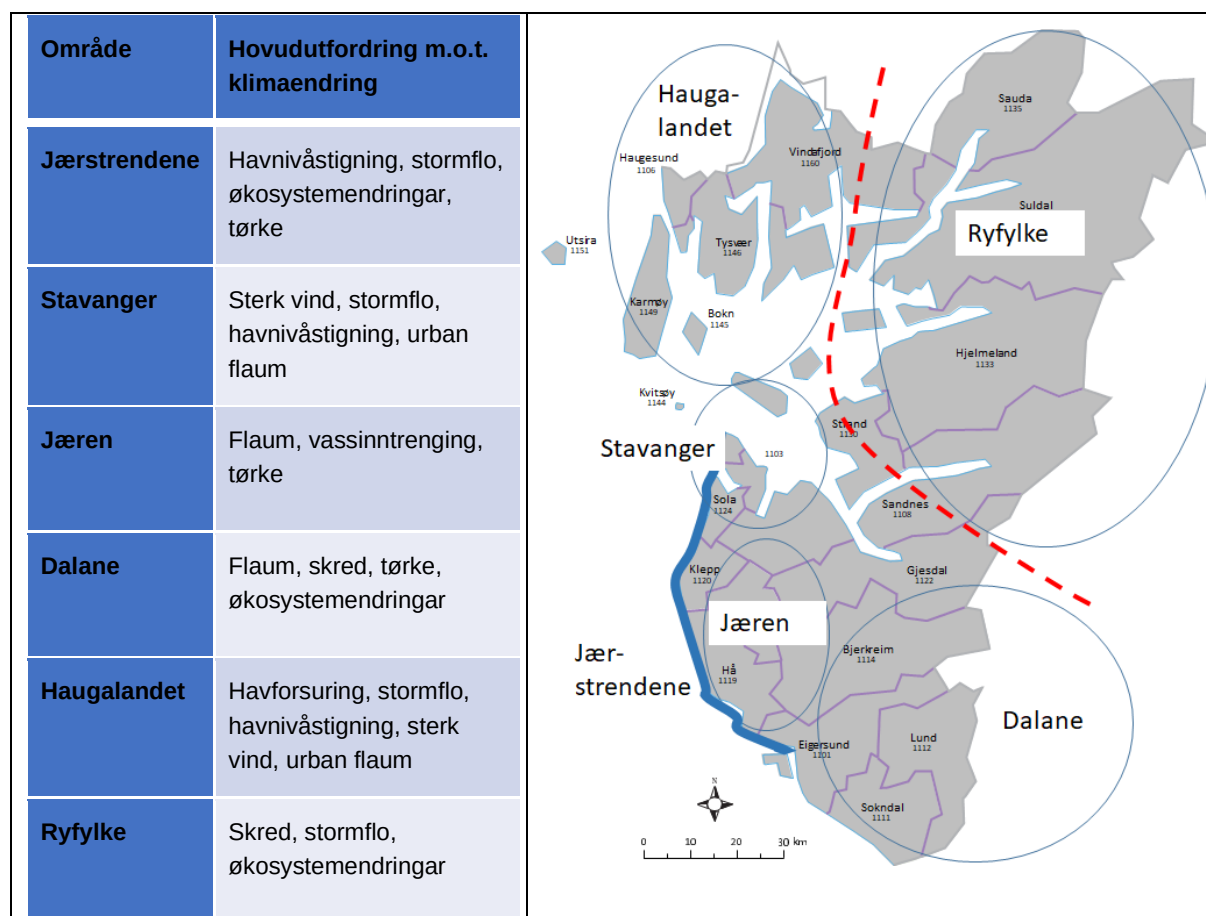
Tabell 22 Samanstilling av tal sårbarheitsfaktorar gruppert under hovudkategoriar av sårbarheit for dei ulike analysetema

Analysetema	Sårbarheit (hovudkategoriar)							
	Institusjonell kapasitet	Befolkning	Infrastruktur	Arealbruk og naturforhold	Næringsstruktur	Mobilitet	Mentalitet	Sum analysetem
Overvatn	5	1	2	3	0	0	0	11
Flaum	3	0	0	3	1	0	0	7
Havnivå og stormflo	4	0	3	2	0	0	0	9
Tørke	3	0	3	4	3	1	2	16
Skred	6	1	2	0	0	0	0	9
Vind	1	0	1	1	3	0	0	6
Vekstsesong	2	0	1	6	5	0	1	15
Økosystem på land	2	0	0	7	6	1	0	16
Havforsuring og marine økosystem	2	0	0	3	0	0	0	5
Sum sårbarheitskategoriar	28	2	12	29	18	2	3	94

Klimarisiko

Det føreliggjande kunnskapsgrunnlaget gjer at det er umogeleg å seie veldig mykje spesifikt om den samla klimarisikoen for Rogaland. I figuren under har vi forsøkt å oppsummere det vi meiner vi kan gjere ut frå den kunnskapen som er dokumentert i denne rapporten og delrapport 1 frå CICERO. Vi har i figuren forsøkt å vise korleis den samla klimarisikoen varierer kvalitativt mellom dei ulike regionane i fylket, der vi har skilt mellom Jærstrendene, Stavanger, Jæren, Dalane, Haugalandet og Ryfylke. Vi har ikkje grunnlag for å rangere desse regionane mot kvarandre når det gjeld storleiken av klimarisikoen ut over å peike på at den samla klimarisikoen er størst der konsentrasjonen av verdiar er størst. Samstundes er det viktig å peike på at klimarisikoen per innbyggjar kan variere uavhengig av dette, slik at storleiken på samfunnet sin klimarisiko ikkje treng å variere likt med klimarisikoen for den einskilde innbyggjaren i Rogaland. Det biletet som kjem fram i figuren under gir berre eit grovt bilete og ein indikasjon på situasjonen. Meir detaljerte lokale analysar i dei einskilde

kommunane kan gje heilt andre risikobilete, men vi vil tru at biletet som kjem fram i denne rapporten – illustrert og oppsummert i figuren under – kan vere eit godt utgangspunkt for kvar og korleis lokale analysar bør starte.



Figur 56 Oppsummering av korleis klimarisikoen i Rogaland varierer lokalt for dei tema som er analysert i denne rapporten: Overvatn, flaum, havnivå og stormflo, tørke, skred, vind, vekstsesong, økosystem, og havforsuring og marine økosystem

Samfunnsscenario for Rogaland

Det er krevjande, og langt utafor tids- og ressursrammene for dette prosjektet å gjennomføre ein scenarioprosess med involvering av lokale interessegrupper. For å sikre oss eit minimum av regional relevans har vi difor lett etter eksisterande og relevante scenarioarbeider i fylket, og så vurdert og tilpassa det arbeidet opp mot føremålet med vår analyse.

Som del av prosjektet «Perspektiv 2050» og i samband med revidering av regionalplan for Jæren blei det hausten 2018 gjennomført eit scenarioarbeid som resulterte i tre scenario⁵⁵. Scenarioarbeidet tok utgangspunkt i to usikkerheitsaksar for vurdering av utviklinga fram mot 2050:

⁵⁵ Sjå oversyn over dokumentasjon frå regionplanarbeidet her: <http://www.jobbreisen.no/index.php/layout/set/print/Plan-Rogaland/Regionale-planer-og-strategier/Planer-under-arbeid/Regionalplan-Jaeren-2050/Kunnskapsgrunnlag/language/nor-NO>

- Vil olje og gass framleis gi grunnlag for sysselsetting og vekst?
- Kva slag urbanisering vil vere dominerande?

Arbeidet leia fram til tre scenario (sjå tabellen under). Det er verdt å ta med at hovudaksa «liten versus stor grad av olje- og gassnæring» ikkje inneheld alternativet «avvikling» av olje- og gassnæringa. Vidare er det viktig å ta med seg at føremålet med scenarioprosjektet for Jæren ikkje har vore å få fram utfordringar knytt til klimatilpassing. I tabellen har vi innordna omtalen av kvart av dei tre scenarioa frå notatet «Oppsummering av scenarioprosess» frå Perspektiv 2050⁵⁶ opp mot modellen for analyse av drivarar som påverkar samfunnet sin eksponering for klimapåverknad vist til i innleiinga (Selstad, 2008; 2010).

Tabell 23 Innordning av scenarioa frå «Perspektiv 2050 – Jæren» i Selstad (2008; 2010) sin modell for drivarar som kan påverke samfunnet si eksponering for klimaendringar

Kategoriar av drivarar frå Selstad (2008, 2010).	Scenario frå rapporten «Perspektiv 2050 – Jæren»		
	«Rogaland City» Sentralisert urbanisering og framleis <u>høg</u> sysselsetting i olje og gass	«Hundre tettstader» Spreidd urbanisering og framleis <u>høg</u> sysselsetting i olje og gass	«Vegg i Vegg» Sentralisert urbanisering og <u>låg</u> sysselsetting i olje og gass
Befolkningsutvikling	• Auke; mest i dagens urbane område.	• Auke; spreidd i ulike mindre tettstadar – busetnad går ned i Stavanger	• Reduksjon; størst i dagens utkantområde
Næringsutvikling	• Ny teknologi reduserer sysselsettinga i tradisjonelle næringar men skaper nye innafor kultur og service • Meir fiskeoppdrett • Meir industrialisering av jordbruket på Jæren	• Nesten alle kan jobbe heimanfrå, og det oppstår en del småindustri	• Auke for vasskraft, vindkraft, jordbruk og fiskeoppdrett
Utvikling av fysisk infrastruktur	• Det store by-beltet veks kraftig • Fortetting • Ferjefri E39	• Matjorda må vike plass for arealkrevjande kjøpesenter og veier	• Fortetting og nye kollektive, konsentrerte buformer
Mobilitetsutvikling	• Restriksjonar på biltransport i urbane område • Aukande vegtransport utanom urbane område, også i fritida	• Teknologiske utvikling og nye eigarskap gjer persontransporten billigare	• Mindre transport både lokalt (mindre fritidsreiser ut av urbane område) og nasjonalt (m.a. pga meir netthandel)
Mentalitetsutvikling	• Rikdom, men også større sosiale forskjellar i storbyen	• Mange tilbringar tiden heime med streaming o.l.	• Demokratiet er under press heime og ute

⁵⁶ Oppsummering av scenarioprosess. Dokumentasjon og resultat. Perspektiv 2050. Scenarioer for Jæren

Scenarioarbeidet resulterte også i ei liste av mogelege «Black Swans» eller jokerar, tilsvarande det som i Selstad sin modell vert kalla «strategiske handlingar» eller «kritiske hendingar». Dette er forhold som kan føre til trendbrot, og blei identifisert av deltakarar som tok del i scenarioarbeidet. Eksempel på slike som kan vere relevant i vår samanheng er miljøulykker, nye energiformer og næringar, forbod mot olje- og gassutvinning, eller drastisk omlegging av transportsystemet (t.d. sterke restriksjonar på privatbilisme). Denne effekten er velkjend får klimaarbeidet der ein stor vêrrelatert naturskadehending kan stimulere til auka satsing lokalt på klimatilpassing.

I tabellen under har vi antydde korleis scenarioa oppsummert punktvis i tabellen over kan tenkast å påverke klimarisikobiletet for dei ulike geografiske regionane i Rogaland, slik risikobiletet er oppsummert i *Figur 56*. Dette er vurderingar med mange svakheiter, og den viktigaste er at scenarioa vi har tatt utgangspunkt er laga for andre føremål enn å få fram korleis samfunnsutviklinga kan påverke klimarisiko. Det inneber at sider ved utviklinga som kan vere bestemmande for klimarisiko ikkje er omtalt. Eit anna viktig poeng er at det kanskje viktigaste aspektet å utvikle scenario – involvering av relevante interessegrupper – ikkje har skjedd i dei vurderingane som er presentert under.

Det viktigaste ved eit scenarioarbeid som inneheld fleire enn eitt scenario er å få fram nokre hovudforskjellar. I tabellen ser vi at det er ein nesten spegelvend forskjell mellom «Rogaland City» og «Vegg i Vegg» på den einse sida og scenarioet «Hundre tettstader». Grunnen til dette er forskjellen i den grunnleggjande scenario-logikken der dei to første har sentralisert urbanisering som fellestrekk, medan det siste av dei tre scenarioa («Hundre tettstader») er lagt opp etter logikken spreidd urbanisering. Spørsmåla om grad og lokalisering av urbanisering kan påverke klimarisiko på område som havnivåstigning og urban flaum.

Eit scenarioarbeid på fylkesnivå bør også fange opp lokale variasjonar så langt råd er. Dette har vi forsøkt å få fram ved å nytte same regionale inndeling, og tematisk variasjon når det gjeld klimarisiko mellom desse, som vist i den oppsummerande *Figur 56*. Og det er forskjellar i den geografiske variasjonen meir enn summen av pluss og minus som truleg er mest relevante å ta med seg i samanlikninga mellom dei tre scenarioa; altså at ulike retningar i samfunnsutviklinga kan skape spegelvende mønster i den geografiske fordeling av taparar og vinnarar i fylket.

Tabell 24 Mogeleg endring i identifisert klimarisiko for dei tema som inngår i denne analysen kan bli påverka av utviklinga innebygd i dei tre scenarioa frå «Perspektiv 2050 – Jæren»

Region	Klimarisiko	Mogeleg endring i klimarisiko for dei tre scenarioa		
		«Rogaland City»	«Hundre tettstader»	«Vegg i Vegg»
Jærestrendene	Havnivåstigning	+	÷	+
	Stormflo	+	÷	+
	Økosystemendringar	÷	÷	0
	Tørke	÷	0	0
Stavanger	Sterk vind	0	0	0
	Stormflo	+	÷	+
	Havnivåstigning	+	÷	+
	Urban flaum	+	÷	+
Jæren	Flaum	0	+	0
	Vassinntrenging	+	÷	+
	Tørke	÷	0	0
Dalane	Flaum	÷	+	÷
	Skred	0	+	÷
	Tørke	÷	0	0
	Økosystemendringar	0	÷	0
Haugalandet	Havforsuring	0	0	0
	Stormflo	+	÷	+
	Havnivåstigning	+	÷	+
	Sterk vind	0	0	0
	Urban flaum	+	÷	+
Ryfylke	Skred	÷	+	÷
	Stormflo	0	+	0
	Økosystemendringar	0	0	0
SUM	+	9 stk	5 stk	9 stk
	0	8 stk	7 stk	11 stk
	÷	6 stk	11 stk	3 stk

■ = auka risiko for negative konsekvensar

■ = inga endring

■ = redusert risiko for negative konsekvensar

Klimatilpassing

Rapporten kjem med framlegg til aktuelle klimatilpassingstiltak, men det har vore utafor rammene for dette prosjektet å vurdere kostnadseffektivitet og realisme med tanke på gjennomføring, og dermed kome med konkrete tilrådingar. Tabellen under gjev eit inntrykk av profilen i framlegga våre. Av tabellen går det fram at vi har om lag like mange framlegg for alle analysetema, med to unntak: For havnivåstiging og stormflo, og for skred. Tyngda av forslag til tiltaka er innafor kategoriane «analysere sårbarheit» og «effektinnretta tiltak», med kategoriane «styrke institusjonell

kapasitet», «informere om sårbarheit» og «årsaksinnretta tiltak» på eit litt lågare nivå med omsyn til tal framlegg.

Tabell 25 Systematisering av framlegg til aktuelle klimatilpassingstiltak for Rogaland fylkeskommune

Tilpassingstiltak	Overvåtn	Flaum	Havnivåstigning og stormflo	Skred	Vind	Tørke	Vekstsesong	Økosystem på land	Havforsuring	Sum per tilpassingstiltak
Styrke institusjonell kapasitet	2	1	1	1	2	2	2	2	1	14
• Styrke grunnleggjande kunnskap					1	1	1	1		4
• Kompetansebygging i kommunane	1			1	1					3
• Styrke samarbeid mellom sektorar og forvaltningsnivå	1	1	1			1	1	1	1	7
Analysere sårbarheit	2	7	1	2	3	2	2	4	2	27
• Styrke innsamling av data	2	4				1	1	1		9
• Styrke arbeidet med analyse		3	1	3	2	2	2	3	2	18
Informere om sårbarheit	2	2	0	1	2	3	4	4	3	21
• Informere innbyggjarane	1	1			1	2	1	2	1	9
• Informere næringslivet	1	1		1	1		2		1	7
• Informere kommunane						1	1	2	1	5
Vente og sjå	1	1	0	0	1	1	1	1	1	7
• Avvente statleg politikk	1								1	2
• Avvente meir kunnskap		1			1	1	1	1		5
Effektinnretta tiltak	6	5	0	0	7	5	2	2	1	28
• Investere i styrking av fysisk kapasitet	2	2				1				5
• Investere i naturrestaurering/sikring/verne bufferområde	3	2				2		2	1	10
• Styrke eksisterande måtar å drive drft og vedlikehalde	1	1			3		1			6
• Styrke beredskapen					2	1	1			4
• Styrke kapasiteten til gjenoppbygging/-oppretting					2	1				3
Årsaksinnretta tiltak	2	2	2	2	2	0	4	2	2	18
• Innføre nye måtar å drive og vedlikehalde	1	1		1	1		2			6
• Regulere arealbruk for å førebyggje klimarisiko	1	1	2	1	1		2	2	1	11
• Redusere andre formar for miljøbelastning									1	1
Sum per analysetema	15	18	4	7	16	14	16	15	10	

Referansar

- Aall, C. (red) (2011): Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Sluttrapport. VF-rapport 3/2011. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Aamaas, B., Berg, A. (2019): Del 1: Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland. Rapport 2019:19. Oslo: CICERO.
- Dannevig, H., Mohus, T., Groven, K., Hovelsrud, G. K., Lundberg, A. K., Sandersen, H., Johansen, A. (2019). Forslag til politikk for håndtering av havforsuring i norske kystfarvann Vestlandsforskning-rapport 6/2019. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Groven, K. (2015). Handtering av overvatn i norske kommunar: Ei undersøking om innføring av lokal overvasshandtering. Kart og plan, 75(1), 8-23.
- Hovik, S., Naustdalslid, J., Reitan, M. & Muthanna, T. (2015). Adaptation to climate change: professional networks and reinforcing institutional environments. Environment and Planning C: Government and Policy, 33(1), 104-117.
- Klima- og miljødepartementet. (2015). NOU 2015:16 Overvann i byer og tettsteder - Som problem og ressurs.
- Langeland, E. (2011). Implementering av lokale overvannsløsninger. Master, Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Lindholm, O. (2012). Overvann. I H. Ødegaard (red.), Vann- og avløpsteknikk (s. 410-435). Hamar: Norsk Vann BA.
- Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G. & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering Norsk Vann rapport 162/2008. Oslo: Norsk Vann.
- Oslo kommune. (2011). Overvannshåndtering: En veileder for utbygger. Oslo: Oslo kommune, Vann- og avløpsetaten.
- Selstad, T. (2008): Norge gjennom hundre år 1960-2060. Et forsøk på beskrivelse av det samfunnet som skal møte klimaendringene i andre halvdel av det 21. århundret. ØF-rapport 03/2008. Lillehammer: Østlandsforskning
- Selstad, T. (2010): Lokalsamfunn og klimatilpasning – et framtidsperspektiv. ØF-rapport 07/2010. Lillehammer: Østlandsforskning