

Nasjonal transportplan 2006 - 2015



Virkninger av klimaendringer for transportsektoren- forstudie

Jernbanelverket
Kystverket
Luftfartsverket
Statens vegvesen
Arbeidsdokument
Mars 2002

ISBN 82-7704-053-9

”Virkninger av klimaendringer for transportsektoren” er en av fem tverretatlige strategiske analyser som inngår som grunnlag for de statlige transportetatenes videre arbeid med Nasjonal transportplan 2006-2015. Styringsgruppen for Nasjonal transportplan tok dette arbeidsdokumentet til orientering i sitt møte 19.03.02.

Dette arbeidsdokumentet, og øvrig informasjon om Nasjonal transportplan, fås på Internett: www.ntp.dep.no, eller ved å kontakte adressen nedenfor.

Sekretariatet for Nasjonal transportplan
Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep.
0033 Oslo
E-post: ntp.sekretariat@vegvesen.no
Telefon: 22 07 35 00
Telefaks: 22 64 45 46

NTP 2006-2015

STRATEGISKE ANALYSER

**VIRKNINGER AV KLIMAENDRINGER FOR
TRANSPORTSEKTOREN –
FORSTUDIE**

**Rapport fra en tverretatlig arbeidsgruppe
Februar 2002**

INN H O L D

- 1 BAKGRUNN OG HENSIKT
- 2 ORGANISERING AV ARBEIDET
- 3 GENERELT OM KLIMAENDRINGER
- 4 KLIMASCENARIO RELATERT TIL SAMFERDSELSSEKTOREN
- 5 MULIGE KONSEKVENSER AV LANGSIKTIGE KLIMAENDRINGER FOR SAMFERDSELSSEKTOREN
 - 5.1 Veg og vegtransport
 - 5.2 Jernbane og jernbanetransport
 - 5.3 Sjøfart
 - 5.4 Luftfart
- 6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

VE D L E G G

Haugen, Jan Erik og Debenard, Jens:

"Et klimascenario for Norge om 50 år for transportsektoren."
Det Norske Meteorologiske institutt, Oslo, januar 2002

1 BAKGRUNN OG HENSIKT

I det tverretatlige arbeidet med Nasjonal Transportplan for perioden 2006-2015 er det besluttet å gjennomføre strategiske analyser på 4 temaområder:

- # Transportnett for godstransport
- # Transport av fiskeri- og havbruksprodukter
- # Sikkerhets-og risikoanalyser
- # ***Transport og klimaendringer***

Analysen av transport og klimaendringer har som hensikt å formidle et bilde av hva slags klimaendringer som kan forventes i Norge med perspektiv mot 2050, hva endringene kan innebære for landets transportinfrastruktur og bruken av den, samt hvilke føringer endringene kan gi for fremtidig ressursbruk i de fire infrastrukturetatene Statens vegvesen, Jernbaneverket, Kystverket og Luftfartsverket

2 ORGANISERING AV ARBEIDET

Etter beslutning i den tverretatlige prosjektgruppen for arbeidet med NTP 2006-2015 er analysen av transport og klimaendringer lagt opp som en forstudie. Hensikten med forstudien er å fremskaffe en oversikt over forventede klimaendringer og - på forholdsvis grovt nivå - vurdere i hvilken grad endringene vil kunne innvirke på de enkelte transportformene. Det ble lagt til grunn at forstudien ikke skulle initiere nye forskningsoppgaver, men baseres på tilgjengelig kunnskap fra klimaforskningen.

Som grunnlag for arbeidsgruppens vurderinger er det innhentet data om klimaforhold som antas å ha størst interesse for samferdselssektoren. For å undersøke om klimaendringer kan tenkes å slå geografisk ulikt ut på transportinfrastrukturen er data spesifisert for definerte soner/landdeler. Det er beskrevet et klimascenario for Norge med et 50- årsperspektiv, relatert til samferdselssektoren.

Forstudien er utført av følgende arbeidsgruppe:

Svein Fjeld, Kystverket
Alice Gaustad/Cees Bronger, Luftfartsverket,
Atle Olausen, Statens vegvesen
Erik Hajum, Jernbaneverket - leder og sekretær

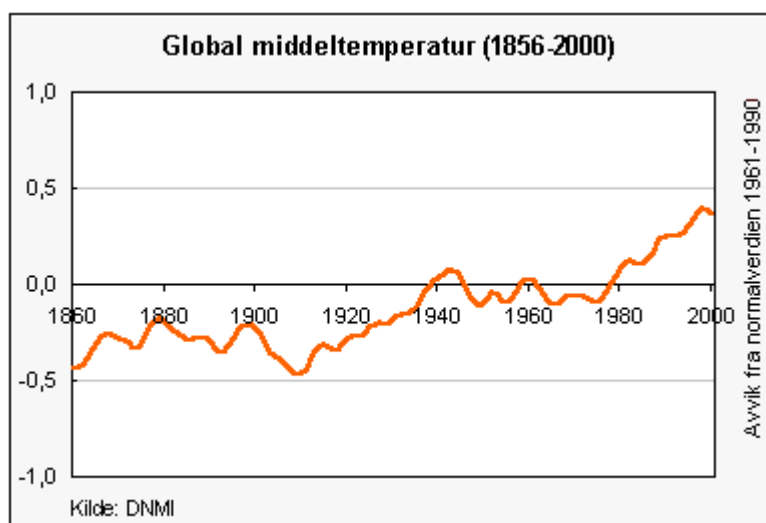
Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) har levert regionale klimadata og et klimascenario for Norge, relatert til samferdselssektoren. Senter for klimaforskning (CICERO) har vært konsultert underveis i arbeidet.

3 GENERELT OM KLIMAENDRINGER

Mengden drivhusgasser i atmosfæren øker som følge av menneskelig aktivitet. Den viktigste årsaken er utslipp av karbondioksyd (CO₂) fra fossilt brensel, som allerede har gitt de høyeste CO₂-konsentrasjoner i atmosfæren på 160.000 år. Dette fører til at atmosfæren fanger opp mer av varmestrålingen fra jorda, noe som vil gi økning i den globale middeltemperaturen og endringer i klimaforholdene. Dette kalles den menneskeskapede drivhuseffekten.

Dersom utslippene av drivhusgasser fortsetter å øke, risikerer vi omfattende og ødeleggende klimaendringer i løpet av de nærmeste 100 årene. For å komme nær en løsning på problemet kreves en full omlegging av verdens energibruk, en drastisk reduksjon i industrilandenenes utslipp og en bremsing av veksten i utviklingslandenes utslipp. I tillegg må det settes i verk tiltak som begrenser utslippene av andre klimagasser som metan, lystgass og fluorforbindelser.

Middeltemperaturen på jorda øker



Kilde: DNMI / University of East Anglia.

Klimaet har endret seg merkbart i løpet av de siste drøyt hundre årene. Målinger viser at middeltemperaturen på jorda økte med mellom ca. 0,6°C i løpet av 1900-tallet. 1990-årene var det varmeste tiåret, og 1998 det varmeste året.

På grunn av de store naturlige klimavariasjonene er det vanskelig å si i hvor stor grad klimaendringer er forårsaket av menneskelig påvirkning. FNs klimapanel (IPCC) konkluderer i sin siste rapport med at en helhetsvurdering av

observasjoner i stadig sterkere grad tyder på global oppvarming og andre endringer i klimaet.

De fleste utslipps-scenariene fra FNs klimapanel spår vekst i CO₂-utslippene i det meste av det 21. århundre. Dette vil gi fortsatt vekst i konsentrasjonen av drivhusgasser i atmosfæren, med en påfølgende økning i global middeltemperatur på mellom 1,4 og 5,8 grader innen 2100.

Store økologiske og økonomiske konsekvenser

En global klimaendring kan medføre alvorlige økologiske konsekvenser, men kan også få store økonomiske ringvirkninger. For naturlige økosystemer vil klimaendringene kunne komme raskere enn systemene klarer å tilpasse seg. Regionale temperaturendringer og endringer i nedbørs mønstre vil endre vilkårene for jordbruket. Ekstreme værforhold som stormer kan få endret hyppighet og styrke.

Økninger i havnivået vil føre til tap av landareal og økt risiko for oversvømmelser. Mange av verdens mest mangfoldige og produktive økosystemer ligger nær kysten. I de fleste land er det også ved kysten vi finner de største befolkningskonsentrasjonene - anslagsvis halvparten av verdens befolkning bor i kystsonene, og mye av den økonomiske aktiviteten er konsentrert her.

Værforholdene mer ekstreme

Forsikringsutbetalinger kan være en indikasjon på utgiftene forårsaket av ekstreme værforhold. På 1980-tallet var forsikringsutbetalingene til sammen 127 milliarder for hele tiåret. Mellom 1990 og 1995 ødela stormer og orkaner eiendom for nesten 1000 milliarder kroner. Dette er åtte ganger mer enn på hele 1980-tallet. Utgiftene til forebyggende tiltak mot flom og ekstreme værforhold vil også øke.

Utviklingsland er generelt mer sårbare enn industriland. Det er slik både fordi de fleste U-land ligger i regionene som er mest utsatt for de negative virkningene av klimaendringer, og fordi de har mindre ressurser og infrastruktur til å takle virkningene av klimaendringer

Kilde: Miljøstatus i Norge – SFTs nettsider

Er klimaet hos oss spesielt?

Vår region er i en særstilling. De varme havstrømmene i Nord-Atlanteren, med forlengelser inn i De nordiske hav og Barentshavet, henger sammen med at grensen for havisens utbredelse går usedvanlig langt nord. Den egentlige årsaken til vårt milde klima er et kontroversielt spørsmål. Noen hevder at de varme havstrømmene er den egentlige årsaken, mens andre mener at atmosfæren og havet virker sammen.

Klimamodeller og RegClim

For å kunne vurdere mulige klimaendringer, gjøres det beregninger ved hjelp av avanserte klimamodeller. Modellene er svært omfattende datamaskinprogrammer som bygger på fysiske lover for atmosfære, hav, jordoverflate og havis. Modellene er globale. Det er alltid usikkerheter knyttet til resultatene av slike beregninger.

For å utvikle scenarier for klimautviklingen i Norden, omkringliggende havområder og deler av Arktis ved en global oppvarming, ble det etablert et koordinert forskningsprosjekt som ble kort kalt RegClim. Prosjektet ble koordinert av DNMI og seks norske institutt deltok. Fordi klimamønstrene i de globale modellene ikke tar tilstrekkelig hensyn til detaljer i formen på fjell og kystlinjer, anvender RegClim egne metoder for å beregne detaljerte scenarier for klimaendringer i våre områder.

Kilder: DNMI: RegClim. Klimaet i Norge om 50 år (2001).
Hacket, Bruce: Surge Climate Scenarios in the Northern Sea and along the Norwegian Coast (2001).

4 KLIMASCENARIO FOR NORGE, RELATERT TIL SAMFERDSELSSEKTOREN

I forstudien er det innhentet data for følgende klimafaktorer/parametre:

- | | |
|-------------------------|--|
| 1) Vind | Over kulings styrke |
| 2) Lufttrykk-gradienter | Ekstremverdier |
| 3) Nedbør | Mengde, intensitet |
| 4) Temperatur | Plussgrader, minusgrader, fordeling på måneder |
| 5) Luftfuktighet/skodde | Perioder i % av tidsrom |
| 6) Fryse/tineperioder | Perioder med variasjon fra +3 til -3 grader i % av tidsrom |
| 7) Bølger og vannstand | Signifikant bølgehøyde |

Klimadata er spesifisert for 12 soner (1-8 er kyststrøk, 9-12 er innlandsområder). Inndelingen er nærmere angitt i avsnittet nedenfor.

Resultater

De nedenstående resultater gjengis fra DNMI's rapport "Et klimascenario for Norge om 50 år for transportsektoren." DNMI-rapporten i sin helhet følger som vedlegg til arbeidsgruppens rapport.

På grunnlag av 6 timers verdier av vind i 10-meters høyde, temperatur i 2-meters høyde og nedbør i form av totalnedbør (regn+snø) og snø, målt i mm vannekvivalent, fra de to 20-års periodene, er det beregnet en del størrelser som er oppsummert i det følgende avsnittet. For dette formålet er Norge delt opp i 12 ulike områder (se Figur 1), og statistikken er fremkommet ved å ta ut verdier i alle gitterpunktene (tilsvarende arealer på 55x55 km²) som den regionale klimamodellen dekker innenfor de 12 områdene. Disse er

| Nummer | Region | Antall gitterpunkter |
|--------|------------------------------------|----------------------|
| 1 | Øst-Finnmark | 11 |
| 2 | Troms, Vest-Finnmark | 15 |
| 3 | Vesterålen, Vestfjorden og Lofoten | 12 |
| 4 | Helgeland | 11 |
| 5 | Rørvik - Stad | 17 |
| 6 | Nordfjord - Stavanger | 15 |
| 7 | Sør-Rogaland - Stavanger | 7 |
| 8 | Aust-Agder - Østfold | 8 |
| 9 | Høgfjellsområder Sør-Norge | 10 |
| 10 | Innland Midt Norge | 7 |
| 11 | Innland Hedemark og Oppland | 9 |
| 12 | Innland sentrale Østlandsområdet | 6 |

Regionene 1-8 dekker bare kystsonen, dvs. gitterrutene innenfor en sone på omtrent 50-100 km fra den virkelige kysten. Nummeret på regionen i 1. kolonne er brukt for å identifisere de ulike regionene i de etterfølgende tabeller.

Følgende parametere er studert:

1. Antall tilfeller av sterk vind.

Ved å sette en grense på vindhastigheter > 15 m/s (Tabell 1c), finner vi en økning av antall tilfeller langs hele kysten fra Stavanger og nordover, men relativt størst økning i nord. Økningen er fra omtrent 10 % flere tilfeller i sør til 40 % flere tilfeller i nord, hovedsakelig om høsten og vinteren. Økningen i nord kan se dramatisk ut, og usikkerheten i resultatene er stor i disse områdene. Det faktum at isgrensen trekker seg nordover, kan være en del av forklaringen.

2. Antall tilfeller av intense lavtrykk.

Dette antallet avtar (tabell 2) for de dypeste lavtrykkene (< 950 hPa) men varierer for mindre intense tilfeller (< 960 hPa). I Øst-Finnmark øker dette i tråd med økning av sterk vind.

3. Antall tilfeller av store nedbørsmengder.

Vi finner en økning i alle regioner for tilfeller med > 10 mm på 6 timer (40 mm/døgn), størst økning på Vestlandet (Nordfjord – Stavanger), og størst økning om høsten (tabell 3a). For snøfall (tabell 4) er endringene mer nøytrale, fordi effektene av økt nedbør oppveies av oppvarmingen slik at det blir færre tilfeller med snø.

4. Antall tilfeller av ekstreme temperaturer.

Tendensen til høyere minimum og maksimumstemperaturer i tabell 5 gjenspeiler at middeltemperaturen i området øker, uten at vi har undersøkt om variabiliteten endres. Tendensen kan også påvirkes av det naturlige del av strømningsbildet for atmosfæren i de to periodene.

5. Antall tilfeller av tine/fryse perioder.

Ofte settes en grense på svingninger +/- 3 °C i temperaturen ut i fra observerte temperaturer. Fordi bare middeltemperaturen over 6-timers intervaller er tilgjengelige fra den regionale klimamodellen, er grensen satt til mindre svingninger. Både for fall og stigninger i tabell 6, sees en tendens til færre tilfeller bortsett fra høg fjellet og innlandet i Sør-Norge. Dette gjenspeiler antagelig bare den generelle oppvarmingen; mildere klima langs kysten gir færre tilfeller og mildere klima i fjellet gir flere tilfeller innenfor disse områdene.

6. Tåke.

Tåke er ikke tilgjengelig på 6-timers basis fra den regionale klimamodellen og er generell en vanskelig parameter å 'varsle' med den horisontale og vertikale oppløsningen som er brukt. Klimaavdelingen er konsultert for å finne ut om det har vært undersøkt om det har vært noen trend i denne parameteren i løpet av de siste tiårene, men dette var ikke tilgjengelig. Det er mulig å gjøre en ny undersøkelse på grunnlag av observasjoner lagret ved DNMI, men dette vil kreve nye ressurser.

7. Bølger og vannstand.

På grunnlag av atmosfæredataene fra RegClim ovenfor (trykk og vind) har det vært gjort tilsvarende regionale simuleringer av dagens og det framtidige bølge- og stormflo-klimaet. Det er for noen områder og noen årstider betydelige endringer, men en statistisk analyse viser også at de to periodene ellers ikke er

signifikant forskjellige (på 95% nivå) i forhold til den naturlige variabiliteten i de to tidsperiodene.

På kysten av Vest-Norge og i nordlige deler av Nordsjøen er det en økning på 5-8 % i midlere signifikant bølgehøyde (HS) om høsten. Som et mål for ekstremer er det beregnet en 99 % percentil, som tilsvarer en periode på 21 timer i løpet av høstmånedene. Denne viser en økning på 25 cm i signifikant bølgehøyde og inntil 5 cm økning i vannstand utenfor Vest-Norge om høsten. (Resultatene fra STOWASUS viser tilsvarende økning i ekstrem vannstand på årsbasis). Kun økningen i ekstrem vannstand er statistisk signifikant. Dette til tross for at økningen i vindhastighet er klart signifikant med samme analyse. Denne forskjellen gjenspeiler at også vindretningen og variasjonen av denne er viktig for bølger og stormflo. Den naturlige variasjonen i havekstremerne blir dermed større slik at det blir vanskeligere å fange opp trender i vindeksstremerne fra atmosfæren. Økningen i ekstrem vannstand er signifikant hovedsakelig på grunn av økningen i middelvannstanden.

På kysten av Troms og Finnmark, er det en tildels betydelig forverring i det maritime klimaet i RegClim scenariet på årsbasis, mens spesielt utpreget om vinteren. Resultatene viser statistisk signifikante endringer for både stormflo og bølger. Signifikant bølgehøyde beregnes å øke med 10-15% på årsbasis for både middeldata og ekstremdata. Mens ekstrem vannstand øker med 10-20 cm. Det er knyttet svært store usikkerheter til disse resultatene for det nordlige Norge og Barentshavet på grunn av svakheter i modelleringen av isdekke i den globale klimamodellen våre resultater bygger på. Resultater fra et annet klima scenario eller en annen klimamodell vil høyst sannsynlig være forskjellige fra våre. På den andre side er det forventet at de største utslagene av en klimaendring vil gjøre seg gjeldene på høye breddegrader, tildels på grunn av store endringer i utbredelse av sjøis. De store forandringene i RegClim scenariet i Barentshavet kan sees som en mulig konsekvens av dette, men de kvantitative estimatene her må anses som høyst usikre.

Vi understreker at resultatene presentert her for stormflo, kun tar for seg endringer på grunn av forandringer i vind og atmosfæretrykk. Havnivå stigning på grunn av termisk ekspansjon og avsmeltning av innlandsis er ikke tatt med. Det er forbundet usikkerhet til hvordan en generell økning av havnivået vil påvirke tidevannsystemet i grunne havområder som Nordsjøen grunnet endringer i forplantningshastigheten til tidevannsbølgene.

Klimaendringenes utslag på landsdelsnivå (inndelt i kyststrøk og innlandsstrøk/høyfjell) og innvirkning på de enkelte transportformer på landsdelsnivå er illustrert tabellarisk i rapportens kap.6.

5 MULIGE PÅVIRKNINGER PÅ SAMFERDSELSSEKTOREN AV LANGSIKTIGE KLIMAENDRINGER

5.1 Veg og vegtransport

Noen typiske trekk ved klimaendringene som vil påvirke veg og vegtrafikk er (jfr DNMI's analyse):

- Temperaturen vil øke for hele landet, mest høst og vinter
- Nedbøren vil øke, mest høst og vinter for områder på Vestlandet og i Nord-Norge
- Vindforholdene vil kunne bli noe vanskeligere langs nordvestkysten og i fjellene i Sør-Norge.
- Somrene vil ikke bli påvirket i samme grad som resten av året.

5.1.1 Konsekvenser for drift og vedlikehold (driftsforstyrrelser)

Hyppigere flommer og mer nedbør

Det forventes at flom vil inntreffe hyppigere i årene framover som følge av høyere temperatur og mer nedbør. Spesielt Vestlandet og Trøndelag vil få en økning i nedbørsmengden. Men også Østlandet vil pga. store elver være utsatt for flom ved sammenfall av kraftig snøsmelting i fjellet og store nedbørsmengder. For vegnett vil dette stille større krav til et godt dreneringssystem og at vegkonstruksjonen er riktig dimensjonert. Store deler av dagens riks- og fylkesvegnett sliter med et til dels mangelfullt og dårlig bygd dreneringssystem. Mange steder er også vedlikeholdet langt fra optimalt. Flom vil derfor kunne føre til hyppigere stenging av veger, noe som har betydning for varetransport og framkommelighet for øvrig.

Brufundamenter vil påvirkes ved at de oftere utsettes for høyere vannstand og sterkere strømmer, noe som kan gi større ytre påkjenninger enn forutsatt. Utvasking av masser i/langs vegkonstruksjoner vil sannsynligvis øke fordi flom og mer nedbør øker den generelle grunnvannstanden. Dette vil medføre et økt ressursbehov for vedlikehold bl.a. knyttet til stabilisering/sikring av skråninger langs vegen. Mer vann i vegkonstruksjonen vil svekke vegens bæreevne der hvor vegkroppen har tilslag av vannømfintlige masser og mangelfull drenering. Bæreevnen vil også påvirkes ved at det kan bli flere teleperioder i løpet av året, noe som vil bety flere dekkeskader og kortere levetid for dagens vegdekker.

Flere ras/skred/steinsprang

Som følge av økt vind og mer nedbør samt innslag av plutselige mildværsperioder i vintermånedene, forventes det flere tilfeller av ras, skred og steinsprang. Det vil gå flere våtsnøskred/sørpeskred i lavlandet vinterstid. Mens sommer/høst vil preges av flere jordskred etter intensive nedbørsperioder med påfølgende undergraving av skråninger. Dette vil føre til hyppigere stengning av veger, men det regnes ikke som sannsynlig at vegtraséer må legges om, annet enn når trafikksikkerheten reduseres betraktelig.

Flere stormer

Økt temperaturgradient vil gi flere og sterkere stormer, noe som har betydning for trafikksikkerhet og kan medføre behov for oftere å stenge veger/bruer. Flere og sterkere kastvinder vil påvirke utsatte objekter (skilt, trær, lysmaster osv.) langs vegnettet.

Snødriv på vegnettet vil gi endrede forutsetninger for hvordan vintertjenesten skal drives, og det må forventes en økt innsats for å holde høyfjellsovergangen mellom øst og vest, samt i Nord-Norge åpne.

Langs kysten vil gjennomsnittlig bølgehøyde øke. Dette kombinert med mer vind vil øke utvaskingsproblematikken for vegnettet som ligger langs flomerke. Også for utsatte ferjekaiianlegg og kystbrufundamenter vil undergraving kunne medføre ustabile konstruksjoner.

Høyere gjennomsnitttemperatur høst/vinter

Det er stor usikkerhet og uenighet blant forskerne rundt problemstillingen med temperatursvingninger rundt null grader. Analysen fra DMNI gir ingen indikasjon på at det må forventes flere tilfeller av underkjølt regn. Behovet for salting vil derfor sannsynligvis holde seg stabilt.

Det kan tenkes at en høyere gjennomsnitttemperatur vil bidra til mindre vilt i vegbanen i løpet av vintermånedene fordi beiteområdene vil være lettere tilgjengelig som følge av mindre snø. Dette vil i så fall være et positivt bidrag til trafikksikkerheten.

Det er gjort noen vurderinger rundt hvorvidt tunnelåpninger for undersjøiske tunneler vil være utsatt ved en heving av havnivå langs kysten. Dette er ikke tilfelle i dag.

Etatens oppsynspersonell vil sammen med andre ”oppryddingsmannskaper” være mer utsatt fordi de oftere må ut for å løse hendelser knyttet til ras/skred, steinsprang, flom osv.

5.1.2 Beredskap ved mer ekstreme værforhold

Med en økning i ekstreme værforhold vil beredskapsapparatet måtte styrkes for å ivareta trafikantenes sikkerhet og trafikkavviklingen når noe skjer. Både flom, ras/skred og sterk vind vil gi flere vegstengninger og øke behovet for alternative omkjøringsruter. Disse beredskapshensynene må ivaretas i drift/vedlikeholdsavtaler med entreprenører når Statens vegvesen ikke selv har mannskaper som kan utføre oppgavene.

5.1.3 Dimensjonering av nye veganlegg

Det er viktig at det tas hensyn til fare for flom, ras, vind og store nedbørmengder når vegene planlegges og bygges. Det er vurdert om det vil bli behov for å endre vegnormalene, men dette anses ikke som sannsynlig. Dårlig standard på veger og drenering skyldes at de nødvendige hensyn ikke ble tatt ved nybygging av vegen og/eller utilfredsstillende drift og vedlikehold, samt at forutsetningene har endret seg over tid. For brukonstruksjoner vil endrede vindlaster kanskje måtte vurderes.

5.1.4 Prioriteringer i Nasjonal Transportplan

Det kan ventes et økt behov for ressurser til drift og vedlikehold i neste planperiode pga. endringer i klima. Dette gjelder særlig tiltak for å utbedre vegenes dreneringssystemer og overbygning, samt økt grad av vintertjenester. Generelt vil behovet for et bedre beredskapsapparat være økende.

Det er behov for å utrede nærmere konsekvensene for Statens vegvesen av en klimaendring. Følgende punkter bør undersøkes:

1. Det bør vurderes nærmere hvor og hvordan dreneringssystemet på riksvegnettet bør forbedres, når dette bør gjøres og økonomiske konsekvenser dette får. Til dette trengs mer detaljerte opplysninger fra DNMI/Cicero om forventete endringer i meteorologiske parametere i ulike områder av landet.
2. Økte drift- og vedlikeholdskostnader for øvrig bør utredes.
3. Det bør vurderes på hvilken måte beredskapen bør økes.
4. Konsekvenser for grunnvann bør undersøkes nærmere.
5. Konsekvenser for trafiksikkerhet som følge av økt sannsynlighet for ras, flom, utrasninger osv.

5.2 Jernbane og jernbanetransport

Klimafaktorer som regnes å ha størst innvirkning på jernbanens infrastruktur og trafikkavvikling er **nedbør, vind og temperatur**. Hver for seg eller i ulike kombinasjoner kan disse klimafaktorene utløse **ras, utglidning, flom og vindfall**. Eksponeringen av jernbanenettet og jernbanetrafikken for hendelser utløst av klimaet, krever forebyggende og avbøtende tiltak. Omfang og type tiltak innrettes etter målene for sikkerhet, regularitet og punktlighet i det transporttilbudet som skal leveres til markedet. Førende er Jernbaneverkets overordnede sikkerhetsmål:

Jernbanetransport skal ikke medføre tap av menneskeliv eller alvorlig skade på mennesker, omgivelser eller materiell.

Dagens ressursbruk i jernbanesystemet bygger på bl.a krav til dimensjonering av tekniske anlegg og togmateriell, beredskapsplaner og planer for drift og vedlikehold. Spørsmålet blir hvorvidt **endringer i klima** gir grunn til å **endre innretningen** på investeringer, drift og vedlikehold av jernbane. Forstudien kan ikke gi fullstendig svar på spørsmålsstillingen, men det er nedenfor pekt på konsekvenser av klimaendringer som bør tas i betraktning i fremtidige prioriteringer av ressursbruken.

5.2.1 Konsekvenser for drift og vedlikehold

I klimascenariet fra DNMI regnes det med at **antall tilfelle av store nedbørmengder vil øke** i alle deler av landet, mest på Vestlandet og mest om høsten. Samtidig forventes en **økning av middeltemperaturen**, mer i innlandet enn ved kysten, mer i nord enn i sør og mest om vinteren.

Vi tolker scenariet med kombinasjonen av mer nedbør og høyere temperaturer dithen at det en høyere andel av nedbøren vil kunne komme som regn istedenfor snø. Dette perspektivet tilsier at det i tiden fremover vil måtte settes av mer ressurser til overvåkning og vedlikehold av drenering og avløp langs jernbanetraseene for å hindre at jordmasser glir ut/ raser ut og undergraver eller blokkerer linjen. Et økt behov for løpende driftstiltak mot ras og utglidning kan komme til å berøre alle banestrekninger, men sannsynligvis i særlig grad Bergensbanen, Dovrebanen, Nordlandsbanen og Ofotbanen. Det kraftige regnet i Nordland januar 2002 og de skadene det medførte på jernbane og veg, viste at en ekstrem regnværssituasjon også kan inntre på "unormal" årstid og eksponere infrastrukturen i større grad enn forventet for årstiden. Hendelsen kan være et forvarsel om hyppigere forekomst av ekstreme regntilfelle, slik DNMI tegner scenariet.

En annen konsekvens av økning i antall tilfelle av stor regnmengde kan være flere flomtilfelle. Til å forebygge og reparere skader på banevoll og tekniske anlegg langs vassdrag/innsjøer kan det bli behov for mer ressurser til drift og vedlikehold. Dette gjelder spesielt deler av Kongsvingerbanen, Solørbanen, Rørosbanen og Dovrebanen. Flommen på Østlandet sommeren 1995 illustrerte hvilke strekninger og anlegg som er utsatt ved særlig høy vannstand. For snøfall regner DNMI med at effekten av større nedbørmengder oppveies av høyere middeltemperaturer. I klimascenariet sies det at oppvarmingsraten om vinteren fordobles i forhold til sommersesongen. Vi tolker dette slik at det ikke kan forventes vesentlig vanskeligere snøforhold enn i dag på de mest utsatte deler av banenettet (høyfjellstrekningene på Bergensbanen, Nordlandsbanen og Ofotbanen). Erfaringsmessig kan imidlertid kombinasjonen av sterk vind og snø (spesielt våt snø) resultere i forhold som krever ekstra ressurser til å holde jernbanelinjen åpen for trafikk. Når det forutsies økning i antall tilfelle av sterk vind langs kysten fra Stavanger til Nord-Norge, med dramatisk økning i nord, finner vi grunn til å peke på et mulig økt ressursbehov til vinterdrift, spesielt på Nordlandsbanen.

Utslagene av økning i sterk vind, som DNMI knytter til kyststrøk på Vestlandet og i Nord-Norge, berører særlig Nordlandsbanen, men kan også virke inn på deler av Jærbanen, Bergensbanen, Raumabanen og Ofotbanen. Forsterkede tiltak for å forhindre vindfall over spor, kontaktledning og bygninger bør vurderes.

5.2.2 Beredskap for mer ekstreme værforhold

Flere tilfelle og hyppigere forekomst av ekstremt vær vil kreve en mer omfattende beredskap for å

- oppdage forandringer i naturen langs jernbanestrekningene som kan føre til en uønsket hendelse eller ulykke
- iverksette tiltak som kan forebygge eller redusere omfanget av en skade
- reparere oppstått skade
- organisere alternative transportløsninger når normal trafikk ikke kan opprettholdes

Spesielt fremheves i denne sammenheng beredskap for å takle følgeskader på strømforsyning og kontaktledning etter klimabetingede innvirkninger. Et eksempel kan være utvidet reserve av diesellokomotiver som kan settes inn ved strømbrydd på elektrifiserte baner.

Vi vil foreslå at beredskapsrutiner gjennomgås og revurderes i lys av DNMI's klimascenario.

5.2.3 Dimensjonering av anlegg

Jernbaneverkets tekniske regelverk inneholder en del klimaforutsetninger ved dimensjonerende parametre for jernbanens infrastruktur. I tillegg hentes dimensjonerende parametre fra andre regelverk, som f.eks Norsk Standard. Parametrene kan være nedbørsmengde som bestemmer tverrsnitt på stikkrenner eller materialdimensjoner på bærende konstruksjoner, eller vindkrefter som bestemmer spennlengder på kontaktledningsanlegg,

Hittil har dimensjonerende parametre vært fastsatt ut fra historiske klimadata og statistikk som i liten grad har blitt oppdatert. Vi vil foreslå at parametrene gjennomgås og eventuelt revurderes ut fra føringer i klimascenariet for de neste 50 år. I en slik gjennomgåelse vil det være behov for å vurdere hvilke parametre som skal inngå, betydningen av de enkelte parametre og - ved hjelp av enkle følsomhetsanalyser - søke å estimere dem optimalt.

5.2.4 Prioriteringer i NTP

Klimascenariet gir grunn til å revurdere ressursbehovet til skadeforebygging, reparasjon, beredskap og overvåking/visitasjon av jernbanens kjørevei og nære omgivelser. Estimeringen av ressursbehovet vil være knyttet til gitte mål for sikkerhet, punktlighet og regularitet i trafikkavviklingen. Behov for en eventuell omfordeling av midler mellom drift/vedlikehold og nyinvesteringer bør drøftes i det videre arbeidet med NTP. Identifisering av mest utsatte steder på jernbanenettet og prioritering av mest kostnadseffektive tiltak vil bli viktige oppgaver i dette arbeidet.

For nyanlegg - med eventuelle skjerpede dimensjoneringskrav som følge av økt klimaeksponering - vil det kreves nærmere analyser med sikte på å komme frem til et samfunnsøkonomisk optimalt investeringsnivå i det enkelte utbyggingsprosjekt og en optimalt sammensatt prosjektportefølje i NTP og Handlingsprogrammet for Jernbaneverket.

5.3 Sjøfart

5.3.1 Driftsforstyrrelser

Sett i forhold til andre transportformer er sjøtransporten særlig ømfintlig for endringer i klimaet. Allerede med dagens klimaforhold er mange farvann og havner utilgjengelige mange dager i året. Enhver forverring av vind-, bølge- eller strømforholda vil redusere tilgjengeligheten ytterligere. DNMI's scenario

forutsier at vinden blir sterkere enn en gitt terskelverdi 10 til 40% oftere enn før. Dette vil medføre 10 til 40% mer landligge for skipsfart og fiskerier.

En klimaforverring vil komme på toppen av andre forhold som bidrar til å gjøre flåten mer utsatt for vanskelige værforhold. Containerskip og passasjerskip får større overbygning. Passasjertrafikk med hurtigbåter tåler ikke særlig store bølger. Forsinkelser i transporten reduserer kvaliteten av fisk og økt sjøgang stresser fisk i brønnbåter. Moderne industriproduksjon bygger på en ”just in time” filosofi som ikke tillater forsinkelser.

Enda verre er det at ønsket om å unngå forsinkelser, eventuelt i kombinasjon med mangelfulle værvarslinger, kan medføre forlis med tap av menneskeliv, alvorlige skader på miljøet og tap av store materielle verdier.

Moloer og dekningsverk er dimensjonert med sikte på å oppnå så rolige forhold i havnene at en kan drive effektiv lasting, lossing og andre operasjoner og at det ikke oppstår skader i havna i styggevær. Høgere bølger i kombinasjon med større stormflo øker faren for overskylling og uro bak moloen. Dersom grensene for sikker og effektiv operasjon overstiges 10-40% oftere enn før, gir dette en tilsvarende reduksjon i effektiviteten. Overskylling av moloene vil også medføre fare for mennesker og skade på materiell bak moloen i havna og på land.

Andre klimaforhold som t.eks. tåke og ising kan også gi store driftsforstyrrelser. DNMI har ikke funnet grunnlag for å uttale seg om slike klimaforhold

5.3.2 Beredskap mot mer ekstreme værforhold

Driftsforstyrrelsene i sjøtrafikken kan en i noen grad motvirke ved å ruste opp farleiene, først å fremst ved å bedre traséene og øke bredden. Slike tiltak må kombineres med bedre merking og trafikk-kontroll. På enkelte strekninger må en anlegge nye farleier som er mindre utsatt for vær og vind. Dette gjelder ikke minst områder der skipsleia nå er dårlig skjerma eller går utaskjærs. Klimascenariet til Meteorologisk institutt viser en betydelig økning av ekstreme vindstyrker. I de nordlige landsdelene er økningen dramatisk.

Vindøkningen vil sette opp høgere bølger. Endringa i bølgehøgde vil variere fra sted til sted avhengig av lokale forhold som t.eks. sjøbotn-topografi og skjerming av holmer og skjær. I områder med ugunstig vindretning, djupt vann og uten skjerming kan en grovt illustrere effekten av sterkere vind slik:

Økning i:

| | |
|---|------|
| Dimensjonerende vind- hastighet: | 5% |
| Dimensjonerende vindkrefter: | 10% |
| Dimensjonerende bølgehøgde: | 13% |
| Dimensjonerende bølgeperiode: | 6,2% |
| Nødvendig vekt av stein i dekningsverk, moloer og liknende: | >43% |

DNMI regner med at signifikant bølgehøgde vil bli om lag 25 cm større enn før på Vestlandet økende nordover til 10-15% høyere bølger i Troms og Finnmark. Signifikant bølgehøgde kan dermed bli opptil en meter høyere i disse to fylkene. Maksimal bølgehøgde i en storm kan bli om lag det dobbelte av den signifikante.

I tillegg kommer en økning i maksimal vannstand på grunn av stormflo, bresmelting og temperaturutvidelse av vannet. Økningen er på opptil 20-30cm, mest i nord der den fordeler seg noenlunde likt på stormflo og bresmelting/temperaturutvidelse. De andre klimaendringene spiller mindre rolle i denne forbindelsen.

Infrastrukturen på kysten er dimensjonert for å tillate sikker og kontinuerlig sjøtransport og annen kystvirksomhet i den grad en har funnet det teknisk og økonomisk mulig. Den er tilpasset værforholda slik de var i slutten av det tjuende århundret og derfor, som vi ser, systematisk underdimensjonert i forhold til klimaforhold som en kan vente dem i framtida. En må derfor regne med skader i et helt annet omfang enn før, og nyanlegg må dimensjoneres for å tåle større bølgekrefter og høyere vannstand.

Det er i alt om lag 200 km molo i utsatte havner. For å unngå overskylling og uakseptable bølgeforhold må krona på mange moloer på Vestlandet og i Nordland heves med over en halv meter. Mye større heving kan bli nødvendig i Troms og Finnmark. Dette innebærer store anleggsarbeider. For en vanlig rausmolo krever 10% heving av molohøgda 20% mer masse i moloen. Som det går fram av tabellen ovafor må moloene forsterkes med et nytt dekklag med større stein. Mange steder er det ikke praktisk mulig å legge ut så stor stein. En må da bygge moloen om til en skuldermolo som krever enda mye større masser.

Dette gjelder ikke minst i Aust-Finnmark, der det er liten tilgang på stein av høvelig kvalitet.

Det har sannsynligvis allerede vært en klimaendring fra midten av forrige århundre og til i dag. De fleste kystkonstruksjonene er derfor alt nå underdimensjonert i forhold til alminnelig aksepterte kriterier.

Ikke bare dekningsverk, men også fyr og merker vil bli utsatt for merkbart flere havarier når bølgepågangen øker og havnivået stiger. Dette krever mer reparasjonsarbeid og oftere utskifting av utstyret.

Det er i Norge ca. 100 offentlige trafikkhavner, 5000 private kaianlegg og 700 fiskerihavner. Høgdenivået av kaiene er tilpasset dagens situasjon sett i forhold til fartøyer, godshåndtering og tilknytning til vegnettet. En økning i stormflovået på 30 cm vil i de fleste tilfelle være akseptabelt for trafikkhavnene, men i mange havner vil det bli nødvendig å løfte kai-nivået med havnearealer og lagerhus. Dette gjelder særlig havner der moloer og dekningsverk ikke er tilpasset forverra klimaforhold.

5.3.3 Dimensjonering av nye anlegg

Nyanlegg, reparasjoner etter sammenbrudd og oppgradering av eksisterende anlegg må basere seg på klimaforhold omtrent som funnet i scenariet til Meteorologisk institutt. Det betyr at vannstanden ved maksimal stormflo vil være opptil 30 cm høyere enn i dag. Dimensjonerende vind- og bølgeforhold vil endres som forutsagt av DNMI og videre illustrert i tabellen i avsnitt 5.1.2. For prosjekter med forutsatt levetid ut over 2050 bør en legge enda mer konservative kriterier til grunn.

Dimensjonerende miljøforhold bygger på en statistisk returperiode på 50 år. Det vil si at det er 2% årlig sannsynlighet for å få en slik storm. Sannsynligheten for at en konstruksjon med levetid 50 år skal oppleve en dimensjonerende storm er 63%. Det spesielle ved moloer og dekningsverk er at de dimensjoneres med en total sikkerhetsfaktor på 1,0. Det vil si at konstruksjonene ikke har noen reserver til å stå imot påkjenninger ut over dimensjonerende bølge. Konstruksjoner som blei dimensjonert for ei 50 års bølge slik den blei bestemt ut fra registreringer i det tjuende århundret har derfor svært stor sannsynlighet for sammenbrudd. En bør derfor i Nasjonal Transportplan legge til grunn at alle nyanlegg skal dimensjoneres med en sikkerhetsfaktor større enn 1.0.

5.3.4 Nye anlegg

Mye av infrastrukturen på kysten er allerede skadd og nedslitt og har lenge trengt en kraftig opprusting. Det er nødvendig å ta et kraft-tak for å sette anlegga i stand før de blir brutt helt ned. Det er dårlig økonomi å vente med å reparere til etter sammenbrudd.

I tillegg til midler for en slik akutt opprustingsplan må Norsk transportplan sette av rikelig med midler til reparasjon og oppgradering av havner som ennå fungerer på et vis, men som vil få problemer etter hvert som klimaet blir verre.

Sikkerheten til de sjøfarende og behovet for regularitet i sjøtransporten vil stille krav til bedre traséer og bredde av farleiene. Det vil flere steder, særlig fra Stad og nordover, bli behov for nye, bedre skjermaleier. Stad skipstunnel bør realiseres snarest.

5.3.5 Prioriteringer i Nasjonal Transportplan

Nasjonal Transportplan må ta høyde for de utfordringene klimaendringene stiller sjøtransporten overfor. Ellers vil vi oppleve en rask forslumming av infrastrukturen på kysten. Dette vil få konsekvenser i form av forlis med tap av menneskeliv og materielle verdier. Trafikken vil få dårlig regularitet, og dette vil gå ut over kvaliteten av det transporterte godset. Sjøtransporten vil ikke være i stand til å imøtekomme ønsket om overføring av last fra hjul til kjøll. Den vil heller ikke kunne gi et nødvendig bidrag til den økonomiske veksten i kyst-Norge som mange ser fram til. En vil raskt videreutvikle et udekket behov for reparasjoner og opprusting av infrastrukturen som vil bli svært tungt å ta igjen.

De økonomiske rammene for sjøtransporten må økes betydelig både i planperioden 2006-2015 og etter 2015 for å møte disse utfordringene. En nærmere kvantifisering av behovet krever en videreføring av forstudiet der en kan studere klimaendringene i større detalj og se mer konkret på behovene for havner og farvann.

5.4 Luftfart

En større andel av lufthavnene i Norge er knyttet til kystnære områder. Mange av plassene er lokalisert slik at det ofte er umiddelbar nærhet til sjø eller åpent vann. Dette har sammenheng med at flate partier eller fyllinger like ved sjøkanten ofte er de operativt, best egnede lokalitetene. En rekke av plassene ligger dessuten bare få meter over havets nivå. Som følge av dette er plassenes infrastruktur i perioder av året utsatt for påvirkning fra hav og sjø.

Kort oppsummert kan landets lufthavner grupperes slik: På 51 lufthavner med regelbunden rutetraffic, ligger rullebanen på 20 av plassene mellom 3 og 15 moh. Hovedtyngden av disse, som i all hovedsak berører flyplasser i Finnmark, Nordland og på Møre, omfatter arealer som i de fleste tilfellene går helt ned i sjøkanten. Nitten plasser er lokalisert under 5 km fra kysten, men innenfor et høydeintervall som varierer mellom 20-150 moh. (Båtsfjord lufthavn ligger høyest av disse med sin beliggenhet ca. 150 moh). Den siste hovedgruppen utgjør 11 flyplasser som er lokalisert i større avstand fra kysten. I gruppen inngår bla. Oslo lufthavn, Gardermoen. Fire av plassene er dessuten lokalisert i innlandet over 300 m. I tillegg til disse kommer Svalbard lufthavn.

Fordeling av plassene ift inndelingen i den regionale klimamodellen er følgende:

- 1: 6 plasser
- 2: 9 plasser
- 3: 7 plasser
- 4: 5 plasser
- 5: 7 plasser
- 6: 7 plasser
- 7: 1 plass
- 8: 4 plasser
- 9: 2 plasser
- 10: 1 plass
- 11: 1 plass
- 12: 0

Gjennom ovenstående går det fram at mer enn $\frac{3}{4}$ av landets lufthavner er knyttet til klimaregionene 1-6. Dette omfatter også de samme delene av landet som forventes å bli mest berørt av mulige klimaendringer. Mange av plassene som ligger innenfor regionene 1-6 er allerede under dagens klimatiske forhold, i perioder av året, berørt av ekstreme vær-situasjoner. En forverring i de fremtidige værforholdene vil derfor kunne berøre luftfart i betydelig grad.

5.4.1. Konsekvenser for drift

For alle landets lufthavner er det tilgjengelig en omfattende database av ulike typer værdata fra de siste 5 årene. DNMI har ansvaret for å ivareta databasens innhold og bruk. Databasen, som er en del av DNMI's klimadatabase med METAR-data, benyttes til bla. meteorologiske beregninger, utarbeidelse av værstatistikk samt å gjennomføre analyser av særskilte meteorologiske forhold.

De klimatiske forholdene påvirker flyplassenes regularitetstall. Primært er skydekke og forekomsten av tåke de viktigste faktorene i disse tallene, men også

forekomsten av sterke vinder og underkjølt regn bidrar til å påvirke tallene. Ved ekstreme værforhold vil også store forekomster av snø begrense trafikkavviklingen på plassene.

DNMI har i fm. RegClim antatt at økt middeltemperatur vil oppveie effekten av ekstreme snøfall. Likevel vil temperaturøkningen være større i innlandet enn på kysten. Det er ikke mulig å trekke noen klare tendenser mht forekomsten av dette fenomen innenfor de enkelte klimaregionene som vil berøre lufthavnene. Tatt i betraktning at mange av landets nordligste lufthavner ligger i regioner der det gjennomgående ofte forekommer lave gjennomsnittstemperaturer i vintermånedene, kan det ikke sees bort fra at noen av disse, i fremtiden, vil bli berørt av mer problemfylte snøforhold.

Kombinasjonen av våt snø og sterke vinder setter store krav til flyplassenes driftsfunksjon. Mulighetene for hyppigere forekomst av våtere snø, og derigjennom øket sannsynlighet for glatte baner, vil av mange betraktes som et sikkerhetsrelatert element. For å oppfylle de sikkerhetsrelaterte kravene, vil omfanget av renhold av rullebanene kunne øke selv om årsmiddeltemperaturen øker. Av dette følger at det for noen flyplasser på kysten sannsynligvis vil være behov for øket driftsberedskap for å forebygge eventuell mulighet for isete og glatte baner.

De siste årene har det inntruffet noen mindre hendelser med utforkjøring på enkelte av flyplassene, der årsakene delvis kan tilbakeføres til de meteorologiske forholdene. I første rekke gjelder dette forekomsten av glatte og isete rullebaner, dels i kombinasjon med kraftig sidevind. Som følge av disse hendelsene har myndighetene under vurdering å innføre sidevindsbegrensninger i flyoperasjonene på mange av landets lufthavner. I første omgang er dette aktuelt på de av plassene som ikke er utstyrt med presisjonsinnflygingsutstyr. En øket forekomst av ekstremvær med sterke vinder vil kunne bidra til å nedsette plassenes værmessige tilgjengelighet. Konsekvensene av dette kan være at mange distrikter vil oppleve at flyplassene ikke lenger kan opprettholde samme funksjon og tilbud som tilfellet har vært fram til i dag.

5.4.2. Dimensjonering av infrastruktur / oppgradering av eksisterende anlegg

Luftfartsverket står i dag overfor store utfordringer i fm innføringen av mulige nye krav til dimensjonering og sikkerhetskrav som vil berøre en rekke av de eksisterende flyplassanleggene. De topografiske forholdene som omgir flyplassene bidrar til å komplisere gjennomføringen av slike myndighetskrav. I dette inngår bla. behov for etablering av utfyllinger og konstruksjoner mot sjø. En rekke av landets flyplasser, spesielt innenfor det regionale nettet, har til dels

store mangler både mht størrelsen på sikkerhetsområder som omslutter rullebanene samt i utformingen av innflygingslysrekkene til disse. En endring i den fremtidige vær-situasjonen, med bla. øket nedbør og vind, vil kunne bidra til at det må settes større krav til konstruksjonen og utformingene av anlegg på de mest eksponerte flyplassene. Hvis det i tillegg må påregnes øket vannstand, med bla. større maksimal stormflo langs deler av kysten, vil dette kunne bidra til at det må stilles ytterligere krav til gjennomføringen av de nevnte tiltakene. DNMI's analyse viser at vind og bølgeførholdene kan bli vesentlig forverret på bla. kysten av Troms og Finnmark. Dette vil kunne berøre flere av flyplassene i landsdelen, spesielt flyplassene i bosettingene langs Finnmarkskysten. Noe tilsvarende vil trolig også kunne oppleves på Mørkekysten og Trøndelag.

Selv under dagens klimatiske forhold har Luftfartsverket erfart at det inntreffer stormskader på flyplassanleggene. Enkelte flyplasser har i perioder vært gjenstand for utrasinger av sikkerhetsområder, enten fordi de den opprinnelige konstruksjonen ikke har vært tilfredsstillende eller fordi omfanget av grov sjø har vært mer omfattende enn forventet i fm. anleggelsen av plassene. Senest i 2000 ble det avdekket at det måtte gjennomføres ekstraordinære tiltak på Honningsvåg lufthavn som følge av sjøens påvirkning. Det må påregnes at behovet for slike ekstraordinære tiltak blir hyppigere når det maritime klimaet forverres.

I tillegg vil øket forekomst av stormflo kunne resultere i at de lavest liggende plassene, under slike forhold, får sine rullebaner oversvømmet med de følger dette kan få for banelegemer m.v. En utvikling i retning av hyppigere oversvømmelser på de lavest liggende plassene bør derfor følges nøye. Mulige tiltak for å forebygge dette kan være å heve rullebanene på de mest utsatte plassene. På det nåværende tidspunkt er dette likevel for tidlig å vurdere dette nærmere.

5.4.3 Prioriteringer i Nasjonal Transportplan

Med bakgrunn i mulige endringer i de klimatiske forholdene som DNMI har fremsatt, må det legges opp til at gjennomføringen av fremtidige infrastrukturtiltak på flere av landets lufthavner vil kunne bli vesentlig mer kostnadskrevende enn det dagens erfaringstall skulle tilsi. I tillegg vil det måtte forventes at en del plasser i den nordligste landsdelen vil ha behov for en større driftsberedskap i de mest nedbørsrike årstidene. Kvaliteten på de tjenestene som utøves på dagens lufthavner vil kunne bli svekket i de delene av landet hvor klimaendringene har størst negativ effekt. En følge av dette kan være at dersom plassenes sikkerhetsnivå skal opprettholdes som i dag, vil dette kunne influere på plassenes regularitet. Spesielt vil noen av plassene med liten trafikk kunne berøres av svekket regularitet. Dette bør synliggjøres i Nasjonal Transportplan. I

et eventuelt videre utredningsarbeid bør det vurderes å benytte lufthavnenes klimadata til å belyse konsekvensene av eventuelle klimaendringer for luftfarten på lengre sikt.

6 OPPSUMMERING OG KONKLUSJONER

Forskningsresultatene og klimascenariet fra Det Norske Meteorologiske Institutt beskriver klimaendringer fram mot 2050, som må ansees som svært relevante for innenlands samferdsel i Norge. Andre kilder, som Sveriges Meteorologiske og Hydrologiske Institutt og European Centre for Medium-Range Weather Forecast i England angir tilsvarende trender i klimautviklingen. Med tanke på konsekvensene for samferdselssektoren er det særlig verd å legge merke til prediksjonen av markant temperaturøkning, økning i ekstreme nedbørstilfelle og økning i antall tilfelle av sterk vind og bølger. Når det gjelder Troms og Finnmark bruker DNMI uttrykket *dramatisk*.

Utslagene av klimaendringer geografisk er sammenfattet i tabellen nedenfor:

| | Troms Finnmark 1--2 | Nordland 3--4 | Trøndelag Vestlandet 5--6 | Sørlandet Oslofjorden 7--8 | Høgjellet 9--10 | Innlandet 11--12 |
|---------------|---------------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------------|--------------------|---------------------|
| Vind | >>> | >> | > | 0 | 0 | 0 |
| Bølger | >>> | >> | > | 0 | * | * |
| Regn | > | > | >> | > | 0 | 0 |
| Snø | 0 | 0 | < | 0 | > | > |
| Fryse-tine | 0 | < | 0 | < | < | < |
| Hav-vannstand | >> | >> | > | 0 | * | * |
| Tåke-ising | - | - | - | - | - | - |

| | | |
|------------------------|-----|-----------------------|
| Tegnforklaring: | < | Mindre utsatt |
| | 0 | Minimal endring |
| | > | Litt sterkere utsatt |
| | >> | Sterkere utsatt |
| | >>> | Meget sterkere utsatt |
| | - | Data foreligger ikke |
| | * | Ikke relevant |

Konsekvenser for de enkelte transportformene, geografisk inndelt, er sammenfattet slik:

| | VEGTRANSPORT INKL. FERGER | | | | JERNBANE-TRANSPORT | | | SJØTRANSPORT | | | | LUFTRANSPORT | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|------------------------|--------------------|--------|-----------|--------------|---------|-------------------|----------|-------------------------|-----------------------------|---------|-------------------|----------|-------------------------|-----------|
| | Finland Nordland | Troms- Finmark | Trøndelag Vestlandet | Innlandet Sørlandet | Høgfeltet | Kysten | Innlandet | Høgfeltet | Finmark | Troms- Finmark | Nordland | Trøndelag Vestlandet | Sørlandet Osloforde n | Finmark | Troms- Finmark | Nordland | Sørlandet Vestlandet | Innlandet |
| Forsinkelse | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Landlige Regularitet | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 4 | 3 | 2 | 0 | 3 | 2 | 1 | 1 | | | |
| Uro i havn | 2 | 1 | * | * | * | * | * | 2 | 1 | 1 | 0 | * | * | * | * | | | |
| Tåke, ising | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | - | - | - | - | - | - | - | - | | | |
| Glatt rulle/kjørebane | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | * | * | * | * | 1 | 1 | 0 | 0 | | | |
| Snø | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | * | * | * | * | 0 | 0 | 0 | 1 | | | |
| Flom | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | * | * | * | * | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| Stormflo | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | | | |
| Skred | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | * | * | * | * | * | * | * | * | | | |
| Steinsprang Stormskader Vindfall | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | |
| Forbygning-og molo-skader | 2 | 1 | * | * | 1 | * | * | 4 | 3 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | * | | | |
| Forlis Sammenstøt Utkjøring | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | | | |

Tegnforklaring:

- 0 Minimal endring
- 1 Liten forverring
- 2 Forverring
- 3 Stor forverring
- 4 Meget stor forverring
- Data foreligger ikke
- * Ikke relevant

Klimascenariets mulige føringer for de ulike transportformene og de etatsvise prioriteringer i NTP er omtalt i kap.5. Nedenfor gis en oppsummering av disse føringene.

Veg og vegtransport

Det kan ventes et økt behov for ressurser til drift og vedlikehold i neste planperiode pga. endringer i klima. Dette gjelder særlig tiltak for å utbedre vegenes dreneringssystemer og overbygning, samt økt grad av vintertjenester. Generelt vil behovet for et bedre beredskapsapparat være økende.

Det er behov for å utrede nærmere konsekvensene for Statens vegvesen av en klimaendring. Følgende punkter bør undersøkes:

1. Det bør vurderes nærmere hvor og hvordan dreneringssystemet på riksvegnettet bør forbedres, når dette bør gjøres og økonomiske konsekvenser dette får. Til dette trengs mer detaljerte opplysninger fra DNMI/Cicero om forventete endringer i meteorologiske parametere i ulike områder av landet.
2. Økte drift- og vedlikeholdskostnader for øvrig bør utredes.
3. Det bør vurderes på hvilken måte beredskapen bør økes.
4. Konsekvenser for grunnvann bør undersøkes nærmere.
5. Konsekvenser for trafikksikkerhet som følge av økt sannsynlighet for ras, flom, utrasninger osv bør undersøkes nærmere.

Jernbane og jernbanetransport

Klimascenariet gir grunn til å revurdere ressursbehovet til skadeforebygging, reparasjon, beredskap og overvåking/visitasjon av jernbanens kjørevei og nære omgivelser. Estimeringen av ressursbehovet vil være knyttet til gitte mål for sikkerhet, punktlighet og regularitet i trafikkavviklingen. Behov for en eventuell omfordeling av midler mellom drift/vedlikehold og nyinvesteringer bør drøftes i det videre arbeidet med NTP. Identifisering av mest utsatte steder på jernbanenettet og prioritering av mest kostnadseffektive tiltak vil bli viktige oppgaver i dette arbeidet.

For nyanlegg - med eventuelle skjerpede dimensjoneringskrav som følge av økt klimaeksponering - vil det kreves nærmere analyser med sikte på å komme frem til et samfunnsøkonomisk optimalt investeringsnivå i det enkelte utbyggingsprosjekt og en optimalt sammensatt prosjektportefølje i NTP og Handlingsprogrammet for Jernbaneverket.

Sjøfart

Nasjonal Transportplan må ta høyde for de utfordringene klimaendringene stiller sjøtransporten overfor. Ellers vil vi oppleve en rask forslumming av infrastrukturen på kysten. Dette vil få konsekvenser i form av forlis med tap av menneskeliv og materielle verdier. Trafikken vil få dårlig regularitet, og dette vil gå ut over kvaliteten av det transporterte godset. Sjøtransporten vil ikke være i stand til å imøtekomme ønsket om overføring av last fra hjul til kjøll. Den vil heller ikke kunne gi et nødvendig bidrag til den økonomiske veksten i kyst-Norge som mange ser fram til. En vil raskt videreutvikle et udekket behov for reparasjoner og opprusting av infrastrukturen som vil bli svært tungt å ta igjen.

De økonomiske rammene for sjøtransporten må økes betydelig både i planperioden 2006-2015 og etter 2015 for å møte disse utfordringene. En nærmere kvantifisering av behovet krever en videreføring av forstudiet der en kan studere klimaendringene i større detalj og se mer konkret på behovene for havner og farvann.

Luftfart

Med bakgrunn i mulige endringer i de klimatiske forholdene som DNMI har fremsatt, må det legges opp til at gjennomføringen av fremtidige infrastrukturtiltak på flere av landets lufthavner vil kunne bli vesentlig mer kostnadskrevenne enn det dagens erfaringstall skulle tilsi. I tillegg vil det måtte forventes at en del plasser i den nordligste landsdelen vil ha behov for en større driftsberedskap i de mest nedbørsrike årstidene. Kvaliteten på de tjenestene som utøves på dagens lufthavner vil kunne bli svekket i de delene av landet hvor klimaendringene har størst negativ effekt. En følge av dette kan være at dersom plassenes sikkerhetsnivå skal opprettholdes som i dag, vil dette kunne influere på plassenes regularitet. Spesielt vil noen av plassene med liten trafikk kunne berøres av svekket regularitet. Dette bør synliggjøres i Nasjonal Transportplan. I et eventuelt videre utredningsarbeid bør det vurderes å benytte lufthavnens klimadata til å belyse konsekvensene av eventuelle klimaendringer for luftfarten på lengre sikt.

Felles utfordringer for de fire transportformene

Endringene i de nevnte klimafaktorene vil berøre løpende drift, vedlikehold og beredskap på eksisterende infrastruktur og trafikkavvikling - og konstruksjon og bygging av ny infrastruktur. Selv om klimaforskerne tar forbehold for utviklingen, anser arbeidsgruppen signalene som så tydelige at man ved innretningen av ressursbruken i samferdselssektoren fremover **bør være føre var**. Vi tilrår derfor at det i kommende planperioder i NTP tas høyde for et økt ressursbehov til å møte klimabetingede eksponeringer i de fire transportformene og infrastrukturetatene. Vi vil spesielt peke på behovet for å øke ressursinnsatsen til beredskap, reparasjon og forebyggende tiltak mot ras, utglidning, undergraving, oversvømmelse, flom og vindfall.

Sannsynligheten for at den infrastrukturen vi allerede har kan bli mer utsatt for klimabetingede skader, tilsier etter arbeidsgruppens oppfatning at man i kommende NTP bør vurdere nøye forholdet mellom drift/vedlikehold og nyinvesteringer. Ved bygging av ny infrastruktur mener gruppen det er behov for å gjennomgå dimensjoneringskrav i lys av risikobilder fra klimascenariet, slik at fremtidige anlegg dimensjoneres samfunnsøkonomisk optimalt. Med samferdselsanleggenes generelt lange levetid er det viktig at det ved nybygging "i morgen" tas hensyn til eksponeringen fra klimafaktorer "i overmorgen."

Arbeidsgruppen mener at utredningene av konsekvenser av klimaendringer bør videreføres i form av et hovedprosjekt. Innretningen i hovedprosjektet bør i særlig grad være å klarlegge og beskrive en filosofi for hvilke grep hver enkelt etat må gjøre innenfor løpende beredskap, drift og vedlikehold av infrastrukturen for å sikre at det tas høyde for de varslede variasjoner og hyppigere ekstremforhold i klimaet.