

# Samfundsøkonomiske analyser i forbindelse med klimatilpasninger

Cilla Harpsøe Clausen, Mikkel Hall, Christian Seidelin,  
Jesper Schou, Chatrine W. Brandt & Anders Boe

NIRAS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indhold

FORORD	7
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	9
SUMMARY AND CONCLUSIONS	17
1 INDLEDNING	25
1.1 PROJEKTETS FORMÅL OG KONTEKST	25
1.2 RAPPORTENS INDHOLD	26
2 UDENLANDSKE ERFARINGER	27
2.1 INDLEDNING OG BAGGRUND	27
2.2 ERFARINGER MED GENEREL METODE	27
2.3 ERFARINGER FRA DE ENKELTE SEKTORER	28
2.4 KONKLUSION	30
3 SAMFUNDSØKONOMISK VURDERING AF KLIMATILPASNING	31
3.1 HVAD ER SAMFUNDSØKONOMI?	31
3.2 PARTIEL TILGANG	32
3.3 SPONTANE TILPASNINGER OG PLANLAGTE TILTAG	32
3.4 BESKRIVELSE AF KONSEKVENSER AF KLIMAEFFEKTER	33
3.5 DISKONTERING	33
3.6 FØLSOMHEDSANALYSE	34
3.7 EKSEMPLER PÅ SAMFUNDSØKONOMISKE METODER	34
4 CASE 1: NATURGENOPRETNING I ÅDALE	35
4.1 INDLEDNING	35
4.2 KLIMAFORANDRINGER OG DERES EFFEKTER	35
4.2.1 <i>Klimaforandringer</i>	35
4.2.2 <i>Klimaeffekter og spontan tilpasning i landbruget</i>	36
4.3 PLANLAGTE TILPASNINGER	37
4.3.1 <i>Naturgenopretning i ådale</i>	37
4.4 METODISKE OVERVEJELSER	38
4.5 OPSTILLING AF CASE	39
4.5.1 <i>Indledning</i>	39
4.5.2 <i>Afgrænsning</i>	40
4.5.3 <i>Omkostninger</i>	42
4.5.4 <i>Fordele</i>	44
4.6 VELFÆRDSØKONOMISK VURDERING	50
4.7 BUDGETØKONOMISK ANALYSE	53
4.8 FØLSOMHEDSANALYSE	54
4.9 SAMMENFATNING	56
5 CASE 2: SKOVBRUG – RØDGRAN	58
5.1 INDLEDNING OG BAGGRUND	58
5.2 AFGRÆNSNING	59
5.3 KLIMAÆNDRINGER OG FORVENTEDE EFFEKTER	60
5.4 STATUS FOR DANSK SKOVBRUG	61

5.5	SPONTANE TILPASNINGER OG PLANLAGTE TILTAG	62
5.5.1	<i>Spontane klimatilpasninger</i>	<b>62</b>
5.5.2	<i>Planlagte tiltag</i>	<b>62</b>
5.6	OPSTILLING AF CASE	63
5.6.1	<i>Metode</i>	<b>64</b>
5.6.2	<i>Data</i>	<b>64</b>
5.6.3	<i>Beregningsforudsætninger</i>	<b>70</b>
5.6.4	<i>Scenarier</i>	<b>72</b>
5.7	DRIFTSØKONOMISK ANALYSE	73
5.7.1	<i>Præsentation af resultaterne</i>	<b>73</b>
5.7.2	<i>Sammenligning med basisscenariet</i>	<b>77</b>
5.7.3	<i>Følsomhedsanalyse</i>	<b>78</b>
5.8	VELFÆRDSØKONOMISK VURDERING	82
5.9	SAMMENFATNING	84
<b>6</b>	<b>CASE 3: SUNDHED – SKOVFLÅTER</b>	<b>87</b>
6.1	INDLEDNING OG BAGGRUND	87
6.1.1	<i>TBEs udbredelse i Danmark</i>	<b>88</b>
6.2	KLIMAFORANDRINGER OG FORVENTEDE EFFEKTER	89
6.2.1	<i>Temperaturstigning</i>	<b>89</b>
6.3	TILPASNINGER SPONTANE OG PLANLAGTE	90
6.3.1	<i>Spontane klimatilpasninger</i>	<b>90</b>
6.3.2	<i>Planlagte klimatilpasninger</i>	<b>91</b>
6.4	METODE OG FORUDSÆTNINGER	92
6.5	KONSEKVENSBESKRIVELSE	93
6.5.1	<i>Omkostninger</i>	<b>93</b>
6.5.2	<i>Fordele</i>	<b>94</b>
6.6	VELFÆRDSØKONOMISK VURDERING	95
6.6.1	<i>Velfærdsøkonomisk break-even med brugerbetalt vaccination</i>	<b>95</b>
6.6.2	<i>Samfundsøkonomisk break-even med offentlig betalt vaccination</i>	<b>97</b>
6.7	BUDGETØKONOMISK ANALYSE	97
6.8	FØLSOMHEDSANALYSE	98
6.8.1	<i>Diskonteringsrenten</i>	<b>99</b>
6.8.2	<i>Succesrate ved vaccination af en befolkningsgruppe</i>	<b>99</b>
6.8.3	<i>Willingness-to-Pay</i>	<b>99</b>
6.9	SAMMENFATNING	100
<b>7</b>	<b>CASE 4: KLOAKKER</b>	<b>103</b>
7.1	INDLEDNING OG BAGGRUND	103
7.2	KLIMAFORANDRINGER OG FORVENTEDE EFFEKTER	103
7.2.1	<i>Klimaforandringer</i>	<b>103</b>
7.2.2	<i>Klimaeffekter</i>	<b>104</b>
7.3	PLANLAGTE TILTAG OG SPONTANE TILPASNINGER	104
7.3.1	<i>Spontane klimatilpasninger</i>	<b>104</b>
7.3.2	<i>Planlagte klimatilpasningstiltag</i>	<b>104</b>
7.4	METODISKE OVERVEJELSER	105
7.4.1	<i>Data</i>	<b>105</b>
7.4.2	<i>Nuværende serviceniveau opretholdes</i>	<b>107</b>
7.4.3	<i>Et ændret serviceniveau</i>	<b>107</b>
7.5	OVERSLAG OVER DET SAMLEDE INVESTERINGSOMFANG	108
7.6	FREMADRETTEDE ARBEJDER I KOMMUNERNE	108
7.6.1	<i>Københavns Kommune (Københavns Energi)</i>	<b>109</b>
7.6.2	<i>Aalborg Kommune</i>	<b>110</b>
7.7	SAMMENFATNING	112

8	CASE 5: KYSTSIKRING – NORDSJÆLLAND	113
8.1	INDLEDNING OG BAGGRUND	113
8.2	KLIMAFORANDRINGER OG FORVENTEDE EFFEKTER	114
8.3	TILPASNINGER SPONTANE OG PLANLAGTE	115
	<b>8.3.1 Spontane klimatilpasninger</b>	<b>115</b>
	<b>8.3.2 Planlagte klimatilpasninger</b>	<b>115</b>
8.4	OPSTILLING AF CASE	115
	<b>8.4.1 Metode</b>	<b>115</b>
	<b>8.4.2 Data</b>	<b>116</b>
8.5	VELFÆRDSØKONOMISK VURDERING (COST-BENEFIT ANALYSE)	121
8.6	BUDGETØKONOMISK ANALYSE	122
8.7	FØLSOMHEDSANALYSE	123
	<b>8.7.1 Diskonteringsrenten</b>	<b>123</b>
	<b>8.7.2 Huspriser</b>	<b>124</b>
	<b>8.7.3 Anlægsomkostningerne</b>	<b>124</b>
8.8	SAMMENFATNING	125
9	KONKLUSION	127
10	REFERENCER	129



# Forord

Nærværende rapport består af to hoveddele. Screening af udenlandske erfaringer med samfundsøkonomisk vurdering af klimatilpasningstiltag, og samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag inden for fem konkrete cases.

Første del skal give et overblik over udenlandske erfaringer med samfundsøkonomisk vurdering af klimatilpasningstiltag, herunder præsentere metodiske overvejelser og problemstillinger.

Anden del, gennemførelsen af samfundsøkonomiske vurderinger for en række konkrete cases, skal dels øge viden om de samfundsøkonomiske fordele og ulemper af tilpasningstiltag i forhold til de fremtidige forventede klimaændringer inden for det konkrete område, og dels illustrere hvorledes klimatilpasningstiltag generelt kan og bør behandles i forhold til samfundsøkonomiske prioriteringer

Rapporten er udarbejdet for Miljøstyrelsen af NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere og Danmarks Miljøundersøgelser. I forbindelse med udarbejdelsen af rapporten har repræsentanter for den Tværministerielle Arbejdsgruppe for Klimatilpasning været inddraget og bidraget med information og kommentarer.

Projektet er afsluttet juli 2006.





# Sammenfatning og konklusioner

## Indledning og afgrænsning

Det overordnede formål med arbejdet bag denne rapport er at opnå væsentlige metodiske erfaringer med samfundsøkonomiske vurderinger af værdien af at gennemføre klimatilpasningstiltag i Danmark. Disse metodiske erfaringer er dels opnået gennem en undersøgelse af udenlandske erfaringer med klimatilpasningstiltag og dels gennem fem case studier af mulige klimatilpasningstiltag i Danmark.

Arbejdet tager sit udgangspunkt i beregninger af fremtidens klima baseret på tre forskellige klimascenarier, nemlig A2, B2 og EU's 2-graders målsætning i tre forskellige ti-års perioder, 2010-20, 2040-50 og 2090-2100.

Med udgangspunkt i disse hovedområder er der udvalgt fem illustrative cases, hvori der foretages samfundsøkonomiske vurderinger af specifikke klimatilpasningstiltag. Formålet med arbejdet med de fem cases har været at eksemplificere mulige fremgangsmåder, der berører forskellige problemstillinger i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag.

## Udenlandske erfaringer

Konklusionen på undersøgelsen af udenlandske erfaringer er, at der internationalt kun er arbejdet meget lidt med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Der har derfor ikke været mange referencer at hente, hverken inden for generelle metodiske overvejelser eller specifikke sektorstudier.

Inden for generel metode har kun UKCIP i Storbritannien gennemført arbejde på området med deres rapport fra 2004, *Costing the Impacts of Climate Change in the UK - Implementation Guidelines*. I det omfang andre lande overhovedet har beskæftiget sig med metodeudvikling, refererer de i høj grad til denne rapport uden at komme med nyt input i forhold til UKCIP's metode. I Danmark har DMU i samarbejde med Miljøstyrelsen udarbejdet en rapport med metodiske overvejelser, der dels lægger sig op af UKCIP og dels supplerer på et par centrale punkter; herunder særligt hvordan der i samfundsøkonomiske vurderinger bør tages højde for de spontane tilpasninger til et ændret klima.

Med hensyn til casestudier er der i Storbritannien hidtil kun lavet to analyser, der anvender UKCIP's metode i praksis. Her er der til gengæld erfaringer at hente fra andre lande. Et australsk studie af beskyttelse af en kystnær naturpark mod højere vandstande bidrager med relevante overvejelser til den praktiske metodeanvendelse. Samtidig er der foretaget et omfattende klimaeffekt- og tilpasningsstudie i Nordvesttyskland, DEKLIM, der kan bidrage til viden om fremtidens kystforsvar i Danmark, og et paneuropæisk studie, Accelerates, der bidrager med viden om klimaeffekter og -tilpasning i fremtidens europæiske landbrug.

## Metode

Det metodiske udgangspunkt er velfærdsøkonomisk analyse, hvori de velfærdsøkonomiske konsekvenser, et klimatilpasningstiltag har for samfundet som helhed, analyseres. Ikke markedsomsatte goder inddrages i form af skyggepriser eller egentlige værdisætningsmetoder i form af benefit-transfer. For hvert tiltag gennemføres der så vidt muligt både en velfærdsøkonomisk og en budgetøkonomisk analyse. Vurderingerne gennemføres som partielle en-periode analyser, således at afledte effekter af tiltagene ikke medregnes.

Tilpasningen til effekterne af et ændret klima inddeles i to typer; den der sker spontant, og den planlagte, som sker på baggrund af politiske beslutninger. Værdien af de planlagte tilpasningstiltag vurderes i forhold til et referencescenarium, der inkluderer de forventede klimaeffekter og den forventede spontane tilpasning hertil. Der hersker imidlertid stor usikkerhed omkring klimaeffekterne og den spontane tilpasning, hvorfor tilgængeligheden af pålidelige data er afgørende for udformningen af analysen i alle fem cases.

I alle cases, på nær skov-casen, regnes der ud fra en diskonteringsrente på 6%, som det anbefales i Finansministeriets vejledning i udarbejdelse af samfundsøkonomiske konsekvensvurderinger (Finansministeriet, 1999). Der foretages følsomhedsanalyser med diskonteringsrenter på henholdsvis 1 og 3%. Følsomhedsanalyser foretages ved at ændre centrale parametre i analysen, med det formål at vurdere, hvor robust resultatet er i forhold til de valgte parametre. En sådan vurdering af resultaternes pålidelighed er særligt vigtig givet de usikre data og lange tidshorisonter, der indgår i de fem analyser. Der foretages derfor for hver case en række relevante følsomhedsanalyser.

## Casestudier

Regeringens tværministerielle arbejde med klimatilpasning fokuserer på klimaændringernes effekt og tilpasningen hertil inden for 11 hovedområder. Med udgangspunkt i disse hovedområder er der udvalgt fem illustrative cases, hvori der foretages samfundsøkonomiske vurderinger af specifikke klimatilpasningstiltag. Formålet med arbejdet med de fem cases har været at eksemplificere mulige fremgangsmåder, der berører forskellige problemstillinger i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. De fem cases vedrører følgende områder og tiltag:

1. Ådale – omlægning af landbrugsland til våde naturområder
2. Skovbrug – omlægning fra rødgran til naturnær skovdrift
3. Sundhed – vaccination mod skovflåtbåren hjernebetændelse
4. Kloaker – dimensionering mht. ændringer i nedbøren
5. Kystsikring – etablering af kystforsvar mod højere vandstande

## Ådale

I denne case analyseres klimaændringernes effekter for den velfærdsøkonomiske værdi af at omlægge landbrugsland i ådalenes lavtliggende områder til våde naturområder.

De relevante klimaeffekter er her højere temperaturer og en højere CO<sub>2</sub> - koncentration i atmosfæren, som ved en spontan tilpasning til denne situation i landbruget giver en højere produktivitet i landbruget, blandt andet som følge af et større forbrug af gødning. Dette vil, sammen med et højere udbytte, også kunne føre til en større udvaskning af nitrat og fosfor. Samtidig vil mere koncentreret nedbør yderligere forøge udvaskningen af nitrat og fosfor fra landbruget. Referencescenariet er her således en situation, hvor både udbyttet

og udvaskningen af nitrat og fosfor fra landbruget øges som effekt af klimaændringerne.

Imod dette referencescenarium vurderes et planlagt klimatilpasningstiltag, hvor 4.300 ha landbrugsland i oplandet til Ringkøbing Fjord planlægges omlagt til naturlige vådområder, der blandt andet kan være med til at reducere udvaskningen af nitrat og fosfor fra det omkringliggende landbrug. Tiltagets værdi vurderes på baggrund af en analyse af A2- og B2-klimascenariernes effekter for dansk landbrug i 2050 og 2100.

Resultatet af den velfærdsøkonomiske analyse er opsummeret i nedenstående tabel, der for det første viser, at det kan betale sig at gennemføre tiltaget, og for det andet, at det kan betale sig at gennemføre tiltaget nu frem for at vente til klimaeffekterne slår igennem i år 2050. Konklusionen er ens for både A2- og B2-klimascenarierne.

Velfærdsøkonomisk vurdering af tiltaget i 2005 priser.

Klimascenarium	Tiltag gennemføres i 2006		Tiltag gennemføres i 2050	
	A2	B2	A2	B2
Nutidsværdi i 2006 af de samlede gevinster	396 mio. kr.	397 mio. kr.	29,2 mio. kr.	30,4 mio. kr.
Nutidsværdi i 2006 af de samlede omkostninger	383 mio. kr.	383 mio. kr.	26,7 mio. kr.	26,7 mio. kr.
Velfærdsøkonomisk nettogevinst	13 mio. kr.	14 mio. kr.	2,5 mio. kr.	3,7 mio. kr.

I analysen er værdien af forbedrede rekreative muligheder i området samt en forøget biologisk mangfoldighed ikke medregnet, som følge af manglende relevante data. Der er tidligere gennemført analyser, som peger på endog meget store rekreative og biologiske værdier i forbindelse med større naturgenopretningsprojekter. Disse værdier bestyrker dermed den positive værdi af at gennemføre tiltaget.

Resultatet er særligt følsomt over for prissætningen af reduktion i udvaskningen af nitrat, idet værdien af reduktionen af nitrat udgør ca. 75% af tiltagets samlede gevinster. Følsomhedsanalyser viser yderligere, at hvis landmændenes driftsoverskud stiger med mere end 4% for de jorde, der planlægges omlagt, for eksempel som følge af højere produktivitet, så vil tiltaget give underskud. Det er dog mere sandsynligt, at problemer med oversvømmelse i ådalene vil skabe et lavere driftsoverskud, hvilket yderligere vil bidrage til det velfærdsøkonomiske overskud ved tiltaget. Til gengæld er konklusionen robust i forhold til ændringer i diskonteringsrenten.

### Skovbrug

I denne case vurderes klimaeffekternes betydning for skovdrift i Danmark. Analysen ser på, hvorvidt det kan betale sig at konvertere fra rødgran, der i dag dækker 28% af Danmarks skovareal, til naturnær skovdrift.

Et varmere klima og større risiko for storm forventes at påvirke rødgranens vækstbetingelser negativt, men der kendes ikke nogen direkte sammenhæng mellem de enkelte klimascenarier og rødgranens betingelser i Danmark. I forhold til drift af rødgran har naturnær skovdrift af blandet løvskov en række fordele i form af mindre sårbarhed over for storm og bedre udnyttelse af et varmere klima.

I en driftsøkonomisk analyse af konverteringen vurderes det, at det umiddelbart kan betale sig at konvertere til naturnær skovdrift i forhold til et

referencescenarium, hvor rødgrandriften fortsættes. Til forskel fra de andre cases, er beregningen foretaget med en diskonteringsrente på 2%/år, hvilket er normen inden for skovdrift. Analysen viser, som det fremgår af nedenstående tabel, at der er en tendens til, at det kan betale sig at konvertere tidligere desto bedre jordkvalitet. Samtidig er nutidsværdierne af nettogevinsten ved at konvertere lavere for de dårlige jorde sammenlignet med de gode. Begge disse konklusioner skyldes, at de mere produktive, gode jorde bedre kan forrente investeringen af konverteringen i forhold til de dårlige jorde.

Driftsøkonomisk vurdering af fremtidig skovdrift

Jordkvalitet	Optimal omdriftsalder for rødgran <sup>1</sup>	Strategi for optimal konvertering
Dårlig	90-100 år	Ekstensiv
Middelgod	70-80 år	Ekstensiv
God	50-60 år	Meget ekstensiv

Note 1: Den optimale omdriftsalder for rødgran fortæller om, hvornår det senest er optimalt at konvertere til den naturnære drift.

Der er endvidere udført en velfærdsøkonomisk vurdering med udgangspunkt i den driftsøkonomiske analyse. Den afgørende forskel er, at i den velfærdsøkonomiske vurdering medtages også den rekreative og biologiske værdi af skoven. Undersøgelser viser, at forbedringen af biodiversiteten og den rekreative værdi ved overgang til naturnær drift, er forbundet med meget stor betalingsvilje. Der forekommer således at være en betalingsvilje i befolkningen, som langt overstiger de samlede driftsøkonomiske omkostninger ved konvertering. Med den store betalingsvilje for naturnær skovdrift kan det ud fra et samfundsperspektiv betale sig at foretage konverteringen så hurtigt som muligt.

Samlet set kan det konkluderes, at en konvertering til naturnær skovdrift både er drifts- og velfærdsøkonomisk fornuftigt ved en forventning om en stormfaldsrisiko på 12 %/år for rødgran.

### Sundhed

På sundhedsområdet analyseres klimaændringernes betydning for, hvorvidt det velfærdsøkonomisk set kan betale sig at vaccinere mod skovflåtbåren hjernebetændelse (TBE).

Det forventes at et varmere klima vil flytte udbredelsen af TBE-smittebærende skovflåter mod nord og dermed øge risikoen for at mennesker smittes med TBE i Danmark. En præcis sammenhæng mellem klimascenarierne (A2, B2 og EU2C) og den forventede smitterisiko i Danmark kendes dog ikke i dag. Derfor er denne analyse udført som en break-even analyse, der vurderer, hvor høj risikoen for at blive smittet skal være, for at det velfærdsøkonomisk kan betale sig at vaccinere imod TBE i Danmark.

Det konkrete planlagte klimatilpasningstiltag, der analyseres, er en målrettet informationskampagne, som antages at resultere i, at 5 % af befolkningen i de mest smitteudsatte grupper af befolkningen lader sig vaccinere.

Analysen viser, at vaccination mod TBE er velfærdsøkonomisk neutralt, når smitterisikoen svarer til, at én ud af hver 1014 personer smittes. Dette er en ca. 8 gange højere smitterisiko end i dag på Bornholm, der er det eneste sted i landet, hvor der i øjeblikket er konstateret en smitterisiko.

Det kan derfor ikke umiddelbart betale sig at gennemføre tiltaget. Samtidig findes der ikke europæiske studier, som har vist en smitterisiko på et så højt niveau, som det kræves for at tiltaget giver et positivt velfærdsøkonomisk resultat. Med mindre der anvendes en lavere diskonteringsrente eller en højere succesrate for vaccinationerne i analysen, forekommer det derfor ikke sandsynligt, at det overhovedet vil blive aktuelt at gennemføre tiltaget, efterhånden som klimaændringerne slår igennem.

### **Kloakker**

I denne case belyses metodiske problemstillinger inden for kloakområdet som følge af effekterne af et ændret klima. Som følge af en mangel på specifikke data omhandler casen således ikke vurderingen af et muligt klimatilpasningstiltag.

Casen er interessant, fordi effekterne af et ændret klima forventes at belaste de nuværende kloaksystemer i Danmark gennem øget risiko for oversvømmelser, som følge af mere ujævne og intense regnhændelser samt en generel hævnning af vandspejlet. Risikoen for oversvømmelser, og omfanget af effekten af disse, afhænger af kvaliteten af det nuværende kloaksystem målt på for eksempel alder, kapacitet, hældning, naturlige afløbsmuligheder og det omkringliggende landskab.

Tilpasningstiltag på området skal tage højde for kloakkernes lange planlægningshorisont på 50-100 år. Derfor er det nødvendigt allerede nu at overveje mulige tiltag på trods af, at der kun foreligger meget sparsomme oplysninger om klimaændringernes effekt på lokale kloaksystemer. Nogle kloaksystemer vurderes allerede at være dimensioneret til at kunne klare de fremtidige klimaforandringer. Andre ligger tæt på deres kapacitetsgrænse. For denne gruppe findes en række forskellige tiltag, som kommunerne kan tage i anvendelse for at sikre det fremtidige serviceniveau..

Den samfundsøkonomiske metode vil her kunne anvendes til at vurdere to forskellige problemstillinger. For det første, hvis det nuværende serviceniveau ønskes bibeholdt, bør der anvendes en cost-effectiveness analyse (CEA). Ved at analysere og rangordne mulige kombinationer af tiltag giver en CEA kommunerne mulighed for at føre en omkostningsminimerende strategi for tilpasningen. For det andet kan cost-benefit analyser (CBA) anvendes til at vurdere, om det samfundsøkonomisk optimale serviceniveau ændres som følge af klimaændringerne. For at kunne gennemføre sådanne lokale samfundsøkonomiske analyser til bestemmelse af de optimale tiltag, er der derfor brug for to typer af lokale forundersøgelser:

- Risikoanalyse, der vurderer risikoen for at intense regnhændelser indtræffer og omfanget af de forårsagede skader.
- Kortlægning af tilpasningstiltag, der undersøger og prisfastsætter de mulige tiltagskombinationer.

Miljøstyrelsen har fået gennemført nogle beregningsskøn over de ekstra investeringer, der er nødvendige for at opretholde det nuværende serviceniveau, givet ændringerne i intense nedbørshændelser på +20-50 %, som er beskrevet i klimascenarium A2 for perioden 2071-2100. Resultatet heraf fremgår af nedenstående tabel.

### Omkostninger ved tilpasning af kloaknettet til et ændret klima

Klimascenarium A2 i 2071-2100	Intense regnhændelser +20 %		Intense regnhændelser +50 %	
	Årligt	Samlet nutidsværdi	Årligt	Samlet nutidsværdi
Ekstrainvesteringer ved nyanlæg	+10 %	1,33 mia. kr.	+20 %	2,66 mia. kr.
Ekstrainvesteringer ved renovering	+10 %	1,66 mia. kr.	+25 %	4,16 mia. kr.

### Kystbeskyttelse

I forbindelse med udfordringerne for sikringen af de danske kyster mod effekterne af klimaændringerne ses der her på en case, hvori den samfundsøkonomiske værdi af at etablere en forstærket kystsikring langs Nordsjællands kyst vurderes. Vurderingen er baseret på en velfærdsøkonomisk cost-benefit analyse.

De forventede generelle vandstandsstigninger i kombination med en øget stormstyrke vil øge den maksimale havvandstand. Som en effekt heraf vil erosionen øges langs de danske kyster. Analysen tager udgangspunkt i stigninger i den maksimale vandstand på 0,22 m, 1,05 m og 0,5 m, som svarer til henholdsvis den minimale stigning ifølge EU2C-klimascenariet, den maksimale stigning i A2-klimascenariet samt den maksimale stigning i EU2C og den minimale stigning for A2 for perioden 2071-2100. Langs Nordsjællands kyst forventes vandstandsstigningerne at medføre øget erosion på 32 m<sup>3</sup> pr. meter kyst for hver 10 cm den maksimale vandstand stiger.

I den velfærdsøkonomiske analyse vurderes det, hvorvidt det kan betale sig at forhindre den øgede erosion langs kyststrækningen ved Liseleje-Hyllingebjerg sommerhusområdet i Nordsjælland. Her skal der omkring år 2050 bygges et nyt anlæg, når det nuværende forventes at være slidt op. Den velfærdsøkonomiske analyse sammenligner ekstraomkostningerne ved i 2050 at dimensionere kystforsvaret efter de tre givne vandstandsstigninger med gevinsten ved at undgå erosionen af sommerhusgrunde. I nedenstående tabel ses det samlede sommerhusareal, der vil bortroderes i perioden 2050-2100, hvis kystforsvaret ikke forstærkes i 2050, samt resultatet af analysen. Perioden for analysen er således 2050-2100 mens de anvendte data for klimaændringerne bygger på data for den maksimale vandstandsstigning til og med perioden 2071-2100.

#### Velfærdsøkonomisk analyse af etablering af kystforsvar ved Liseleje-Hyllingebjerg

Nutidsværdi i 2050 2005-priser	Vandstandsstigning 2071-2100: 1,05 m	Vandstandsstigning 2071-2100: 0,22 m	Vandstandsstigning 2071-2100: 0,5 m
Samlet tab af sommerhusareal	67.200 m <sup>2</sup>	14.100 m <sup>2</sup>	32.000 m <sup>2</sup>
Værdi af tabt sommerhusareal	19,9 mio. kr.	5,1 mio. kr.	10,9 mio. kr.
Etablering og drift af kystforsvar	26,7 mio. kr.	5,6 mio. kr.	12,7 mio. kr.
Samlet velfærdsøkonomisk nettogevinst	6,8 mio. kr.	0,5 mio. kr.	1,8 mio. kr.

Den velfærdsøkonomiske værdi af at tilpasse kystbeskyttelsen til de fremtidige klimaforandringer er umiddelbart positiv for alle tre vandstandsstigninger. Dertil kommer, at der er tale om et konservativt estimat af sommerhuspriserne. Samtidig er der i analysen ikke sat en pris på den rekreative værdi af stranden, som vurderes at have en positiv effekt på prisen af de omkringliggende sommerhuse, samt selvfølgelig en positiv værdi for eksterne brugere af stranden. Hvis kystforsvaret ikke forstærkes, vil dele af

stranden borteroberes og nogen steder risikere helt at forsvinde. Derfor er konklusionen, at analysen viser et solidt positivt resultat.

Følsomhedsanalyser viser, at resultatet er robust i forhold til ændringer i den forventede prisudvikling og en lavere diskonteringsrente end de 6%, der er anvendt i analysen.

### **Konklusion**

Dette projekt har vist, at partielle samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag kan være med til at skabe større klarhed omkring værdien af at gennemføre planlagte klimatilpasningstiltag. Imidlertid kræver brugbare konklusioner et bedre datagrundlag for beskrivelsen af klimaændringernes effekter og de spontane tilpasninger hertil. Således kan det materiale, der er tilgængeligt i dag, bruges til at identificere områder, hvor klimatilpasningstiltag forekommer relevante, men det er utilstrækkeligt til at vurdere tiltagenes samfundsøkonomiske værdi. Der kan igangsættes konsekvensanalyser på de områder, hvor det forventes relevant at gennemføre klimatilpasningstiltag, således at der kan foretages solide samfundsøkonomiske vurderinger af disse tiltag.

Undersøgelsen af udenlandske erfaringer på området viste, at der kun er meget sporadiske erfaringer med samfundsøkonomiske analyser i forbindelse med klimatilpasning. Derfor har dette projekt været nødvendigt, hvis man i Danmark ønsker at gøre samfundsøkonomiske vurderinger til en del af strategien for klimatilpasning i Danmark. Samtidig har man nu i Danmark et sæt af erfaringer, der vil kunne give inspiration til andres landes arbejde og således bidrage til en proces med gensidig læring på området.

Der kan arbejdes videre med partielle tilgange frem for mere omfattende ligevægtsanalyser, givet de usikre data og ligevægtsanalysernes kompleksitet. Cost-benefit analyse vil være det oplagte redskab, så længe udgangspunktet ikke er en på forhånd fastsat målsætning, der skal opfyldes. I det omfang, der opstilles en sådan målsætning, bør der imidlertid anvendes cost-effectiveness analyser, der er mindre sårbare over for præcisionen af beregningerne. Det skyldes, at det er resultaternes relative værdi frem for deres absolutte værdi, der er afgørende, når man sammenligner flere forskellige tiltags omkostningseffektivitet. Endelig kan det blive relevant at forholde sig til diskonteringsrenten på 6% i relation til konkrete tilpasningstiltag.

Med DMU's generelle overvejelser og de praktiske erfaringer fra nærværende projekt er der således skabt et fundament for inddragelse af samfundsøkonomiske vurderinger i arbejdet med regeringens strategi for klimatilpasning. Dette anbefales fulgt op af mere detaljerede konsekvensanalyser, sådan at der kan indledes en mere systematisk vurdering af tiltag på de 11 hovedområder.





# Summary and conclusions

## **Introduction**

The overriding purpose of the work leading up to this report is to gain experience with welfare economic approaches to assessment of climate change adaptation measures in various sectors in Denmark. This experience has now been achieved, partly through a survey of relevant theoretical and practical costing studies abroad and partly through five case studies of potential climate change measures in Denmark.

The case studies are based on three different climate change scenarios being the IPCC A2 and B2 scenarios as well as the EU 2 degree scenario for the three different time periods 2010-20, 2040-50, and 2090-2100.

The cross-ministerial work of the Danish Government on climate change adaptation focuses on the effects on climate change within 11 different key sectors in relation to climate change adaptation. Out of these 11 sectors, five illustrative cases were chosen, in which welfare economic assessments of specific adaptation measures were carried out. The objective with this procedure is to exemplify different relevant approaches and challenges in using welfare economics within the area of climate change adaptation.

## **Experiences from other countries**

Based on the survey of experiences with economic approaches to climate change adaptation in other countries, it was concluded that only sporadic work has been carried out in this field world wide. Accordingly, very few references have been collected, both in terms of the development of a general methodology as well as empirical studies within specific sectors.

Within the general methodology, only UKCIP in the UK has carried out considerable work with their 2004 report, ***Costing the Impacts of Climate Change in the UK - Implementation Guidelines***. To the extent that other countries have engaged in the development of a general methodology, they base their considerations on the work of UKCIP without contributing new ideas or insights.

In Denmark, The National Environmental Research Institute has prepared a report with methodological considerations for the Danish Environmental Agency. This report is to a large extent based on the work by UKCIP, but it also contributes a few additional key points, in particular how the costing of climate change measures should take spontaneous adaptation to a changing climate into consideration.

Concerning case studies, the UK has at the time of writing only carried out two assessments using the UKCIP methodology. However, other countries have some sporadic case study experience. One Australian cost-benefit study evaluates the salinity mitigation options for the Mary River in the Northern Territories. The study includes relevant considerations on the applicability of traditional costing methodology. DEKLIM is an extensive climate change adaptation study on coastal defences in Northern Germany, which contributes insights relevant to the future coastal defence of Denmark. Finally,

Accelerates is a study of the impact of climate change on European farming, including economic assessments of adaptability.

### **Methodology**

The methodological starting point is a welfare economic analysis in which the welfare economic consequences of climate change adaptation measures are assessed. Non-marketed goods like e.g. environmental services are included in the analyses using shadow pricing or through different methods of benefit-transfer. In each case, both welfare economic as well as financial distribution assessment are carried out. The assessments are performed as partial single-period analysis meaning that multiplier effects and knock-on effects in the wider economy are not taken into account.

Adaptation to the effects of climate change is split into two categories, those that happen spontaneously and those that are planned through centralised political decision-making. The value of the planned adaptation measures are assessed in relation to a reference scenario, which includes the expected effects of climate change as well as the spontaneous adaptation to these effects. Accordingly, the availability of reliable data on climate change effects and the spontaneous adaptation is crucial. However, great uncertainty surrounds the effects of climate change, which to a large degree influences on the choice of specific approach to each of the five cases.

In all cases, except for the forestry case, a discounting rate of 6 percent is used as recommended in The Danish Finance Ministry's guidelines on welfare economic evaluation. A sensitivity analysis is carried out with discounting rates of 1 and 3 percent.

Sensitivity analysis is generally performed by changing the value of central parameters in the analysis with the purpose of assessing the strength of the results relative to the value of chosen parameters. This assessment of the strength of the results is particularly important given the sparse data available and the long time horizons of the analysis. Accordingly, a number of relevant sensitivity analyses were carried out for each case study.

### **Case studies**

The purpose of working with five different cases was to illustrate possible approaches, which covers different challenges within welfare economic costing of climate change adaptation measures. The five cases are:

6. River valleys – The change of farmland into natural wetlands
7. Forestry – Changing pine plantations into near-nature forests
8. Health – Vaccination against tick-borne encephalitis
9. Sewers – Changing the dimensions according to changes in precipitation patterns
10. Coastal protection – Establishment of defences against rising water levels.

### **River valleys**

This case assesses the climate change effects on the welfare economic value of changing farmland in river valleys into natural wetlands.

The relevant climatic changes are in this case higher temperatures and a higher CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere, which results in higher productivity of the existing farmland. In this regard, the spontaneous

adaptation is farmers taking advantage of this effect by increasing production, among other things by increasing usage of fertilisers.

In addition to higher farm outputs, the assumed spontaneous adaptation will lead to a higher level of nitrate and phosphorus emissions. As a result, the reference scenario in this case is a situation, where both farm output and emissions of nitrate and fertilisers per hectare of farmland increase as a result of climate change.

Against this reference scenario, the specific adaptation measure is assessed. The measure consists in the change of 4,300 hectares of farmland into natural wetlands in a large part of the catchment area of Ringkøbing Fjord. This would help reducing the emissions of nitrate and phosphorus from 70,000 hectares of surrounding farmland. The assessment of the value of the adaptation measure is based on an analysis of the productivity effects on Danish farming of the A2 and B2 climate change scenarios.

The result of the welfare economic analysis has been summarised in the table below. The conclusions are that implementing the measure results in a net gain. Furthermore, implementing now gives a better net return in present value than waiting till the climate change takes effect in 2050. The conclusion is the same for the A2 and B2 climate scenarios.

Welfare economic assessment of the measure in 2005 prices in million DKK

Klimascenarium	Measure implemented in 2006		Measure implemented in 2050	
	A2	B2	A2	B2
Net present value in 2006 of the combined gains	396	397	29.2	30.4
Net present value in 2006 of the combined costs	383	383	26.7	26.7
Welfare economic net gain	13	14	2.5	3.7

In the analysis, the value of improved recreational possibilities as well as increased biodiversity in the area has not been included due to insufficient data. Analysis of the value of improved recreation and biodiversity suggests great welfare economic gains from the establishment of new natural wetlands. These values would, if included, further increase the net gain of implementing the adaptation measure.

The result is particularly sensitive to the pricing of the reduction of nitrate emissions due to the fact that 75% of the combined gain from the measure comes from nitrate reduction. Another sensitivity analysis shows that if the private net gain from farming the land in question increases by more than 4 percent, the measure will result in a net loss not taking the recreational and biodiversity values into account. It is, however, more likely that flooding in the river values will decrease the net gain from farming in the area, and thus contribute to the welfare economic surplus of the measure. Finally, the result does not change with discounting rates of 1 and 2 percent.

## Forestry

In the forestry case, the effects of climate change on forestry in Denmark is assessed. The focus in the analysis is whether or not spruce, which is covering 28% of the Danish forest area, should be converted to near-natural forest.

A warmer climate and a larger risk of storm is expected to negatively impact the growth conditions of spruce, but there is no known direct link between the climate change scenarios and the growth conditions of spruce in Denmark. Compared to the operating conditions of spruce, operation of a near-nature forest has a number of advantages, which relates to less vulnerability to storm, and better adaptation to a warmer climate.

A financial analysis shows that converting spruce to near-nature forest gives a financially better result compared to a reference scenario, in which spruce is continued. The analysis furthermore shows that it makes financially sense to convert sooner for better soil conditions. Also, the net present value of converting is lower for poor soil qualities compared with better qualities. These conclusions are both due to the higher return on investments in conversion on better soil qualities. Contrary to the other cases, the discounting rate used in the forestry analysis is 2%, which is the norm within forestry.

### Financial assessment of future forestry

Soil quality	Optimal rotation age for spruce <sup>1</sup>	Strategy for optimal conversion
Poor	90-100 years	Extensive
Middle	70-80 years	Extensive
Good	50-60 years	Very extensive

Note 1: The ideal rotation age for spruce gives the latest optimal age for conversion to near-nature forest.

Furthermore, a welfare economic assessment has been carried out. The welfare economic assessment is based on studies carried out by researchers, which include the recreational and biological values of the forest. The studies show that the improvement in biodiversity and the increased recreational value due to conversion to near-nature forest generate a very large willingness to pay. As such, the willingness to pay in the population seems to be of a far larger magnitude than the total financial costs of conversion. With the large willingness to pay for the near-nature forest, it is viable from a welfare economic perspective to convert spruce to near-nature forest as fast as possible.

Hence the conclusion is that conversion to near-nature forest is financially and welfare economically viable.

## Health

The health case assesses whether there is a net welfare gain from vaccinating against tick-born encephalitis.

It is expected that a warmer climate will move a higher concentration of encephalitis infected ticks north into Denmark and thus increase the risk of human encephalitis infection. A more precise knowledge on the connection between the climate scenarios (A2, B2 and EU2C) and the expected infection risk in Denmark does not exist. Consequently, the analysis is carried out as a break-even analysis that assesses how high a risk factor is needed in order to derive a net welfare gain from vaccination against encephalitis in Denmark.

In this case study, the specific planned climate adaptation measure is an information campaign, which is assumed to result in the vaccination of five percent of the population. The five percent being among the most infestation prone segments of the population.

The break-even analysis shows that vaccination is welfare economically neutral at a risk level where one in 1014 are infected. This is eight times higher than the present infestation risk at Bornholm, which is the only place in Denmark that has a confirmed risk of infection.

There are no European studies that have shown infestation levels anywhere near one in 1014. As a consequence, the conclusion is that there does not seem to be a net gain from this measure and that this will not change in the foreseeable future. Only if a lower discounting rate is used or a higher success rate of the vaccination is applied, the measure is likely to have a net welfare gain as the effects of climate change appears.

### **Sewers**

This case considers the methodological problems of assessing the value of climate change adaptation in regards to sewage infrastructure. As opposed to the other cases, this case does not assess the value of a possible adaptation measure due to a lack of specific data in this area.

The case is relevant because the effects of a changing climate are expected to put a strain on the present sewage infrastructure in Denmark. The strain comes from an increased risk of flooding as a result of more uneven rain patterns, including more intense periods of rain in Denmark as well as a general rise of the groundwater level. The risk of flooding and the extent of the floods depend on the quality of attributes of the present sewer system such as age, capacity, inclination, natural run-off possibilities, and not least the surrounding landscape.

Adaptation of the sewer system must take into account the long planning horizon of 50-100 years. As a consequence, it is necessary to consider the implementation of adaptation measures already now in spite of the lack of data on climate change effects on the specific local sewer systems. Some systems are already given dimensions that can withstand increased pressure from a changing climate, while others are at their capacity limit already today. For the latter exists a number of adaptation measures that the local authorities, who are responsible for the maintenance of the Danish sewers, can use to increase the adaptive capacity of their sewers.

Costing methodology can be used to assess two different aspects. For one, if there is a desire to continue with the present service level, a cost-effectiveness analysis (CEA) can be applied. By assessing and ranking possible combinations of adaptive measures, the CEA gives the local authorities the option of choosing the most cost efficient adaptation strategy. Secondly, cost-benefit analysis (CBA) is used to assess the optimal service-level from a society point of view given the climate changes. In order to perform local welfare economic analysis of the best suited adaptation strategy, two forms of local research need to be carried out:

- Risk analysis, estimating the risk of instances of intense rain leading to flooding and the extent of the average damage caused by each instance.

- Mapping the potential adaptation strategies by assessing the cost-effectiveness of each relevant combination of measures.

The environmental agency has completed estimations of the necessary extra investments to uphold the present service levels in Denmark given increases in instances of intense rain at about 20-50 percent, which is the expected increase according to climate scenario A2 for the period of 2071-2100. The result of this estimation is presented in the table below.

Costs of preparing the entire Danish sewer system to a changed climate

Climate scenario A2 in 2071-2100	Events of intense rainfall increased by 20 %		Events of intense rainfall increased by 50 %	
	Annually	Net present value	Annually	Net present value
Additional investments at renewal	+10 %	1.33 billion DKK	+20 %	2.66 billion DKK
Additional investments at maintenance	+10 %	1.66 billion DKK	+25 %	4.16 billion DKK

### Coastal defence

The challenges of securing the Danish coasts against the effects of climate change are addressed in this case. Specifically, the case assesses the welfare economic value of establishing an enhanced protection against erosion along the coast of Northern Zealand. The assessment is based on a welfare economic cost-benefit analysis.

The maximum sea level is expected to rise as a result of a general rise of the sea level combined with increased storm strength. Consequently the erosion will increase along the Danish coasts. The analysis is based on rises in the maximum sea level of 0.22 m, 1.05 m, and 0.5m, which corresponds to the minimal rise according to the EU2C and the maximum rise resulting from the A2 scenario during the period 2071-2100. Along the North Zealand coast, increasing water levels are expected to lead to the loss of 32 m<sup>3</sup> for each meter coast, with each 10 cm increase of the maximum water level.

The cost-benefit analysis assesses whether there is a net welfare economic gain from protecting the coast against the increased erosion along the summer house areas of Liseleje-Hyllingebjerg in Northern Zealand. In about 2050, the local coast protection needs renewal. Therefore, the analysis compares the extra costs of changing the dimensions of the coastal defence in 2050 with the gain of avoiding the erosion of the coast. The analysis is made for each of the three given rises in the maximum sea level.

In the table below is shown the combined summer house area that is expected to be lost through erosion in the period 2050-2100, if the coastal defence is not strengthened in 2050, as well as the result of the cost-benefit analysis. The period of analysis is 2050-2100 but the relevant climate change effect data is calculated for the period 2071-2100.

CBA of the establishment of enlarged coastal defences by Liseløje-Hyllingebjerg

Net present value in 2050 In 2005 prices	Rise in max. sea level 2071-2100: 1.05 m	Rise in max. sea level 2071-2100: 0.22 m	Rise in max. sea level 2071-2100: 0.5 m
Combined loss of summer house area	67,200 m <sup>2</sup>	14,100 m <sup>2</sup>	32,000 m <sup>2</sup>
Establishment and maintenance of coastal defence	19.9 million DKK	5.1 million DKK	10.9 million DKK
Value of lost summer house area	26.7 million DKK	5.6 million DKK	12.7 million DKK
Combined welfare economic net gain	6.8 million DKK	0.5 million DKK	1.8 million DKK

The welfare economic value of adapting the coastal defence in accordance with the future rises in maximum sea level is positive for all three given sea level rises. The result comes in spite of a conservative estimate of the future value of the summer houses in danger of erosion. In addition, the recreational value of the beach has not been included, even though it is assumed to have a positive effect on the surrounding summer houses as well as a positive value for the non local users of the public beach. If the coastal defence is not strengthened, parts of the beach will erode away and in some places entirely disappear. As a result, the conclusion is that when all is taken into consideration, the analysis shows a result which is significantly in favour of coastal defence.

A sensitivity analysis shows that the result of the analysis stands even with changes in the applied development in price level or with discounting rates lower than the 6 percent used.

### Conclusion

This project has shown that partial welfare economic assessments of climate change adaptation measures can help shed light on the value of carrying through planned climate change adaptation measures. That said more extensive and solid data on the effects of climate change is needed in order to reach conclusions with enough clarity to be beneficial. The data available today can be used to identify areas in which adaptation measures seem relevant, but in most cases it is insufficient for the purpose of thorough welfare economic assessment. For that reason, analyses of physical consequences could be initiated within the areas where climate change adaptation is most relevant and/or urgent.

The survey of experiences in other countries demonstrated that there is only sporadic experience with welfare economic analysis in relation to climate change adaptation. As a consequence, work like this project leading to particular Danish experiences is necessary if welfare economic assessment is to be part of a Danish climate change adaptation strategy. At the same time, Denmark has now practical knowledge that can be used as inspiration to similar work in other countries and as part of that process contributing to a process of mutual learning.

Partial analysis still appears recommendable relative to the more extensive general equilibrium analyses given the sporadic data and the complexity of the general equilibrium analyses. Cost-benefit analysis is the obvious choice of

analytical approach as long as there is no set target that must be fulfilled, in which case cost-effectiveness is the preferred approach. Finally, it can be relevant to reconsider the the discounting rate of 6 percent in relation to specific climate change adaptation measures.

The general considerations of DMU and now the practical experience gained through this project constitute a foundation for the use of welfare economic analysis in the Danish climate change adaptation strategy. The next step should be more detailed consequence analyses to be used as data in a more systematic assessment of relevant climate change adaptation measures within the 11 main sectors.



# 1 Indledning

## 1.1 Projektets formål og kontekst

Det overordnede formål med arbejdet bag denne rapport er at opnå væsentlige metodiske erfaringer med samfundsøkonomiske vurderinger af værdien af at gennemføre klimatilpasningstiltag i Danmark. Disse metodiske erfaringer er dels opnået gennem en undersøgelse af udenlandske erfaringer med klimatilpasningstiltag og dels gennem fem case-studier af specifikke klimatilpasningstiltag i Danmark.

Dette projekt blev indledt med en undersøgelse af udenlandske erfaringer med klimatilpasning generelt. Undersøgelsen viste, at flere lande allerede har arbejdet med tilpasning i en årrække. Projektet har fungeret som input til den tværministerielle arbejdsgruppe, der står for regeringens arbejde med udviklingen af en dansk klimatilpasningsstrategi.

Regeringens arbejde tager udgangspunkt i den internationale konsensus om, at der er klimaændringer på vej. Der er imidlertid uenighed om omfanget af klimaforandringerne. Derfor er der opstillet en række forskellige klimascenarier, der forsøger at beskrive en mulig udvikling af fremtidens globale klima. Regeringens arbejde tager udgangspunkt i tre af disse klimascenarier, nemlig A2, B2 og EU's 2-graders målsætning i tre forskellige tiårs perioder, 2010-20, 2040-50 og 2090-2100.

I regeringens arbejde med klimatilpasning fokuseres der på klimaændringernes betydning for følgende hovedområder.

- Kystforvaltning, digebyggeri, havnebebyggelse og kystnær bebyggelse
- Byggeri og anlæg (bygninger, afløbssystemer, veje, baner, broer mv.)
- Planlægning af den fremtidige arealanvendelse
- Natur og naturforvaltning
- Vandforsyning
- Energiforsyning
- Land- og skovbrug
- Beredskab
- Forsikringsmæssige aspekter
- Sundhedsforhold
- Øvrige erhverv, herunder fiskeri.

Med udgangspunkt i disse hovedområder er der udvalgt fem særligt relevante og illustrative cases, hvori der foretages samfundsøkonomiske vurderinger af specifikke klimatilpasningstiltag. Formålet med arbejdet med de fem cases har været at eksemplificere mulige fremgangsmåder, der berører forskellige problemstillinger i forbindelse med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag.

Som forberedelse til arbejdet med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag i de fem case-studier er der foretaget en screening af udenlandske metodiske og praktiske erfaringer på området. Desuden bygger

de fem case-studier på DMU's og Miljøstyrelsens overvejelser omkring anvendelse af en samfundsøkonomisk metode til vurdering af klimatilpasningstiltag, der blev udarbejdet som et tidligere bidrag til regeringsarbejde med klimatilpasning.

## 1.2 Rapportens indhold

I kapitel 2 præsenteres resultaterne fra screeningen af udenlandske erfaringer med en samfundsøkonomisk vurdering af klimatilpasningstiltag. Resultaterne er delt op i henholdsvis forskellige landes udvikling af en generel metode og praktiske erfaringer med metodeanvendelse inden for forskellige sektorer.

Herefter beskrives i kapitel 3 den samfundsøkonomiske metode, der bringes til anvendelse i case-studierne, herunder de metodiske og praktiske udfordringer, som gør sig gældende i de fem cases.

Endeligt gennemgås de fem cases i kapitlerne 4 til 8, hvorefter de centrale erfaringer fra case-studierne set i forhold til de udenlandske erfaringer og det metodiske udgangspunkt behandles i det konkluderende kapitel 9.

## 2 Udenlandske erfaringer

### 2.1 Indledning og baggrund

Som et input til dette projekt om samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag har NIRAS foretaget en screening af udenlandske erfaringer på området. Dette kapitel giver et indblik i, hvor langt andre relevante lande er nået i arbejdet med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag, og herunder hvilke metodiske og praktiske erfaringer de har gjort sig.

Screeningen er foretaget via en Internet-opfølgning på tidligere indhentede erfaringer fra de enkelte lande, samt direkte kontakt til relevante ministerier og institutioner i de pågældende lande.

Kapitlet er opdelt således, at afsnit 2.2 sammenfatter de generelle landeerfaringer med udviklingen af metoder til at foretage samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Afsnit 2.3 indeholder en diskussion af de vigtigste case-studier inden for forskellige sektorer.

### 2.2 Erfaringer med generel metode

Med hensyn til de metodiske overvejelser er det mest omfattende arbejde udført hos UK Climate Impact Programme (UKCIP) i Storbritannien, der har en omfattende vejledning for, hvordan vurderingerne kan foretages. Herudover foreligger der ikke andre færdigudviklede vejledninger, men i flere lande er der dog blevet arbejdet med metodeudvikling i mere eller mindre sporadisk omfang.

UKCIP rapporten fra 2004, *Costing the Impacts of Climate Change in the UK - Implementation Guidelines*, er en grundig gennemgang af alle de elementer, der skal gennemføres, for at foretage de samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Rapporten er et gennearbejdet bud på en samfundsøkonomisk metode for klimatilpasning, som andre lande i høj grad refererer til i deres arbejde med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Der er tale om en rapport, som bærer præg af at være henvendt til økonomer, således at de kan foretage samfundsøkonomiske vurderinger uden yderligere metodiske input. Den skal ses som et værktøj, der kan understøtte beslutningsprocesser i både den private og offentlige sektor. Endelig er den konsistent med UK Treasury Green Book for samfundsøkonomiske vurderinger og prissætninger. Metoden forudsætter, at der foretages partielle vurderinger af specifikke tilpasningstiltag på sektorniveau.

UKCIP's metodologi involverer følgende hovedelementer:

1. Identifikation af de for sektoren relevante klimaændringer.
2. Måling af effekten af klimaændringerne.

3. Beregning af omkostningerne ved at gennemføre et eller flere forskellige klimatilpasningstiltag.
4. Værdisætning af gevinsterne ved tiltagets gennemførelse.
5. Vurdering af tiltagens nettoværdi og/eller identifikation af det mest omkostningseffektive tiltag.
6. Følsomhedsanalyse af resultaternes følsomhed over for dataenes usikkerheder.

De samfundsøkonomiske vurderinger i de fem cases i nærværende projekt følger i høj grad UKCIP's fremgangsmåde. Imidlertid kræver en systematisk brug af UKCIP's metodevejledning, at de grundlæggende data er til stede, hvilket ikke har været tilfældet i flere af de her behandlede cases. Som det vil fremgå i beskrivelsen af de enkelte cases, er deres metodiske fremgangsmåde i høj grad determineret af de tilgængelige data.

DMU har lavet en overvejelse omkring den samfundsøkonomiske metode til vurdering af klimatilpasningstiltag, som i det store hele er i overensstemmelse med UKCIP's fremgangsmåde (DMU, 2005). De to adskiller sig dog på et væsentligt punkt. UKCIP's metode fokuserer ikke eksplicit på den spontane tilpasning, der vil ske inden for de forskellige sektorer, som reaktion på effekten af klimaændringerne. Denne spontane tilpasning bør indregnes i den referencesituation, som de planlagte klimatilpasningstiltag skal holdes op imod. Derfor anbefaler DMU, at de spontane tilpasninger medtages i analysen, hvilket der så vidt muligt er taget højde for i arbejdet med de fem cases i denne rapport.

Ved siden af den samfundsøkonomiske vejledning har UKCIP i 2003 udarbejdet en omfattende rapport, ***Climate adaptation: Risk, uncertainty and decision-making*** der gennemgår hele beslutnings- og implementeringsprocessen vedr. klimatilpasningstiltag. Denne rapport kan anvendes til at sætte rammerne for den beslutningsprocedure de samfundsøkonomiske vurderinger skal bidrage til.

Centraladministrationerne i Australien, Canada og Finland samt GEF og UNEP har alle udgivet rapporter, der i meget forskellig detaljeringsgrad behandler relevante metodiske problemstillinger. Canada når til at nævne, at der er behov for udvikling af en samfundsøkonomisk metode på området. Australien og Finland har i deres metoderapporter et generelt ligevægtperspektiv på klimaeffekterne og tilpasningen hertil, i modsætning til UKCIP og den her anvendte partielle tilgang.

Risø har for UNEP i 1998 udarbejdet en rapport, der blandt andre temaer netop diskuterer fordele og begrænsninger ved anvendelsen den samfundsøkonomiske metode på makro-, sektor- og tiltagsniveau. Rapporten kan ikke bruges som metodisk vejledning, men den er til gengæld en god introduktion til de forskellige metodiske og beslutningsmæssige udfordringer, der er forbundet med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag.

### 2.3 Erfaringer fra de enkelte sektorer

På sektorniveau er der ligeledes ikke gennemført mange samfundsøkonomiske vurderinger, men der er dog blevet identificeret nogle få interessante studier. Af studier med særlig indholdsmæssig relevans for Danmark bør fremhæves et nordvesttysk studie, KRIM, som analyserer klimaændringerens

samfundsøkonomiske effekt for regionen, samt et stort transeuropæisk studie, Accelerates, der vurderer klimaændringernes effekt på fremtidens landbrug i Europa. Disse studier tager imidlertid et meget overordnet perspektiv. I forhold til nærværende projekt er partielle case-studier af klimatilpasningstiltag mere relevante. Her er der i Storbritannien hidtil udført to partielle samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag på baggrund af UKCIP's metodiske vejledning. Desuden er der i Australien udført et studie med metodisk, om end ikke indholdsmæssig relevans i Danmark. I det følgende beskrives disse studiers relevans i en dansk kontekst.

Det omfattende nordtyske case-studie af klima og kystforsvar indeholder en ligevægtsanalyse af klimaændringernes mulige samfundsøkonomiske effekter i Nordvesttysklands kystregion (DEKLIM, 2005). Der fokuseres på en lang række parametre som demografi, privatforbrug, anlægsinvesteringer, kapitalmængden, lønniveau samt udbud og efterspørgsel på arbejdskraft. En sådan ligevægtsanalyse er langt mere omfattende end de partielle analyser, der fokuseres på i nærværende projekt. Det tyske studie er dog værd at have for øje, hvis der i Danmark skal arbejdes med makroøkonomiske effekter af klimaændringer. På baggrund af data fra ligevægtsanalysen gennemføres i rapportens sidste kapitel en cost-benefit analyse af mulige tilpasningstiltag med et meget overordnet perspektiv, der ikke går i detaljen med de enkelte tiltag. Derfor er fremgangsmåden ikke særlig relevant i forhold til arbejdet med de fem cases.

Accelerates er et fælles europæisk forskningsprojekt af klimaændringernes effekt på europæisk landbrug og arealanvendelse generelt. Der er således igen tale om et makrostudie. Projektet vurderer klimaændringernes fysiske effekt på det europæiske landbrug med udgangspunkt i A1, A2, B1 og B2 klimascenarierne. På baggrund heraf opstilles samfundsøkonomiske scenarier for fremtidens landbrug under et ændret klima. Derfor er indholdet af denne forskning yderst interessant i en dansk kontekst, mens metoden ikke bidrager til de metodiske overvejelser om partielle vurderinger af klimatilpasningstiltag. Til gengæld er der fundet andre studier, der kan bidrage til dette aspekt.

I et studie udført af Cambridgeshire Council (2005) anvendes UKCIP's metodologi systematisk til at vurdere klimaændringernes effekt på vedligeholdelsen af de lokale motorveje. Studiet er relevant som et eksempel på, hvordan UKCIP's omfattende metoderapport kan anvendes i praksis. Det samme gælder The National Trust's (2004) studie af klimaændringernes effekt på driften af deres mange haver i hele Storbritannien. Mere interessant er det dog, at UKCIP's store arbejde med at udvikle en metode til samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag kun er blevet anvendt i så lille et omfang. Disse to forholdsvis simple studier er de hidtil eneste eksempler på implementering af UKCIP's metode, hvis kvalitet således stadig mangler for alvor at blive testet i praksis.

I Australien er der udført et enkelt systematisk samfundsøkonomisk case-studie af klimatilpasningstiltag. I en undersøgelse af effekterne ved højere havvandstand på et floddelta i Northern Territory i Australien vurderes forskellige tiltag til at modvirke den skade, en forhøjet vandstand vil forårsage i naturområdet (Australian Greenhouse Office, 2000). Fremgangsmåden er interessant, idet der ikke fokuseres på at sætte nøjagtige priser på naturområdets værdi. I stedet vurderes den relative værdi af tre mulige tilpasningstiltag, set i forhold til et referencescenarium uden planlagte tiltag. Generelt er studiet et skoleeksempel på en enkel og fornuftig fremgangsmåde

til vurdering af klimatilpasningstiltag, hvor problematikken med at inkludere markedsomsatte og ikke-markedsomsatte værdier er grebet an på en konstruktiv måde.

## 2.4 Konklusion

Den overordnede konklusion på screeningen for udenlandske erfaringer er, at der internationalt kun er arbejdet meget lidt med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag. Der har derfor ikke været mange referencer at hente, hverken inden for de generelle metodiske overvejelser eller specifikke sektorstudier.

Med hensyn til de generelle metodiske erfaringer har kun UKCIP i Storbritannien gennemført arbejde på området. Andre lande refererer i deres sporadiske metodeudvikling i høj grad til UKCIP's arbejde, men er dog ikke kommet med nyt input til UKCIP's metode.

Med hensyn til case-studier er det bemærkelsesværdigt, at der i Storbritannien hidtil kun er udført to analyser, der anvender UKCIP's metode i praksis. Her er der til gengæld erfaringer at hente fra andre lande. Et australsk studie af beskyttelse af en kystnaturpark mod højere vandstande bidrager med relevante overvejelser til metodeanvendelsen. Samtidig er der foretaget et omfattende klimaeffekt- og tilpasningsstudie i Nordvesttyskland, der kan bidrage til viden om fremtidens kystforsvar i Danmark, og et paneuropæisk studie, der bidrager med viden om klimaeffekter og -tilpasning i fremtidens europæiske landbrug.

# 3 Samfundsøkonomisk vurdering af klimatilpasning

## 3.1 Hvad er samfundsøkonomi?

Samfundsøkonomisk analyse er et bredt begreb, som dækker over en række forskellige analyseformer. Eksempler er nationaløkonomisk analyse (f.eks. ADAM), generel ligevægtsanalyse (f.eks. SMEC) eller velfærdsøkonomisk analyse (f.eks. miljøøkonomisk analyse).

I forbindelse med samfundsøkonomisk analyse af klimaeffekter anvendes i det følgende velfærdsøkonomisk analyse. I en velfærdsøkonomisk analyse vurderes, hvilke velfærds-mæssige konsekvenser et projekt eller tiltag har for samfundet som helhed. Den velfærdsøkonomiske analyse medtager også, hvor det er muligt, de værdier, der ikke omsættes på et marked. Afhængig af tiltaget, kunne dette være værdien af kvælstofreduktion, som typisk værdisættes ved brug af skyggepriser, mens f.eks. værdien af god strand og den rekreative værdi af et vådområde opgøres ved brug af egentlige værdisætningsmetoder. Der knytter sig en væsentlig metodisk og datamæssig usikkerhed til prissætningen af de ikke-markedsomsatte goder. I det følgende er effekter, som er værdisat ved brug af skyggepriser inddraget i grundberegningerne, mens resultater fra værdisætningsstudier er inddraget i forbindelse med følsomhedsanalyserne. De gennemførte velfærdsøkonomiske analyser er alle baseret på tilgængelige vejledning og forskning. I forbindelse med projektet er der gennemført velfærdsøkonomiske analyser af tiltag inden for fem områder. Disse er nævnt i tabellen nedenfor.

Tabel 3.1: Sammenligning af cases

Sektor	Case	Tiltag	Metode	Timing af tiltag	Klima-scenarier	Tilgængelige data
Sundhed	Vaccination mod TBE	Informationskampagne	CBA Break-even	Når der er break-even	N.A.	N.A.
Kystsikring	Sikring mod erosion	Ekstra kystsikring	CBA	2050	A2 og EU2C	2071-2100
Vandmiljø	Lavtliggende ådal	Etablering af vådområde	CBA	Nu og 2050	A2 og B2	2050 og 2100
Skov	Rødgran	Konvertering til naturnær skov	Driftsøkonomi og værdisætning	Gradvis indfasning	N.A.	N.A.
Kloak	Metodiske overvejelser		CEA		A2	2071-2100

Der gennemføres for hvert tiltag så vidt muligt en budgetøkonomisk analyse, som viser, hvor meget de involverede interessenter vinder eller taber i forbindelse med et tiltag, og en velfærdsøkonomisk analyse. I det følgende beskrives nogle af de metodiske aspekter, som gør sig særligt gældende i

forbindelse med velfærdsøkonomisk analyse af klimatilpasningstiltag, eksemplificeret ved de ovennævnte cases.

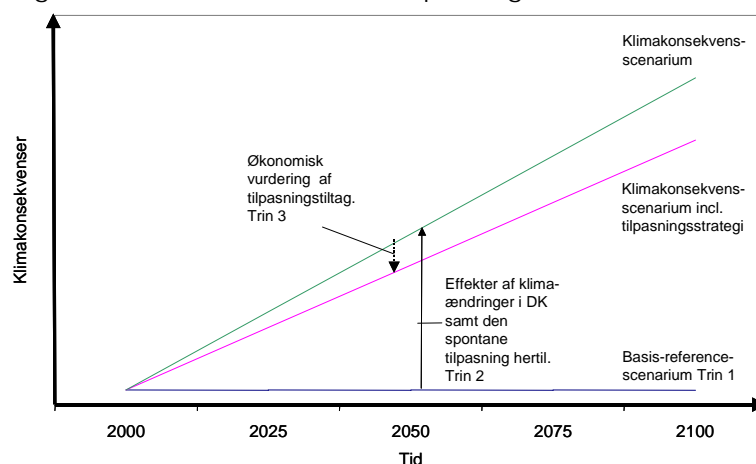
### 3.2 Partiel tilgang

De velfærdsøkonomiske vurderinger for de udvalgte klimatilpasningstiltag gennemføres som partielle analyser. Dette indebærer, at kun effekter, som direkte eller indirekte kan forbindes med tiltaget, kvantificeres og værdisættes, og at afledte effekter i eksempelvis følgeindustrier således ikke regnes med. Den partielle tilgang har den oplagte fordel, at den er velafgrænset, resultaterne er enkle at fortolke, og den åbner op for en lang række forskellige konsekvensberegningemetoder. Ulempen ved den partielle tilgang er, at man ikke kan være sikker på, at det, der er optimalt i én case, også er optimalt i det hele taget. Dette besværliggør sammenligninger af resultater på tværs af sektorer, men dette er dog helt generelt i langt de fleste policy-analyser.

### 3.3 Spontane tilpasninger og planlagte tiltag

En given effekt af klimaændringer rejser en konkret problemstilling i form af behovet for tilpasning af menneskelige aktiviteter. Tilpasningen bliver inddelt i to typer; den der sker spontant og den planlagte, som sker på baggrund af politiske beslutninger. De planlagte tilpasningstiltag skal holdes op imod en reference-situation. Denne opgøres som udgangspunkt uden klimaeffekter (trin 1), hvorefter de forventede klimaeffekter, inklusive den spontane tilpasning, lægges til reference-scenariet (trin 2). Dette reference-scenarium, inklusive klimakonsekvenser, danner baggrund for vurderingen af, hvorvidt de planlagte tilpasningstiltag vil give en samfundsøkonomisk gevinst i forhold til en situation, hvor der alene vil være spontan tilpasning (trin 3).

Figur 3.1: Illustration af klimatilpasningens tre trin



Kilde: DMU

Note: Figuren illustrerer en negativ klimakonsekvens

Den spontane tilpasning er karakteriseret som de enkelte forbrugeres og producenteres og det offentliges reaktion på de fysiske klimakonsekvenser inden for de givne lovgivningsmæssige, økonomiske og teknologiske rammer. De planlagte tiltag kan ligeledes være af meget forskellig karakter, lige fra anlægsarbejder til rådgivning og information.



Som et eksempel på forskellen mellem spontane og planlagte klimaeffekter kan nævnes ådals-casen. Højere temperaturer og deraf følgende længere vækstsæsoner vil skabe grundlag for en øget produktivitet i landbruget. Produktivitetsstigningen giver som spontan tilpasning et højere forbrug af gødning, som formentlig vil medføre en højere udvaskning af nitrat og fosfor. Det planlagte klimatilpasningstiltag omfatter omlægning af 4.300 ha til naturlige vådområder med ekstensiv drift og pleje.

#### 3.4 Beskrivelse af konsekvenser af klimaeffekter

Der er ofte knyttet manglende viden til, hvornår og med hvor stor effekt de forskellige klimaændringer og de dertil knyttede effekter vil indtræffe, hvilket er centralt i sammenhæng med vurdering og timing af klimatilpasningstiltag. Dette medfører et ekstra usikkerhedsmoment, der skal tages alvorligt i forbindelse med anvendelsen og fortolkningen af resultaterne fra de økonomiske analyser. Dette stiller derfor ekstra store krav til at opstille kvantitative konsekvensbeskrivelser for alle de relevante effekter, tidshorizonten for deres indtræden, samt de mulige spontane tilpasninger, som forventes, såfremt der ikke iværksættes planlagte foranstaltninger. Tidsperspektivet er især problematisk, hvor der tidsmæssigt er stor forskel på, hvornår gevinsterne og omkostningerne falder for et tilpasningstiltag, eller hvor tiltaget har en lang investeringshorisont. Hertil kommer som nævnt spørgsmålet om timing af tiltaget, dvs. hvornår det vil være optimalt at sætte tiltaget i værk.

Den store usikkerhed i forbindelse med konsekvensbeskrivelsen har betydning for tilrettelæggelsen af analysen af det enkelte tiltag, som ofte vil kræve, at der udvises kreativitet. Dette skyldes, at det som ovenfor nævnt ofte ikke er muligt at få belyst konsekvenserne af klimaeffekterne på en fyldestgørende måde. Udover den konkrete problemstilling, som skal belyses, vil det således også være tilgængeligheden af data, der er afgørende for, hvordan analysen designes. For de analyserede cases har dette betydet, at det ikke har været muligt at gennemføre velfærdsøkonomiske analyse for alle tre klimascenarier og for alle tre tidsperioder for de enkelte cases. Dette gælder eksempelvis sundheds- og skovcasen. Det har derfor været, og vil ofte være, nødvendigt med en mere pragmatisk tilgang til spørgsmålet om effekter og tidshorisont. I sundhedscasen er den gennemførte break-even analyse baseret på en uendelig tidshorisont. I ådalscasen regnes på iværksættelsen af tiltaget nu og i 2050. I kystsikringscasen beregnes nutidsværdien af at etablere ekstra kystsikring i 2050, hvor det nuværende anlæg alligevel skal udskiftes. I skovcasen regnes med en uendelig tidshorisont, idet der anbefales en gradvis indfasning af tiltaget.

#### 3.5 Diskontering

Den velfærdsøkonomiske diskonteringsrente afspejler, hvor meget større vægt befolkningen tillægger forbruget i år i forhold til samme forbrug næste år. Effekter ude i fremtiden tillægges mindre vægt med en voksende diskonteringsrente. For at kunne sammenligne omkostninger og fordele, der falder tidsmæssigt forskelligt, omregnes alle konsekvenser til nutidsværdier. Der anvendes en diskonteringsrente på 6%, da denne skal afspejle den langsigtede markedsrente. Der foretages følsomhedsanalyser for den velfærdsøkonomiske analyse med en diskonteringsrente på 3% og 1%,

undtagen for skov-casen, hvor der anvendes en rente på 2%, da den model, der er anvendt, ikke gør det muligt at ændre satsen.

### 3.6 Følsomhedsanalyse

Der gennemføres følsomhedsanalyser i forbindelse med partiel økonomisk analyse. Det vil sige analyser, hvor man skiftevis varierer på størrelsen af væsentlige variabler, og ser hvor meget resultatet ændrer sig. På denne baggrund kan man forholde sig til, hvor robust resultatet er. Denne type følsomhedsanalyse er anvendt i alle cases, og kan både vedrøre de parametre, som indgår i konsekvens-beskrivelsen, eksempelvis næringsstoff tilbageholdelsen ved etablering af et vådområde, og de priser, som anvendes til at prissætte konsekvenserne - i dette eksempel er gevinsten pr. kg nitrat og fosfor tilbageholdt. En anden nyttig tilgang til følsomhedsanalyser er at vurdere, hvor meget værdien af forskellige parametre skal ændre sig, før projektet når break-even, hvor omkostningerne modsvarer gevinsterne. Denne type tilgang er anvendt i ådals-casen, bl.a. i forbindelse med ikke-markedsomsatte goder, samt i sundheds-casen og kystsikrings-casen.

### 3.7 Eksempler på samfundsøkonomiske metoder

På det overordnede, konceptuelle plan vil policy-analyse af mulige klimatilpasningstiltag gennemføres som enten en cost-benefit analyse (CBA) eller som en cost-effectiveness analyse (CEA). I tabellen ovenfor kan det ses, hvilken metode, der er brugt i de enkelte cases.

I en CBA prissættes principielt alle effekter af både referencescenariet og tiltaget. Sidstnævnte bør kun gennemføres, hvis nutidsværdien af gevinsterne fratrukket nutidsværdien af omkostningerne er størst ved at gennemføre tiltaget. I casen, hvor der gennemføres en informationskampagne om vaccination i forhold til skovflåtbåren hjernebetændelse (TBE), er der foretaget en såkaldt break-even analyse. Analysen vurderer, hvor stor smitterisikoen skal være, for at det er velfærdsøkonomisk rentabelt at iværksætte en informationskampagne. I kystsikrings-casen udføres en CBA på spørgsmålet om, hvorvidt det kan betale sig at etablere ekstra kystbeskyttelsesanlæg, for at reducere erosion af et sommerhusområde og dermed undgå tab af sommerhuse. I casen med en lavtliggende ådal er der gennemført en CBA, som sammenholder omkostningerne og gevinsterne ved at etablere et større vådområde. Endeligt gennemføres i casen om konvertering af rødgran til naturnær skovdrift en driftsøkonomisk analyse af forskellige konverteringsscenarier. Den driftsøkonomiske analyse sammenholdes efterfølgende med velfærdsøkonomiske værdisætningsstudier af de rekreative værdier samt værdien af biodiversitet i naturnær skov.

I en CEA måles omkostningerne i forhold til en ønsket effekt. CEA er især velegnet, når det skal beregnes, hvordan samfundet mest omkostningseffektivt kan opnå en given miljømålsætning, som f.eks. emissionsloft for  $\text{NO}_x$ . Resultatet af en CEA er en velfærdsøkonomisk rangorden af de mulige tiltag til at opnå målsætningen. Der gennemføres tiltag, som minimerer omkostningen ved at opnå den ønskede effekt. I kloak-casen anbefales i udgangspunktet en CEA-tilgang.

# 4 Case 1: Naturgenopretning i Ådale

## 4.1 Indledning

Dette kapitel indeholder en samfundsøkonomisk vurdering af naturgenopretning af vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord. Studiet har et dobbelt formål. For det første skal det illustrere, hvordan klimaændringerne må forventes at influere på værdien af at gennemføre naturgenopretning af vådområder i Danmark generelt. For det andet skal det vise, hvordan denne problematik kan afdækkes ved brug af en samfundsøkonomisk metode.

Klimaændringerne vil sandsynligvis medføre en forøgelse af nedbøren om vinteren samt mere koncentreret nedbør generelt. Den øgede mængde nedbør vil betyde flere problemer med oversvømmelse af landbrugsjord i lavtliggende dele af ådale. For at modvirke problemerne med oversvømmelse er et muligt tiltag, at udsatte områder omlægges til naturområder med ekstensiv drift og naturpleje. En sådan omlægning vil desuden kunne være med til at mindske udvaskningen af næringsstoffer fra landbruget, samt forøge den rekreative og biologiske værdi af de pågældende områder.

Først beskrives de for oplandet til Ringkøbing Fjord relevante forventede klimaændringer og deres effekter, samt de heraf følgende spontane tilpasninger. Dernæst beskrives de mulige tiltag omkring naturgenopretning ved Ringkøbing Fjord, inklusive de forventede omkostninger og fordele ved tiltaget. Endeligt opstilles den metode til samfundsøkonomisk vurdering, der efterfølgende vil blive anvendt på casen om Ringkøbing Fjord.

## 4.2 Klimaforandringer og deres effekter

I dette afsnit er kort redegjort for de for Ringkøbing Fjord relevante klimaforandringer og de heraf afledte effekter og spontane tilpasninger til disse effekter.

### 4.2.1 Klimaforandringer

I klimascenarierne A2, B2 og EU's 2-graders scenarium forventes der mere nedbør på årsbasis, fra ca. 2% forøgelse i 2006-2035 til mellem 4 og 9% i 2071-2100 i forhold til gennemsnittet for 1961-90. Samtidig forventes mindre, men mere koncentreret nedbør om sommeren. Det betyder, at somrene i de tre klimascenarier bliver mere tørre, men med kraftigere nedbørshændelser.

Den forøgede afstrømning af regnvand fra jordoverfladen pga. en øget mængde nedbør resulterer i flere oversvømmelser af lavtliggende områder. Effekten af disse forhold vil for en stor del afhænge af den nuværende arealudnyttelse. Er der f.eks. tale om naturarealer med varigt plantedække, er effekten for søerne og vandløbene mindre, end hvis arealet består af marker i omdrift, hvorfra tabet af sediment og næringsstofudvaskningen vil blive større. Den forventede større sedimenttransport og udvaskning af næringsstoffer til

vandløbene, som konsekvens af ændringerne i nedbørsmønstret, vil resultere i øget næringsstofbelastning i nedstrømsliggende søer og fjorde. Temperaturstigningens effekter og effekterne af ændret nedbørsmønster med øget nedbør om vinteren og mindre nedbør i sommerperioden, må tilsammen forventes at give en dårligere vandkvalitet med øget risiko for iltsvind.

#### 4.2.2 Klimaeffekter og spontan tilpasning i landbruget

Klimaændringerne har umiddelbart to modsatrettede effekter på produktiviteten i det danske landbrug. For det første vil øget årlig nedbør og mere koncentrerede nedbørsperioder kunne medføre flere problemer med oversvømmelser; særligt på udsatte områder som lavtliggende områder i ådale. For det andet vil længere vækstsæsoner og højere CO<sub>2</sub>-koncentrationer i luften forbedre vækstbetingelserne.

I det følgende overvejes landbrugets spontane tilpasning til disse klimaeffekter.

##### 4.2.2.1 Øget produktivitet

Et varmere klima vil medføre længere vækstsæsoner, som med nye produktionsmønstre vil kunne udnyttes til en højere produktivitet i det danske landbrug. Dertil kommer, at en højere CO<sub>2</sub>-koncentration vil forøge afgrødernes fotosyntese. Dog vil længere perioder uden nedbør om sommeren kunne reducere den gavnlige effekt af længere vækstsæsoner, hvilket kan modvirkes gennem vanding. Det vurderes således, at klimaændringerne med den rette tilpasning i landbruget vil øge produktiviteten for et gennemsnitligt dansk landbrugsareal, selvom udsatte områder kan opleve en negativ nettoeffekt (Olesen *et al.*, 2004).

##### 4.2.2.2 Oversvømmelse

Som spontane tilpasninger må det forventes, at drift af lavtliggende arealer muligvis ikke vil kunne blive ved med at betale sig, hvorfor driften gradvist må forventes ekstensiveret eller helt opgivet i visse lavtliggende områder.

##### 4.2.2.3 Nitrat

Det potentielt stigende udbytte i planteavl, som følge af et varmere klima og en højere CO<sub>2</sub>-koncentration, vil øge det økonomisk optimale niveau for kvælstofgødsning. Dette er eksemplificeret med modelberegninger for vinterhvede i rapporten 'Jordbrug og klimaændringer' (Olesen *et al.*, 2004). Beregningerne er gennemført med Daisy-modellen for A2- og B2-klimascenarierne.

Den estimerede stigning i optimal N-gødsning for hvede i år 2050 ligger for A2-scenariet på 7 - 44 kg N/ha og for B2-scenariet på -3 - 24 kg N/ha. I begge scenarier var der en stigning i N-udvaskningen for et vstdansk klima, hvorimod der var en tendens til et fald for et østdansk klima. Det skyldes dels, at der forventes en højere stigning i nedbøren i Vestdanmark, og dels, at der på de lettere sandjorde, der dominerer i Vestdanmark, er større problemer med udvaskning af næringsstoffer. Begge disse forhold vil der blive taget højde for i opstillingen af casen.

##### 4.2.2.4 Fosfor

Tab af fosfor fra landbrugsjorden til vandmiljøet sker enten i form af opløst fosfor eller som partikelbundet fosfor. I begge tilfælde transporteres fosforet typisk med vand via udvaskning, overfladisk afstrømning eller erosion til vandløb, søer og fjorde.

De forventede klimaændringer med mere intens nedbør i vækstperioden samt større nedbørsmængder uden for vækstperioden vurderes at ville øge risikoen for fosfortab betydeligt. Der foreligger dog ingen kvantitative beregninger for klimaændringernes effekt på fosforudvaskning i Danmark.

#### **4.2.2.5 Pesticider**

Stigende temperaturer må forventes at øge behovet for sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse i planteavlen. Dette kan føre til et øget behov for pesticider. Da pesticider i lighed med fosfor ofte transporteres til vandmiljøet i forbindelse med kraftige nedbørshændelser, vil udvaskningen kunne øges med de forventede klimaændringer. Der er dog ikke lavet specifikke analyser på denne problemstilling, og ændringerne i pesticidforbruget indgår derfor ikke i denne analyse.

#### **4.2.2.6 Usikkerheder**

Der er knyttet betydelige usikkerheder til vurderingen af mulige effekter af klimaændringer på landbrugets arealanvendelse, produktion og miljøpåvirkning. Der er dog stor sandsynlighed for, at de skitserede klimaændringer samlet set vil øge produktiviteten i det danske landbrug med deraf følgende større gødskningsbehov.

Der er derfor et behov for at forbedre de eksisterende modeller for at kunne gennemføre mere præcise vurderinger af klimaeffekterne i denne sammenhæng.

### 4.3 Planlagte tilpasninger

#### 4.3.1 Naturgenopretning i ådale

Det planlagte tilpasningstiltag, der ses på her, drejer sig om en omlægning af landbruget i ådalene til naturområder med ekstensiv drift og naturpleje, f.eks. gennem MVJ-aftaler.

De miljøvenlige jordbrugsforanstaltninger (MVJ) er en frivillig og af EU medfinansieret tilskudsordning, der administreres af amterne under instruks fra Direktoratet for FødevarerErhverv. MVJ består af en række forskellige ordninger, hvoraf nogle sigter på at reducere tabet af nærings-stoffer til vandmiljøet, mens andre har til formål at sikre pleje af beskyttede naturtyper.

Wilhelmudvalget anbefalede i 2001, at landbrugsland i ådale genoprettes til en mere naturlig tilstand. Omlægning af landbrugsland ved Ringkøbing Fjord vil således bidrage til opfyldelsen af denne målsætning. Desuden ligger tiltaget umiddelbart inden for målsætningerne i Miljøministeriets "Redegørelse om Danmarks Natur - ansvaret for at beskytte den og glæden ved at benytte den" fra oktober 2002.

Der er således ikke tale om et tiltag, der udelukkende har til formål at modvirke negative effekter af klimaændringerne. Derimod er det et tiltag, der allerede nu foretages flere steder i landet, uafhængigt af klimaeffekterne. Til gengæld kan effekterne af et ændret klima være med til at gøre tiltaget mere fordelagtigt, som det vil blive beskrevet under opstillingen af casen.

#### 4.4 Metodiske overvejelser

Den velfærdsøkonomiske værdi af omlægningen af landbrugsjord til vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord vurderes på baggrund af en cost-benefit analyse (CBA). Der foretages endvidere en budgetøkonomisk analyse af kasseeffekterne for de involverede interessenter.

Omkostninger og fordele beregnes for klimascenarierne A2 og B2. Der er ikke udført beregninger for 2-grader scenariets effekt på udvaskningen af næringsstoffer fra landbruget.

For at gennemføre denne CBA skal fordele og omkostninger ved projektet identificeres og prissættes i det omfang, det er muligt.

Tiltagets velfærdsøkonomiske omkostninger indbefatter:

- Jordrentetab
- Omkostninger forbundet med etablering af naturområderne, f.eks. omkostninger til eliminering af dræn.
- Administrationsomkostninger til hele processen.
- Samt et skatteforvridningstab, som følge af de offentlige udgifter forbundet med tiltaget.

De fordele, der vil blive taget stilling til her, omhandler en række miljøydelse, som vådområderne bidrager med (KVL, 2004):

- Næringsstoff tilbageholdelse m.m. i relation til vandløb og Ringkøbing Fjord:
  - Kvælstofreduktion
  - Fosforreduktion
  - Okkerreduktion
- Jordrente fra ekstensiv græsning og tagrørsproduktion
- Rekreative brugsværdier:
  - Forbedret jagt
  - Forbedret lystfiskeri
  - Andre rekreative aktiviteter
- Ikke-brugsværdier:
  - Eksistensværdi af forøget biodiversitet
- Sparede udgifter til dræningsanordninger, både de eksisterende anordninger og eventuelt nye til gendræning for at afbøde effekter af den øgede mængde nedbør.

Adgang til rekreative områder, landskabsæstetiske kvaliteter og biodiversitet er naturgoder, der ikke har nogen markedspris i Danmark. Enten fordi der er tale om offentlige goder, der ikke kan markedsføres, eller fordi det er naturgoder, som samfundet har besluttet, at der skal være gratis adgang til. Derfor er disse goder meget vanskelige at prissætte. Der er imidlertid tale om goder af værdi for befolkningens velfærd, hvorfor de bør tages med i vurderingen af tiltagets samlede værdi.

Det antages her, at genetableringen af vådområder ved Ringkøbing Fjord ikke ændrer på den marginale nytte, som følge af tiltagets gennemførelse. Hvis der var tale om et større antal projekter, ville der eventuelt skulle tages højde for en ændring i ligevægten, sådan at den marginale nytte reduceres efterhånden som tiltagene gennemføres.

Udgangspunktet for denne analyse er en partiel analyse med faste priser. Derfor er de afledte effekter af tiltaget ikke inkluderet i analysen. I følsomhedsanalysen gennemføres dog en vurdering af resultaternes følsomhed over for de negative afledte effekter af driftstabet i landbruget som følge af omlægningen.

#### 4.5 Opstilling af case

##### 4.5.1 Indledning

Som beskrevet ovenfor, er tiltaget i denne case ikke som sådan fokuseret på at afværge et særligt problem skabt af klimaændringerne. Derimod er her først og fremmest tale om et problem med udvaskning af næringsstoffer, som allerede er en politisk prioritet, og som kan blive forværret af effekterne af et ændret klima. Som følge heraf bliver tiltag som naturgenopretning i ådale stadig mere aktuelle, efterhånden som klimaændringerne slår igennem.

Referencescenariet i denne analyse er en situation, hvor landbruget foretager en spontan tilpasning til klimaændringerne ved at hæve markernes produktivitet, som følge af de forbedrede vækstvilkår. Det sker blandt andet ved at hæve gødskningsniveauet, hvilket i kombination med den øgede mængde nedbør øger udvaskningen af næringsstoffer fra landbruget. Set i forhold til denne referencesituation gennemføres et tiltag, der fjerner ca. 10% af denne næringsstofudvaskning.

Tiltaget vil uanset klimaændringerne fjerne 10% af udvaskningen. Derfor er naturgenopretning i ådale allerede nu i gang eller under forberedelse flere steder i landet. Forskellen er, at med en forøget udvaskning af næringsstoffer, som følge af klimaændringerne, vil tiltaget reducere udvaskningen af en relativt større mængde næringsstoffer, og vil derfor alt andet lige blive mere rentabelt som en effekt af klimaændringerne. Denne præsentation af tiltaget i relation til klimaeffekterne illustrerer, hvordan der i denne case er tale om klimaeffekternes indflydelse på et tiltag med et mere generelt sigte, der er bredere end blot effekterne af et ændret klima. Derfor adskiller tiltaget i denne case sig fra klimatilpasningstiltag, der udelukkende går på at hindre negative effekter af klimaændringerne.

Den følgende opstilling af casen lægger sig tæt op af rapporten "Økonomiske analyser af virkemidler til reduktion af næringsstofbelastningen til Ringkøbing Fjord" (Abildtrup *et al.* 2004), der indgik som bilag E i rapporten "Undersøgelser af Ringkøbing Fjord og opland", udgivet af Ringkøbing Amt i juli 2004.

Nærværende beregning består herefter først og fremmest i at belyse, hvordan klimaændringerne må forventes at ændre omkostninger og fordele i den cost-benefit analyse, der allerede er opstillet. Flere elementer i nærværende case vil dog række ud over omfanget af analysen i Abildtrup *et al.*

Indledningsvis er det vigtigt at påpege, at samtlige omkostninger og fordele beskrevet i det følgende fortjener en selvstændig undersøgelse og uddybning. Dette skyldes, at der ikke for nogen aspekter af CBA-analysen findes pålidelige data, som dækker det pågældende aspekt tilfredsstillende. Tværtimod er alle estimerede tal forbundet med store usikkerheder. Konklusionerne på de følgende afsnit om omkostninger og fordele bør således

læses med store forbehold, men dog som indikatorer for de forventede klimaeffekter.

#### 4.5.2 Afgrænsning

Analysen begrænses til at gælde for klimascenarierne A2 og B2 i år 2050 og 2100, da de centrale data for udbytte i landbruget er begrænset hertil.

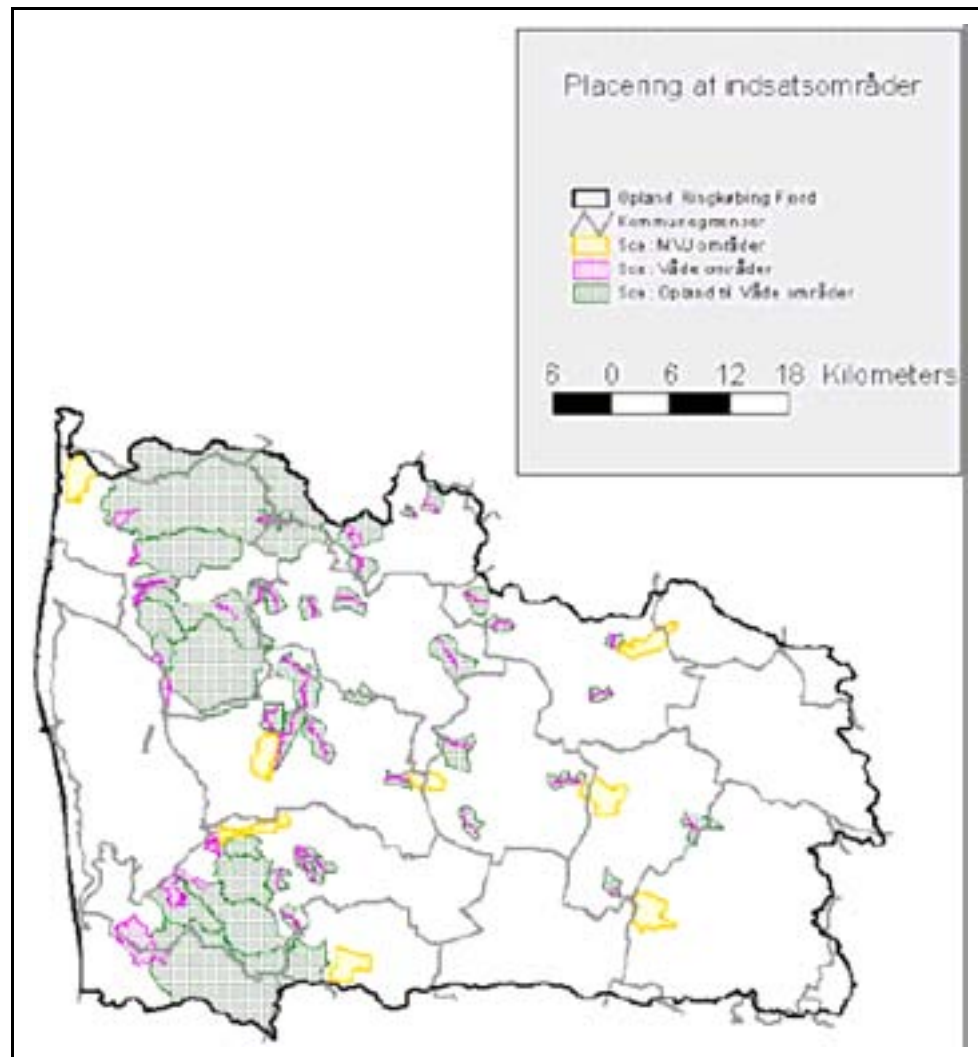
Casen begrænses til at gælde fordele og omkostninger i Danmark blandt danske statsborgere. Det vil sige, at penge-transferinger, som foregår internt i Danmark, ikke medregnes i den samfundsøkonomiske analyse, mens støtte fra EU omvendt vil tælle med. Samtidig beregnes de rekreative værdier og ikke-brugsværdier kun som værdier for danskere og f.eks. ikke værdier for udenlandske turister.

De områder, der er udpeget i Abildtrup et al. (2004) som potentielle vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord, medtages i analysen. Se områdernes geografiske placering på nedenstående kort. Det drejer sig om etablering af vådområder på 4.300 ha med et opland på ca. 70.000 ha landbrugsland.

Disse områder er udvalgt ud fra to hovedkriterier. For det første er der valgt områder, som ligger i nærheden af fjorden eller i dræned, lavtliggende områder langs de tilstødende vandløb. For det andet er de områder, der umiddelbart vil give den største reduktion af kvælstofudledning, valgt. Det vurderes, at 4.185 ha af de udvalgte 4.300 ha er landbrugsjord.



Figur 4.1: Områder udpeget til omlægning til vådområder



Kilde: Abildtrup et al. (2004)

Det antages, at landmændene kompenseres for deres tabte jord med beløb svarende til tabet af jordrente. Det vil sige, at der ikke regnes med en mulig positiv effekt af en ændret jordfordeling i forbindelse med omlægningen af de 4.185 ha.

Omkostninger og fordele beregnes i 2005-priser, og omregnes hvor nødvendigt ud fra Danmarks Statistiks nettoprisindeks.

Det antages her, at omlægningen af landbrugsland gennemføres ved indgåelse af MVJ-aftaler med de lokale landmænd. Dette har forskellige velfærdsøkonomiske og budgetøkonomiske konsekvenser, der behandles i de relevante afsnit nedenfor.

Der er udover MVJ-aftaler en række andre virkemidler til kompensation for omlægningen af landbrugsland, herunder at yde lodsejeren en engangskompensation, samt at tilbyde erstatningsjord gennem jordfordeling.

Hvis en af disse muligheder anvendes som kompensation til landmændene, vil det have anderledes velfærdsøkonomiske og budgetøkonomiske konsekvenser. Ved en ændret jordfordeling foreligger der for eksempel muligheder for at

opnå en velfærdsgevinst gennem en bedre udnyttelse af jorden. Det kan ske i det omfang, at landmændene kan kompenseres for det tabte jord med jord, der har en højere jordrente end det område, de gav afkald på.

### 4.5.3 Omkostninger

#### 4.5.3.1 Driftstab for landbruget ved udtagning

Landbrugets driftsøkonomiske udgifter beregnes som den tabte jordværdi af de arealer, der udtages til naturnære vådområder. Til bestemmelse af jordrenten bruges tal fra Abildtrup et al. (2004), som er gengivet i nedenstående tabel, der viser jordrenten for omlægningen af henholdsvis 25, 50, 75 og 100% af de 4.185 ha landbrugsjord.

Tabel 4.1: Årlige budgetøkonomiske omkostninger ved gennemførelse af vådområde projekter

Andel af det samlede område	Areal (ha)	Omkostning ved udtagning (mio. kr.)	Gns. Omkostning ved udtagning (kr./ha)
25 %	1.046	1.6	1.509
50 %	2.092	3.7	1.779
75 %	3.138	6.8	2.151
100 %	4.185	9.1	2.176

Kilde: Abildtrup et al., 2004

Det bør for det første bemærkes, at EU's landbrugsstøtteordninger er medregnet i ovenstående jordrenter. For det andet er jordrenterne baseret på den specifikke lokale situation, og de repræsenterer som sådan de bedst tilgængelige vurderinger af den for projektet relevante jordrente. Se yderligere overvejelser omkring fastsættelsen af jordrenterne i afsnit 3.3 af Abildtrup et al.

Det antages, at 100% af de 4.185 ha landbrugsjord udtages til vådområder. Hvis et mindre areal udtages, vil nettogevinsten pr. ha således stige på grund af de lavere gennemsnitsomkostninger ved udtagning. Det antages ligeledes, at landmændene kompenseres fuldt ud for deres driftsøkonomiske tab.

Som det fremgår ovenfor, forventes landbrugets produktivitet at påvirkes af to modsatrettede klimaeffekter. Generelt forventes produktiviteten at stige, som følge af længere vækstsæsoner og øgede CO<sub>2</sub>-koncentrationer i luften. Lokalt vil erosion og oversvømmelser imidlertid kunne modvirke den positive effekt. De områder, der i Abildtrup et al. er udlagt til naturområder, er netop områder, der i forvejen har problemer med sedimenttransport og for højt vandindhold. Derfor er det usikkert, hvordan jordrenten vil ændre sig i disse områder.

Det virker umiddelbart mest sandsynligt, at produktiviteten i områderne overordnet set vil falde, som følge af oversvømmelser og erosion. Der forefindes imidlertid ingen konkrete data, der kan godtgøre denne formodning. Derfor anvendes jordrenten som den er beregnet i Abildtrup et al. i den budgetøkonomiske analyse.

Den seneste landbrugsreform giver mulighed for, at jorde kan opnå enkeltbetalingsstøtte, efter at de er omlagt til ekstensivering. Dette vil reducere det budgetøkonomiske jordrentetab med 2300 kr. pr. ha. Denne ordning forventes dog ikke at kunne opretholdes for fremtidige omlægninger til ekstensiv drift og vil derfor ikke blive medregnet her.

Af afgørende betydning for fremskrivningen af jordrenten i Danmark er perspektiverne for EU's landbrugsstøtte. EU's landbrugsstøtteordninger giver alt andet lige en højere jordrente i Danmark i forhold til en situation med fri markedsfastsættelse af jordrenten. Givet retningen i forhandlingerne i EU over de seneste årtier forekommer det meget sandsynligt, at EU's landbrugsstøtte vil mindskes over de kommende årtier. Dette vil særligt have en negativ effekt på jordrenten af marginale jorde, som for eksempel drænedede marker i vådområder, hvor landbrugsstøtte udgør en relativt stor del af jordernes samlede værdi.

Alt i alt må det således forventes, at den anvendte budgetøkonomiske jordrente er overvurderet, hvilket har betydning for beregningen af statens nettofinansieringsbehov.

#### **4.5.3.2 Velfærdsøkonomiske omkostninger ved udtagning**

I Abildtrup et al. er de velfærdsøkonomiske omkostninger ved udtagning af landbrugsjorderne ikke beregnet. I forbindelse med Jordrenteprojektet har Schou og Abildtrup (2005) imidlertid udregnet jordrentetabet for arealekstensivering i landbruget. Her er der for Vestjyske jorde vurderet en budgetøkonomisk jordrente på 2239. Schou og Abildtrups budgetøkonomiske jordrente svarer til den jordrente på 2176, som Abildtrup et al. vurderer ved udtagning af 100% af de 4.183 ha landbrugsjord. Hertil svarer, ifølge Schou og Abildtrup, en velfærdsøkonomisk jordrente på 4975. Denne jordrente vil blive brugt som udtryk for det velfærdsøkonomiske tab ved udtagning af landbrugsjorden i denne case. Forskellen mellem den budgetøkonomiske og velfærdsøkonomiske jordrente skyldes først og fremmest landmændenes finansielle omkostninger ved driften i form af rentebetaling, som ikke indgår i den velfærdsøkonomiske analyse.

MVJ-aftalerne, som antages at kompensere landbrugernes jordrentetab, er delvist finansieret af EU og delvist direkte af den danske stat med 50% fra hver. I de 50% fra staten skal der i den velfærdsøkonomiske beregning indregnes et skatteforvridningstab på 0,2.

#### **4.5.3.3 Andre omkostninger**

Ud over omkostninger til compensation for tabt jordrente skal der indregnes administrationsomkostninger i forbindelse med etableringen af vådområderne og indgåelse af aftaler. I denne sammenhæng skønnes det i Abildtrup et al. (2004), at de administrative omkostninger i 2005 priser vil være en engangsomkostning på 3.560 kr. pr. ha der etableres, svarende til 15,3 mio. kr. for de 4.300 ha.

Der er stor usikkerhed omkring, hvor meget de administrative udgifter beløber sig til i forbindelse med omlægning af landbrugsland, og tallene i Abildtrup et al. er de eneste tilgængelige tal, der umiddelbart kan bruges som udgangspunkt her. De administrative omkostninger i Abildtrup et al. vurderes at være sat forholdsvis højt, og der er således tale om et konservativt skøn. Ideelt set burde der udføres en optælling af det antal landbrug, der er involveret, og et estimat for, hvor mange offentlige udgifter, der går til at administrere omlægningen pr. landbrug. En sådan undersøgelse ligger imidlertid uden for det ressource- og tidsmæssige omfang af dette projekt. Dertil kommer, at analysen er meget lidt følsom over for beløbets størrelse, idet der er tale om et engangsbeløb.

Da vådområder kræver minimal vedligeholdelse og kontrol, antages det, at der praktisk talt kun er tale om engangsomkostninger i forbindelse med etableringen af områderne. Hvis det her ud over beslutes, at der i de omlagte områder skal anlægges stier og andre anlæg, vil de udgifter og gevinster, som dette måtte generere, ligge uden for denne analyse.

I forbindelse med etableringen af Åmosen i Vestsjælland regnes med omkostninger for publikumsfaciliteter i omegnen af 4 mio. kr. for et område med en udbredelse på ca. 40% af det fulde areal i nærværende projekt (Miljøstyrelsen, 2005B). Med lignende ambitioner for publikumsfaciliteterne i oplandet til Ringkøbing Fjord kunne man forestille sig et beløb på ca. 8 mio. kr. Det beløb vil dog som nævnt ikke indgå i analysen her, da der ikke på nuværende tidspunkt er opstillet planer for investeringer i publikumsfaciliteter. Dertil kommer, at området er væsentligt mindre attraktivt som rekreativt område, som følge af at området er spredt og placeret længere fra tæt befolkede områder end Åmosen.

#### 4.5.4 Fordele

##### **4.5.4.1 Reduktion af nitratudvaskning**

Som basis-scenarium bestemmes udvaskningen af nitrat uden klimaændringerne. I Børgesen et al. (2004) er der opgivet tal for den nuværende udvaskning af nitrat i oplandet til Ringkøbing Fjord. Ud fra beregninger ved brug af Daisy-modellen forventes det, at der i dag i gennemsnit udvaskes 86 kg N/ha/år fra jorderne i oplandet til Ringkøbing Fjord. Der er ingen belæg for, at de 70.000 ha opland til de arealer, der berøres af projektet her, er væsentligt forskellige fra det generelle opland til Ringkøbing Fjord. Derfor bliver den totale nuværende udvaskning 6.020 ton N/år ( $86 \text{ kg N/ha/år} * 70.000 \text{ ha}$ ).

Dernæst skal den forøgede mængde nitratudvaskning, som følge af klimaændringerne, bestemmes for at kunne opstille et reference-scenarium. Det antages her, at landmændene udnytter det fulde potentiale af klimaændringerne, hvilket også har den effekt, at forbruget af gødning forøges. Derved udnyttes mulighederne for de produktivitetetsforbedringer, som følger af et ændret klima. Det antages yderligere, at landmændene tillades denne forøgelse af gødningsforbruget, hvilket ikke er muligt under de gældende regler.

I rapporten 'Jordbrug og klimaændringer' (Olesen *et al.*, 2004) findes de bedste vurderinger af, hvordan klimaændringerne påvirker landbrugets forbrug og dermed udvaskning af nitrat i Danmark. Vurderingerne baserer sig på modelberegninger for hvedeproduktionen i Danmark for klimascenarierne A2 og B2 i 2050 og 2100.

Olesen et al. har ud fra de givne klimascenarier modelberegnet de optimale N-niveauer, udbytter og heraf følgende N-udvaskning for forskellige jordtyper.

Tabel 4.2: Udbytter og N forbrug givet A2 og B2 kl imascenarierne

	Jordtype	A2 (2050)	B2 (2050)	A2 (2100)	B2 (2100)
Optimalt N niveau (kg N/ha)	JB1 - uvandet	34	16	52	38
	JB1 - vandet	12	1	24	14
	JB4	11	-3	24	13
	JB6	7	-3	20	8
Udbytte (t/ha)	JB1 - uvandet	1,6	0,8	3,0	1,8
	JB1 - vandet	1,3	-0,2	2,2	0,8
	JB4	1,5	0,1	2,6	1,2
	JB6	1,3	-0,2	2,2	0,7
N indhold i kerne (%)	JB1 - uvandet	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3
	JB1 - vandet	-0,2	-0,1	-0,4	-0,2
	JB4	-0,3	-0,2	-0,4	-0,3
	JB6	-0,3	-0,1	-0,4	-0,3
N udvaskning (kg N/ha/år)	JB1 - uvandet	4	3	8	6
	JB1 - vandet	9	14	15	16
	JB4	2	5	6	6
	JB6	2	5	6	6
Ændring af N i jord (kg N/ha/år)	JB1 - uvandet	-12	-17	-8	-13
	JB1 - vandet	-16	-21	-13	-17
	JB4	-18	-24	-15	-20
	JB6	-19	-25	-15	-21

Kilde: Olesen et al., 2004

Ud fra ovenstående tabel kan det beregnes, hvor meget kvælstofudvaskningen forventes at stige i oplandet til de udvalgte områder. Tabellen viser tallene for hvede med udgangspunkt i A2 og B2 i henholdsvis 2050 og 2100. De ca. 70.000 ha landbrugsjord i oplandet er alt overvejende sandjord. Jordboniteten kan derfor klassificeres i kategori JB1. Det antages, at jorderne til stadighed vil vandes for at opnå det optimale udbytte. Det vil sige, at den øgede udvaskning af nitrat (N) pr. år som følge af et ændret klima bliver:

A2 (2050):  $9 \text{ kg N/ha/år} \cdot 70.000 \text{ ha} = 630 \text{ ton N/år}$

B2 (2050):  $14 \text{ kg N/ha/år} \cdot 70.000 \text{ ha} = 980 \text{ ton N/år}$

A2 (2100):  $15 \text{ kg N/ha/år} \cdot 70.000 \text{ ha} = 1.050 \text{ ton N/år}$

B2 (2100):  $16 \text{ kg N/ha/år} \cdot 70.000 \text{ ha} = 1.120 \text{ ton N/år}$

Lagt til den nuværende udvaskning af nitrat, fås den samlede mængde udvasket nitrat i referencescenariet for de 70.000 ha i henholdsvis 2050 og 2100:

A2 (2050):  $6020 \text{ ton N/år} + 630 \text{ ton N/år} = 6.650 \text{ ton N/år}$

B2 (2050):  $6020 \text{ ton N/år} + 980 \text{ ton kg N/år} = 7.000 \text{ ton N/år}$

A2 (2100):  $6020 \text{ ton N/år} + 1.050 \text{ ton kg N/år} = 7.070 \text{ ton N/år}$

B2 (2100):  $6020 \text{ ton N/år} + 1.120 \text{ ton kg N/år} = 7.140 \text{ ton N/år}$

For at bestemme tiltagets reduktion af udvasket nitrat i forhold til referencescenariet, skal effekten ved oprettelsen af de planlagte vådområder trækkes fra ovenstående tal.

Reduktionen i nitratudvaskning som følge af oprettelsen af de foreslåede 4.300 ha vådområder er i Abildtrup et al. (2004) beregnet til ca. 8% af den samlede udvaskning fra oplandet til Ringkøbing Fjord. Hertil kommer, at der vil kunne ske en reduktion til fjorden på yderligere ca. 2% ved at lede vandet fra en række landvindingslag, umiddelbart nord for Skjern Å, ud på engene ved Skjern Å-naturprojektet, og ikke som nu direkte i Skjern Å. Den anslåede reduktion på i alt 10% dækker over store forskelle i fjernelsesrater, fra 22 kg N/ha/år til knap 1000 kg N/ha/år for de mest effektive vådområder.

Der er for fjernelsesraterne i vådområderne store beregningsusikkerheder som følge af den betydning udformningen og placeringen af projekterne har. Flere af projekterne er såkaldte oversvømmelsesområder, hvor fjernelsesraten ikke overstiger 10% af den tilførte nitrat, mens andre forslag er tænkt udformet som overrislingsprojekter med fjernelsesrater på op mod 100%.

Den biologiske produktivitet i Danmark forventes ikke kun at stige for landbrugsjorden, men også for naturområder, herunder vådenge. Derfor må optagelsen af nitrat også øges for de omlagte vådområder. Det antages her, at produktiviteten i vådområderne stiger proportionalt med produktivitetsstigningen i landbruget. Det betyder, at der stadig kan regnes med, at ca. 10% af den udvaskede nitrat fra de 70.000 ha opfanges i vådområderne på trods af klimaændringerne.

Nu kan den endelige reducerede mængde udvasket nitrat bestemmes for klimascenarierne A2 og B2 i henholdsvis år 2050 og år 2100:

A2 (2050): 10% af 6.650 ton N/år = 665 ton N/år

B2 (2050): 10% af 7.000 ton N/år = 700 ton N/år

A2 (2100): 10% af 7.070 ton N/år = 707 ton N/år

B2 (2100): 10% af 7.140 ton N/år = 714 ton N/år

Værdien af den reducerede nitratudvaskning udregnes som den estimerede alternative omkostning, der er nødvendig for en tilsvarende reduktion. Miljøstyrelsen anbefaler i forbindelse med de samfundsøkonomiske analyser af oprettelse af nationalparker at regne med en alternativ-omkostning på 29 kr. pr reduceret kg N i 2001 (Miljøstyrelsen, 2005A). Da dette er det senest tilgængelige tal, vil de 29 kr. også ligge til grund for beregningerne her.

#### **4.5.4.2 Reduktion af fosforudvaskning**

Reduktionen i fosforudvaskning vurderes for Skjern Å-projektet at være 6 kg P/ha (Dubgaard et al., 2003). Der er ikke fundet nogen særlig grund til, at dette ikke også skulle være tilfældet for dette projekt. Derfor antages det, at de omlagte vådområder uden klimaændringer kan reducere udvaskningen af fosfor med 6 kg P/ha. Det giver en samlet årlig reduktion på 26 ton P, svarende til 6 kg P/ha \* 4300 ha.

I mangel af bedre estimater, antages det, at klimaændringernes effekt på fosforudvaskning svarer til effekten på nitratudvaskning. Det samme antages at være tilfældet for reduktion af fosfor i de etablerede vådområder. Det giver følgende værdier for reduktion af fosfor for klimascenarierne A2 og B2 i henholdsvis 2050 og 2100:

A2 (2050): (665/602) \* 26 ton P/år = 29 ton P/år

B2 (2050): (700/602) \* 26 ton P/år = 30 ton P/år

A2 (2100): (707/602) \* 26 ton P/år = 31 ton P/år

B2 (2100):  $(714/602) * 26 \text{ ton P/år} = 31 \text{ ton P/år}$

I forarbejdet til VMP III overvejes omkostningen ved fjernelse af det danske fosforoverskud. Med et konservativt skøn anslås, at det i gennemsnit vil koste samfundet 20 kr. pr. kg reduceret fosforoverskud at leve op til et krav om fosforbalance i Danmark (Jacobsen et al., 2004). Dette tal vil blive anvendt som det bedst tilgængelige skøn for alternativ-omkostningen ved reduktion af fosforoverskud i oplandet til Ringkøbing Fjord.

Det er bestemt yderst problematisk at basere klimaændringernes effekt på både nitrat- og fosforudvaskning på et sæt meget simple modelberegninger baseret på forholdsvis usikre klimascenarier. Derfor skal beregningerne for nitrat og fosfor kun tages som et pejlemærke for, i hvilken retning klimaændringerne kan påvirke det opstillede scenarium.

#### **4.5.4.3 Reduktion af okkerudfældning**

Ringkøbing Amt oplyser, at udfældning af okker fra drænedede jorde er et stort problem mange steder i oplandet til Ringkøbing Fjord. Der findes ingen præcise tal for omfanget af okkerudfældningen i det berørte område. Dubgaard et al. (2003) har imidlertid et estimat for den besparede udfældning af okker som følge af Skjern Å-Projektet. Det forventes således, at den årlige okkerudfældning reduceres med 635 tons, som følge af Skjern Å-projektet.

Det kan ifølge Ringkøbing Amt med rimelighed antages, at okkerudfældningen i nærværende projektområde svarer til omfanget af problemet i området for Skjern Å-projektet. Følgelig må den reducerede mængde okker i denne case svare til reduktionen i Skjern Å-projektet i samme forhold som arealet i dette projekt svarer til arealet på 2200 ha i Skjern Å-projektet. Det giver en samlet reduktion af okkerudfældning i dette projekt på ca. 1200 tons/år  $((4.185 \text{ ha} / 2200 \text{ ha}) * 635 \text{ tons/år})$ , da det vurderes, at okkerudvaskning kun er et problem for de 4.185 ha landbrugsland af de i alt 4.300 ha udlagt til vådområder.

Det antages, at okkerudfældningen ikke påvirkes af klimaændringerne.

De alternative omkostninger for reduktion af udfældning af okker estimeres til 1,97 kr./kg i 1998 (Cowi, 1998), hvilket svarer til 2,25 kr./kg i 2004. Det vil sige, at reduktionen af 1200 tons okker pr. år har en værdi af 2,7 mio. kr./år i 2004  $(2,25 \text{ kr./kg} * 1,2 \text{ mio. kg})$ .

#### **4.5.4.4 Jordrente fra ekstensiv græsning og tagrørsproduktion**

Oksbøl Statsskovdistrikt, som har opsyn med Skjern Å-naturområde, har oplyst, at afsætningen af græsningsarealer til ekstensiv græsning er stor. Så stor, at de på nuværende tidspunkt har en venteliste på græsningsarealer. Derfor antages det, at der også for dette projekt, vil kunne udlejes arealer til ekstensiv afgræsning. Hvorvidt dette gælder på langt sigt, er det svært at sige noget fornuftigt om.

Statsskovdistriktet regner i år med en indtægt på ca. kr. 110.000 for afgræsning af ca. 1500 af de i alt 2200 ha jord, der er blevet omlagt fra landbrugsland til naturnære vådområder. Hvis det antages, at der i nærværende projekt kan afgræsses en tilsvarende andel af den omlagte landbrugsjord, vil det svare til i alt  $(1500/2200) * 4.185 \text{ ha} = 2.853 \text{ ha}$ . Hvis det ligeledes antages, at indtjeningspotentialet svarer til indtjeningen for Skjern

Å-området, vil landmændene årligt kunne tjene  $2.853/1500 * 110.000 \text{ kr./år} = 210.000 \text{ kr./år}$ .

Modsat ekstensiv afgræsning, oplyser Oksbøl Statsskovdistrikt, at indtjeningspotentialet for tagrørsproduktion er minimalt. For det første tager det meget lang tid, før de første rør kan høstes. For det andet er den forventede indtægt på længere sigt meget lille, blandt andet som følge af en stadigt stigende konkurrence fra Østeuropa, der forventes at gøre det stadigt mindre rentabelt at producere tagrør i Danmark. Derfor medtages den potentielle tagrørsproduktion ikke her.

#### **4.5.4.5 Besparede dræningsomkostninger**

Hvis landbrugsland i oplandet til Ringkøbing Fjord omdannes til vådområder, spares pumpeudgifterne til dræning af områderne samt udgifterne til vedligeholdelse af dæmninger m.m.

De tilsvarende besparelser for Skjern Å-projektet forventedes i Dubgaard et al. (2003) at ligge på 356.000 kr. pr. år. Ud fra en antagelse om, at dræningsomkostninger i de udlagte områder landbrugsland i dette projekt svarer til dræningsomkostninger for Skjern Å-projektet, kan de besparede dræningsomkostninger for dette projekt estimeres til 677.000 kr./år ( $(4.185 \text{ ha}/2.200 \text{ ha}) * 356.000 \text{ kr./år}$ ).

#### **4.5.4.6 Nedsat risiko for oversvømmelse**

Der er ikke umiddelbart nogen nævneværdig infrastruktur eller bebyggelse i området. Derfor vil den reducerede oversvømmelsesrisiko, som følge af omlægningen af landbrugsland af vådområder, ikke udgøre en væsentlig velfærdsøkonomisk fordel.

Amtet ser i øjeblikket mere detaljeret på bebyggelse og infrastruktur i området. Hvis det viser sig, at der mod forventning er væsentlige besparelser i form af en mindsket risiko for oversvømmelse i området, kan dette således medtages i en evt. fremtidig analyse.

#### **4.5.4.7 Reduktion af CO<sub>2</sub>**

I Olesen et al. (2004) vurderes det, at omlægning af landbrugsjord til vådområder kan give reduktioner i lattergasudledning og en øget kulstofbinding, men dog en stigning i metanudledningerne. Det estimeres, at omlægning af 20.000 ha kan resultere i en emissionsreduktion på 50 kt CO<sub>2</sub> ækvivalenter pr. år. Alt andet lige vil den tilsvarende reduktion for den fulde gennemførelse af dette projekt derfor være 10 kt CO<sub>2</sub>-ækvivalenter pr. år ( $4.185 \text{ ha}/20.000 \text{ ha} * 50 \text{ kt CO}_2\text{-ækvivalenter/år}$ ).

#### **4.5.4.8 Jagt**

Som følge af omlægningen vil der formenligt komme større populationer af først og fremmest fugle, der vil øge værdien af jagt i området, givet at områderne åbnes for jagt. Teoretisk set burde den øgede værdi af jagt i området indgå som en forhøjet lejeværdi af jagtrettighederne. Der findes imidlertid ikke umiddelbart nogen willingness-to-pay (WTP) -studier for tilsvarende jagtområder.

Dubgaard et al. (2003) vurderer for Skjern Å-projektområdet en vækst i jagtværdien på 250 kr./ha/år. Samtidig vurderes det i Skjern Å-projektet, at halvdelen af området åbnes for jagt.



Til sammenligning vurderes jagtværdien at stige med 100 kr./ha/år som et resultat af naturgenopretningsprojektet for den østre del af Åmosen, hvor der også er tale om en udtagning af landbrugsarealer til vådområder (Miljøstyrelsen, 2005B).

Her vil der blive taget udgangspunkt i det forsigtigere skøn fra Åmosen. For det første fordi det mere koncentrerede og højprofilerede område i Skjern Å-projektet højest sandsynligt har en højere jagtværdi end de mere spredte områder i dette projekt. Samtidig er efterspørgslen på jagtområder i det forholdsvist sparsomt befolkede Vestjylland næppe højere end på Vestsjælland, hvor Åmosen befinder sig.

Idet det antages, at halvdelen af arealet vil være egnet for jagt, kan den samlede værdi for området beregnes med udgangspunkt i en jagtværdi på 100 kr./ha/år. Dette resulterer i en samlet værdi på 215.000 kr. pr. år (100 kr./ha/år \* 2150 ha).

#### **4.5.4.9 Lystfiskeri**

Tilsvarende jagt, er der ikke foretaget WTP-studier af den øgede værdi af lystfiskeri som følge af etableringen af vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord. Der er dog lavet et survey-baseret studie for Nordisk Råd (Toivonen *et al.*, 2000), der estimerer den gennemsnitlige nettoværdi af lystfiskeri i Danmark til 616 kr./lystfisker/år. På baggrund af svarene i den pågældende survey giver Dubgaard et al. et konservativt estimat på den øgede værdi i Skjern Å-projektområdet på mindst 2,8 millioner kr. årligt.

I spørgsmålet om lystfiskeri er Skjern Å-projektet og nærværende case dog mindre direkte sammenlignelige end på andre punkter. Det skyldes, at Skjern Å-projektet indeholder tre unikke områder, hvor fiskeri er særligt attraktivt. Det drejer sig om selve Skjern Å, som er mere attraktivt at fiske i end mindre vandløb, samt en 160 ha sø og etablering af et 220 ha stort delta ved udløbet til Ringkøbing Fjord. Derfor vurderes det ikke, at det er rimeligt at lave benefit transfer fra Skjern Å-projektet i forbindelse med lystfiskeri.

Til gengæld er det samlede projektareal ca. dobbelt så stort for dette projekt i forhold til Skjern Å-projektet. Det er således ikke muligt at give et velfunderet bud på værdien af lystfiskeri her. Derfor indgår værdien af lystfiskeri kun kvalitativt i analysen.

#### **4.5.4.10 Andre rekreative værdier**

Via benefit transfer fra et WTP-studie af den rekreative værdi af Mols Bjergerområdet vurderer Dubgaard et al., at den tilsvarende værdi for Skjern Å-projektet ligger på 3,6 mio. kr. pr. år. Skjern Å-området har en unik status i Danmark, hvorfor den rekreative værdi af dette område må forventes at være væsentligt højere end værdien af de mere spredte og mindre kendte områder i dette projekt. Der vil ligesom for lystfiskeri ikke blive sat tal på værdien af de rekreative værdier ud over den markedsomsatte værdi af jagt.

#### **4.5.4.11 Eksistensværdi af forøget biodiversitet**

En omlægning af landbrugsland til vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord kan være med til at sikre overlevelsen af flere truede plante- og dyrearter i Danmark. Dertil kommer, at områderne generelt kan være med til at skabe en rigere og mere robust natur. For eksempel har ekstensivt græssede engarealer den højeste artsdiversitet i Danmark. Dette har formentlig en stor

værdi for mange danskere, selvom det ikke nødvendigvis giver mening at gætte på et tal for denne værdi.

Dubgaard et al. (2003) diskuterer muligheden for benefit transfer fra et studie af biodiversiteten i et tilsvarende område i Storbritannien. Dubgaard et al. fremkommer på dette grundlag med en samlet værdi for biodiversiteten på 2,7 mio. kr. årligt.

I forbindelse med Åmose-projektet blev der foretaget en willingness-to-pay analyse, der forsøgte at afdække den ikke markedsomsatte værdi af naturgenopretningen i Åmosen (Lundhede *et al.* 2005). Med baggrund i dette studie refereres der forsigtigt i den velfærdsøkonomiske analyse af Åmosen til en samlet nutidsværdi for den biologiske mangfoldighed, rekreativitet samt kulturhistoriske værdier på henholdsvis 113, 203 og 260 mia. kr. for tre forskellige scenarier for projektet (Miljøstyrelsen, 2005B).

Hvis værdien af nærværende projekt blot tilnærmelsesvist svarer til disse tal, vil der ikke være tvivl om, at det ud fra et velfærdsøkonomisk synspunkt vil være en god investering. Det pågældende tal er dog behæftet med store usikkerheder, og særligt de rekreative værdier må vurderes til at være væsentligt højere for Åmosen end områderne i dette projekt, pga. Åmosens beliggenhed og mere koncentrerede udbredelse. Her vil vi undlade at forsøge at værdisætte de biologiske og rekreative værdier og lade det være op til en politisk prioritering, hvilken værdi man vil tillægge dem.

#### 4.6 Vel færdsøkonomisk vurdering

For at give et overblik over de behandlede data, er de indsat i nedenstående tabel 4.3 og 4.4. I tabel 4.3 ses en oversigt over de forventede klimateffekter for klimascenarierne A2 og B2, der er relevante for naturgenopretning i vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord. Dette viser referencesituationen, dvs. det man holder tiltaget op imod. Tabel 4.4 giver et resume af tiltagets fordele og omkostninger, som de indgår i denne analyse.

Tabel 4.3: Resume af klimateffekter, dvs. referencescenariet

Klimaændring	Generel klimateffekt	Specifik klimateffekt	Kvantificeret effekt 2050	Kvantificeret effekt 2100
	Øget produktivitet i landbruget	Højere jordrente	Ingen kvantificering	
Længere vækstsæson og højere CO <sub>2</sub> koncentration i atmosfæren.	Øget produktivitet i landbruget	Øget udvaskning af nitrat	A2: 630 ton N/år B2: 980 ton N/år	A2: 1.050 ton N/år B2: 1.120 ton N/år
	Øget produktivitet i landbruget	Øget udvaskning af fosfor	A2: 29 ton P/år B2: 30 ton P/år	A2: 31 ton P/år B2: 31 ton P/år
Forøgede problemer med oversvømmelse	Nedsat produktivitet på udsatte marker	Lavere jordrente	Ingen kvantificering	

Tabel 4.4: Resume af til tagets fordele og omkostninger i 2005 priser ved gennemførelse i 2006

Omkostninger	Grundlag for udregning	Velfærds- økonomisk enhedspris	Årlige beløb i kr.	Nutidsværd i i kr.
Driftstab for landbruget ved udtagning	Tab af 4.185 ha Landbrugsland	4.975 kr./ha	20,8 mio.	343 mio.
Administrative omkostninger	Engangsbeløb ved omlægning, forhøjet med nettoafgiftsfaktor (15,3*1,17=17,9)	3.561 kr./ha	-	17,9 mio.
Skatteforvridnings- tab	20 pct. af det offentliges nettofinansieringsbeholdning og forhøjet med nettoafgiftsfaktor (92,0*0,2*1,17=21,5)			21,5 mio.
<b>Fordele</b>				
Reduktion af nitratudvaskning	10 pct. af den samlede mængde udvasket nitrat.		Fra 2006: 19,7 mio.	
	Fra 2006: 602 ton N/år	29 kr./kg N	Fra 2050: A2: 19,7 mio. B2: 20,7 mio.	A2: 296 mio.
	Fra 2050: A2: 665 ton N/år B2: 700 ton N/år		B2: 297 mio.	
	Fra 2100: A2: 707 ton N/år B2: 714 ton N/år		Fra 2100: A2: 26,7 mio. B2: 21,1 mio.	
Reduktion af fosforudvaskning	10 pct. af den samlede mængde udvasket fosfor.		2050 :	
	Fra 2006: 26 ton P/år	20 kr./kg P	A2: 0,58 mio. B2: 0,60 mio.	A2: 8,7 mio.
	Fra 2050: A2: 29 ton P/år B2: 30 ton P/år		2100: A2: 0,62 mio. B2: 0,62 mio.	B2: 8,8 mio.
	Fra 2100: A2: 31 ton P/år B2: 31 ton P/år			
Reduktion af okkerudfældning	Reduktion af 1.208 ton/år	2,3 kr./kg	2,83 mio.	46,7 mio.
Jordrente fra ekstensiv græsning	Afgræsning af 2.853 ha	73 kr./ha	0,21 mio.	4,1 mio.
Besparede dræningsomkostninger	Dræning af 4.185 ha Landbrugsland	165 kr./ha	0,69 mio.	13,4 mio.
Reduktion af metanudslip og øget kulstofbinding	10.000 ton CO <sub>2</sub> ækvivalenter	120 kr./ton	1,2 mio.	23,6 mio.
Forbedret jagt	Øget lejeværdi af jagttidighederne	100 kr./ha	0,22 mio.	3,7 mio.

Cost-benefit analysen er foretaget med udgangspunkt i en vurdering af værdien af at gennemføre omlægningen i dag. I analysen er der regnet med, at klimaændringerne, som de er beskrevet i A2- og B2-klimascenarierne, først indtræffer i henholdsvis 2050 og 2100, da vi ikke har data for den løbende udvikling af klimaeffekterne i landbruget. Det vil sige, at klimaeffekternes forøgelse af tiltagets gevinster først indregnes i analysen fra 2050. Analysen er foretaget ud fra en diskonteringsrate på 6%.

Tabel 4.5: Samlet nutidsværdi af tiltaget ved gennemførelse i år 2006

2005 priser	Klimascenarium A2	Klimascenarium B2
Nutidsværdi af de samlede gevinster	396 mio. kr.	397 mio. kr.
Nutidsværdi af de samlede omkostninger	383 mio. kr.	383 mio. kr.
Velfærdsøkonomisk nettogevinst	13 mio. kr.	14 mio. kr.

Resultaterne af analysen fremgår af tabel 4.5 ovenfor. For klimascenarierne A2 og B2 er der således et overskud på henholdsvis 13 og 14 mio. kr. i nutidsværdi i 2006, regnet i 2005-priser. Det vil sige, at naturgenopretningen alt andet lige kan betale sig. Reduktionen i udvaskning af nitrat udgør langt den største post med ca. 75% af tiltagets samlede gevinster. På omkostningssiden er det tabet af den velfærdsøkonomiske jordrente, der udgør stort set den samlede omkostning, med undtagelse af de relativt set beskedne administrative engangsomkostninger og skatteforvridningstab af kompensationen til landmændene.

I forhold til nutidsværdierne i tabel 4.4 er der i den velfærdsøkonomiske beregning bag tabel 4.5 ganget en nettoafgiftsfaktor på flere af faktorerne. Det skyldes, at den velfærdsøkonomiske værdi af de enkelte faktorer er den pris, som forbrugerne er villige til at betale inklusive afgifter. Derfor skal der indregnes en nettoafgiftsfaktor i alle de poster, der ikke i forvejen er på forbrugerpriseniveau. Det drejer sig om de offentlige udgifter til administration og til kompensation af landmændene samt skatteforvridningstab af disse. Desuden skal nettoafgiftsfaktoren indregnes i gevinsterne fra ekstensiv græsning, sparede dræningsomkostninger og reduktionen af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Græsning og dræningsomkostninger indgår begge som produktionsfaktorer i landbruget, hvorfor de endnu ikke er på forbrugerpriseniveau. Det samme gælder CO<sub>2</sub>-ækvivalenterne, der er beregnet som den kvotepris, de kvotebelagte virksomheder er villige til at betale, og som indgår som en produktionsfaktor i de pågældende virksomheder.

Værdien af reduktionen af nitrat, fosfor og okker er allerede udregnet i velfærdsøkonomiske priser. Indtægter fra jagt er beregnet som det jægerne forventes at være villige til at betale, hvorfor dette allerede er på forbrugerpriseniveau. Derfor skal der ikke indregnes en nettoafgiftsfaktor i den velfærdsøkonomiske pris for disse faktorer.

Alternativt er der desuden blevet opstillet en analyse, der vurderer situationen, hvis tiltaget først gennemføres i 2050. Værdien af at gennemføre tiltaget i 2050 er tilbagediskonteret til 2006, sådan at værdien af at vente til 2050 umiddelbart kan sammenlignes med værdien af at gennemføre tiltaget i dag. Resultatet fremgår af tabel 4.6 nedenfor.

Tabel 4.6: Samlet resultat af cost-benefit analysen ved gennemførelse af tiltaget i 2050

Tiltaget gennemføres i 2050	Klimascenarium A2	Klimascenarium B2
Nutidsværdi af de samlede gevinster	29,2 mio. kr.	30,4 mio. kr.
Nutidsværdi af de samlede omkostninger	26,7 mio. kr.	26,7 mio. kr.
Velfærdsøkonomisk nettogevinst	2,5 mio. kr.	3,7 mio. kr.

Af tabel 4.6 fremgår det, at det ikke kan betale sig at vente med at gennemføre tiltaget til, at klimaændringernes effekt er slået igennem, idet det giver en mindre nettogevinst. Det skyldes for det første, at tiltaget giver overskud allerede i dag uden klimaeffekterne. For det andet, giver det i 2050 (opgjort som nutidsværdi i 2050) større overskud at gennemføre tiltaget i forhold til at gennemføre det i dag. Men når 2050-overskuddet tilbagediskonteres til 2006

med en diskonteringsrente på 6%, bliver dette overskud så forholdsvis lille, at det bedre kan betale sig at gennemføre tiltaget nu. Med andre ord, selvom tiltaget bliver stadig mere favorabelt at gennemføre, efterhånden som klimaændringerne slår igennem, så kan det til enhver tid betale sig at gennemføre tiltaget med det samme.

Som det er blevet nævnt undervejs, er usikkerhederne for de anvendte data så store, at resultaterne af cost-benefit analysen kun kan bruges som pejlemærker for værdien af tiltaget; og dermed ikke som solide estimater for tiltagens samlede værdi.

I vurderingerne skal der som nævnt tages højde for, at fordelene ved de forbedrede rekreative muligheder, inklusive fiskeri, og værdien af den øgede biodiversitet ikke er regnet med. I andre lignende projekter er der for det første stor usikkerhed og for det andet stor forskellighed i prissætningen af de rekreative værdier og biodiversiteten. Som eksempel nævntes, at Dubgaard et al. (2003) i analysen af Skjern Å-projektet arbejder med en værdi for den biologiske mangfoldighed på 2,7 mio. årligt, hvilket med en diskonteringsrente på 6% vil give en nutidsværdi på 47 mio. kr. i 2005 priser, hvis tiltaget gennemføres i dag. Til sammenligning er de refererede tal for Åmosen en nutidsværdi på 113-269 mia. kr. for den samlede værdi af biodiversitet, rekreative muligheder og bevarelse af kulturhistoriske værdier, hvor spandet dækker over tre forskellige scenarier for udformningen af projektet.

Samtidig vil forøgede oversvømmelsesproblemer i de pågældende områder, som følge af øget nedbør, give jordrentetab, der yderligere vil påvirke cost-benefit analysen positivt. Det samme gælder, hvis EU's landbrugsordninger nedskrives eller helt afvikles over de kommende årtier. Alt i alt trækker alle disse poster resultatet i positiv retning.

Det er vigtigt at understrege, at det forventede øgede forbrug af nitrat og fosfor i reference-scenariet vil føre til en forringet miljøtilstand i recipienterne, herunder først og fremmest Ringkøbing Fjord. Etableringen af de planlagte vådområder vil afhjælpe dette problem, hvilket er afspejlet i værdien af reduktion af nitrat og fosfor. Det problem med øget nitrat og fosfor, som skabes af klimaændringerne, vil dog ikke være løst med det planlagte tiltag. Der skal således mere til for blot at bibeholde den nuværende miljøtilstand.

#### 4.7 Budgetøkonomisk analyse

Det blev antaget, at landbruget kompenseres fuldt ud for jordrente fra udtagningen af landbrugsjord. Derfor er de budgetøkonomiske poster med relevans for landbruget jagtleje, indtægter fra ekstensiv græsning samt de sparede dræningsomkostninger.

De øvrige budgetøkonomiske poster er det offentliges direkte udgifter og indtægter ved tiltaget. De er opsummeret i nedenstående tabel 4.7 for henholdsvis det scenarium, hvor tiltaget gennemføres i år 2006, og det scenarium, hvor tiltaget gennemføres i 2050.

Tabel 4.7: Fordelingseffekter (budgetøkonomiske omkostninger) udregnet som nutidsværdi i 2006 i 2005 priser

Gennemførelse af tiltag			2006 mio.kr.	2050 mio.kr.
Offentlige sektor	Kompensation via MVJ-aftaler	50 pct. af den tabte driftsøkonomiske jordrente	-76,7	-5,3
	Administration	Engangsbeløb	-15,3	-1,1
	Total		-92,0	-6,4
Landbrug	Ekstensiv græsning	Udleje af græsningsarealer	3,5	0,2
	Jagt	Udleje af jagttrettigheder	3,7	0,3
	Sparede dræn	Reducerede omkostninger	11,5	0,8
	Total		18,7	1,3

Alle poster er nutidsværdier udregnet over en uendelig tidshorisont med en diskonteringsrate på 6%, bortset fra administrationsudgifterne, der er et engangsbeløb.

I denne case spiller klimaændringerne kun ind på udvaskningen af næringsstoffer fra det omkringliggende landbrug. Da denne effekt ikke indgår i den budgetøkonomiske analyse, er analysen ens for alle klimascenarier.

Hvis klimaændringerne medfører en lavere jordrente i de lavtliggende ådalsområder, behøver landmændene mindre kompensation. Det samme ville gøre sig gældende, hvis EU's landbrugsstøtte nedjusteres eller helt udfases.

CO<sub>2</sub>-regnskabet er ikke med i den budgetøkonomiske analyse, selvom staten har en fordel af reduktionen i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Problemet er, at emissionerne ikke indgår direkte i statens budget, men kun indirekte via besparede alternativ-omkostninger. Staten kunne for eksempel vælge at spare på andre CO<sub>2</sub>-reducerende projekter, som JI- og CDM-ordningerne, og dermed opnå en besparelse på budgettet. Men staten kunne også vælge ikke at lade reduktionerne føre til besparelser af andre reduktioner. I denne situation ville staten ikke opnå en budgetøkonomisk besparelse som følge af CO<sub>2</sub>-reduktionerne.

#### 4.8 Følsomhedsanalyse

Der er foretaget følsomhedsanalyser for de følgende parametre i cost-benefit analysen, der vurderer værdien af et tiltag gennemført i dag:

1. 1% og 3% diskonteringsrente
2. Afledte effekter af tabt jordrente
3. Jordrentefald på 25 og 50%
4. Break-even jordrente
5. 8,5 kr./kg nitrat
6. Break-even jordrente for 8,5 kr./kg nitrat
7. Break-even værdi for de rekreative værdier og biodiversitet, hvis reduktionen i udvaskning af næringsstoffer og okker sættes til nul.

Ad 1.: En cost-benefit analyse foretaget med en diskonteringsrente på 3% giver et overskud på henholdsvis 49 mio. kr. og 55 mio. kr. i nutidsværdi i 2006 for klimascenarierne A2 og B2 ved gennemførelse af tiltaget i 2006. Ændringen imod et mere positivt resultat skyldes, at alle fordelene er løbende årlige poster, hvorfor resultatet trækkes i positiv retning desto lavere en diskonteringsrente, der anvendes. Med en diskonteringsrente på 1% er det

velfærdsøkonomiske overskud ved gennemførelse i 2006 hhv. 123 og 144 mio. kr. for de to klimascenarier.

Ad. 2.: Omlægning af landbrugsarealer til naturgenopretning vil have en negativ konsekvens for omsætningen og beskæftigelsen i både den primære produktion, i forarbejdningserhverv som mejerier og slagterier, samt i serviceerhverv som reparation og landbrugsservice. I det følgende undersøges det, om resultatet af analysen er følsomt over for, hvorvidt de afledte effekter indregnes. Det antages, at den procentvise fordeling mellem arealanvendelse af forskellige bedriftstyper i Ringkøbing Amt følger fordelingen blandt de omlagte jorde i denne case. Det antages videre, at den afledte effekt er forsvundet efter et halvt år, efterhånden som personer, der har mistet deres arbejde som en konsekvens af omlægningen, finder anden beskæftigelse og produktionen indpasser sig efter de nye vilkår. Som det fremgår af nedenstående tabel 4.8, har de enkelte typer af bedrifter forskellige afledte økonomiske effekter, hvor effekterne af husdyrbrug er langt mere omfattende end for planteavl. Tabellen viser de afledte effekter af driftstab i landbruget, og er udarbejdet på baggrund af tal fra Statistikbanken.dk og FOI.

Tabel 4.8: Afledte effekter af driftstab i landbruget

Bedriftstype	Andel af samlet landbrugsareal i Ringkøbing Amt	Estimeret areal i denne case	Dyreenheder pr. ha i Ringkøbing Amt	Arlige afledte effekter pr. 1000 ha pr. dyreenhed	Afledt effekt over et halvt år
Kvæg	31 %	1300 ha	1,61	8 mio. kr.	8,4 mio. kr.
Svin	30 %	1260 ha	1,83	15 mio. kr.	17,2 mio. kr.
Andre husdyr	4 %	170 ha	1,74	8 mio. kr.	1,2 mio. kr.
Planteavl	34 %	1420 ha		3 mio. kr.	2,1 mio. kr.
I alt	99%	4150 ha			28,9 mio. kr.

Kilde: Statistikbanken.dk og Fødevareøkonomisk Institut

Den negative afledte effekt af omlægning af landbrugsland ligger ifølge denne udregning på 28,9 mio. kr. i nutidsværdi i 2006. I fortolkningen af resultatet skal der imidlertid tages højde for flere alvorlige usikkerheder ved at beregne de afledte effekter. For det første er der i høj grad tale om omlægningen af marginale jorde, hvis produktivitet må forventes at ligge lavere end gennemsnittet for Ringkøbing Amt. For det andet, er der ikke regnet på de positive afledte effekter, som øget turisme og det at området generelt bliver mere attraktivt at leve i. Der findes ikke datamateriale, der kan lægges til grund for egentlige beregninger af disse effekter, men begge vil modvirke de negative afledte effekter.

Ad. 3.: Resultatet af cost-benefit analysen bliver med de givne data neutral ved en velfærdsøkonomisk jordrente på ca. 5170 kr./ha, set i forhold til den anvendte velfærdsøkonomiske jordrente på 4975. Det vil sige, at jordrenten kun skal stige med ca. 4%, før tiltaget ikke giver overskud. Dertil skal siges, at det er mere sandsynligt, at jordrenten er overvurderet end undervurderet på grund af de negative effekter af øget nedbør for landbrug i ådale. Samtidig vil jordrenten skulle stige endnu mere for at opnå en break-even situation, hvis priser for de rekreative værdier og biodiversiteten indregnes i analysen.

Ad. 4.: Jordrenten er som nævnt flere steder sandsynligvis overvurderet i analysen som følge af, at der i høj grad er tale om marginale jorde, hvis produktivitet yderligere vil blive nedsat, som følge af den forventede øgede nedbør. Derfor vurderes her effekten af, at jordrenten er overvurderet med henholdsvis 25 og 50%. Ved en nedjustering af jordrenten på 25% giver

analysen et overskud på 99 og 100 mio. kr. i nutidsværdi i 2006 i 2005-priser for henholdsvis scenarium A2 og B2 ved gennemførelse af tiltaget i 2006. De tilsvarende resultater for en analyse med en 50% nedjustering er 185 og 186 mio. kr.

Ad. 5.: Reduktionen af nitratudvaskning udgør langt den største fordel af tiltaget med ca. 75% af de samlede prissatte fordele. Derfor bliver resultatet meget følsomt over for prissætningen af reduktion i udvaskning af nitrat. Miljøstyrelsen (2005A) anbefaler en følsomhedsanalyse, hvor værdien af nitrat nedsættes fra 29 til 8,5 kr./kg, hvilket er et estimat for det billigst mulige alternative tiltag til reduktion af nitrat frem for et gennemsnitligt estimat af alternativ-omkostningerne. Med denne ændring giver analysen et underskud på 196 mio. kr. i nutidsværdi for begge klimascenarier.

Ad. 6.: Hvis der findes alternativer, hvor nitratudvaskningen kan reduceres for 8,5 kr./kg, skal den velfærdsøkonomiske jordrente i nærværende projekt falde til ca. 2130 kr./ha, for at cost-benefit analysen igen giver overskud.

Ad. 7.: Hvis skyggepriserne på nitrat, fosfor, okker og CO<sub>2</sub>-reduktionerne alle sættes til nul, giver analysen et underskud på 362 mio. kr. i nutidsværdi i 2006. Dermed skal de rekreative værdier og biodiversiteten have en samlet værdi på mindst 22 mio. kr./år ved en diskonteringsrente på 6%, hvis disse værdier alene skal gøre tiltaget velfærdsøkonomisk rentabelt.

#### 4.9 Sammenfatning

Højere gennemsnitstemperaturer og deraf følgende længere vækstsæsoner samt højere CO<sub>2</sub>-koncentrationer i luften vil medføre højere produktivitet i landbruget, hvis det antages, at landbruget tilpasser sig klimaforandringerne. Den højere produktivitet vil have et højere optimalt gødskningsniveau. Samtidig vil højere temperaturer og mere koncentreret nedbør formentlig forøge udvaskningen af næringsstoffer fra landbruget. Dette udfordrer målsætningerne i Vandmiljøplan III.

Den mere koncentrerede nedbør vil på den anden side også betyde flere problemer med oversvømmelser og erosion i lavtliggende områder i ådalene.

Et af de mest omkostningseffektive tiltag til reduktion af landbrugets udvaskning af næringsstoffer er omlægning af landbruget i ådalenes vådområder til naturområder med ekstensiv drift og naturpleje. Samtidig kan et sådant tiltag være med til at modvirke de formodede øgede problemer med oversvømmelse og erosion i disse områder.

For at vurdere den velfærdsøkonomiske værdi af dette tiltag blev der gennemført en cost-benefit analyse af naturgenopretning i vådområder i oplandet til Ringkøbing Fjord på et 4.300 ha stort landbrugsareal med et opland på ca. 70.000 ha landbrugsland. Først blev der opstillet en referencesituation, der viser den formodede øgede kvælstofudledning fra landbruget. Dernæst vurderedes alle tiltagets omkostninger, der inkluderer landbrugets driftstab ved udtagning af landbrugsarealer, administrative omkostninger samt skatteforvridningstab forbundet med udgifter afholdt af det offentlige.

Fordelene indbefatter på den anden side en række miljødelser i form af reduktioner i udvaskning af nitrat og fosfor fra oplandet og fjernelse af



okkerudfældning fra de tidligere dræned landbrugsjorde samt indtægt fra ekstensiv græsning og jagt fra dele af de omlagte arealer. Samtidig giver tiltaget en reduktion af metanudslip og kulstofbinding og dermed reduktion af CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Endeligt har de forbedrede, rekreative muligheder og forøgelsen af områdets biodiversitet en værdi i sig selv, men mangel på data gør, at disse fordele ikke er blevet prissat i analysen.

Der er blevet foretaget to analyser. En hvor tiltaget gennemføres i dag i år 2006, og en, hvor der ventes til de analyserede klimaeffekter slår igennem i 2050. Resultatet af gennemførelsen i 2050 er tilbagediskonteret til 2006, sådan at resultaterne viser, om det i dag bedst kan betale sig at gennemføre tiltaget eller at vente.

Konklusionen på baggrund af cost-benefit analysen er, at tiltagets samlede værdi er positivt for både A2- og B2-klimascenarierne, hvis tiltaget gennemføres i år 2006. Endvidere er resultatet positivt i nutidsværdi i 2006, om end kun svagt, hvis tiltaget først gennemføres i 2050. Det kan således ikke betale sig at vente med at gennemføre tiltaget til 2050 i forhold til at gennemføre det i dag. Disse konklusioner vil yderligere bestyrkes, hvis der medtages en værdisætning af de forbedrede, rekreative muligheder og den øgede biodiversitet, idet overskuddene vil blive større.

For den budgetøkonomiske analyse blev det antaget, at landmændene kompenseres fuldt ud for deres driftstab. Dertil kommer, at landbruget får en mindre nettogevinst i form af besparede dræningsomkostninger, udlejning til ekstensiv græsning, samt mulighed for at sælge jagtrettighederne dyrere. Landbrugets sparede omkostninger for dræning af de omlagte jorde samt øgede indtægter fra udleje af ekstensiv græsning og jagtrettigheder giver landmændene en budgetøkonomisk nettogevinst på 18,7 mio. kr., beregnet som nutidsværdi i 2005-priser og ved gennemførelse af tiltaget i 2006.

Det antages, at tiltaget gennemføres via MVJ-ordningen, hvor finansieringen deles ligeligt mellem staten og EU. Nutidsværdien af compensationen er ca. 153 mio. kr. over en uendelig tidshorisont, hvilket vil give en udgift for staten på ca. 77 mio. kr. i nutidsværdi i 2006 i 2005-priser, hvis tiltaget gennemføres i dag, og 5,3 mio. kr. i nutidsværdi, hvis tiltaget gennemføres i 2050. Dertil kommer statens administrative omkostninger ved tiltagets gennemførelse. Den samlede udgift for staten er opgjort til 92 mio. kr. og 6,4 mio. kr. i nutidsværdi i 2006 for gennemførelse af tiltaget i henholdsvis 2006 og i 2050.

Følsomhedsanalysen viste at, enhver diskonteringsrente under de anvendte 6% vil give et mere positivt resultat for gennemførelse af tiltaget i 2006. På grund af de forventede, øgede problemer med oversvømmelse i lavtliggende områder, som dem, der ses på her, forekommer det sandsynligt, at jordrenten i denne analyse er overvurderet. Nedjusteringer af jordrenten på henholdsvis 25 og 50% vil ved gennemførelse af tiltaget i 2006 give overskud i størrelsesordenen 100 og 186 mio. kr. i nutidsværdi i 2006.

Værdien af udvaskning af nitrat udgør ca. 75% af de prissatte fordele, hvorfor analysens resultater er meget påvirkelige af tilstedeværelsen af billigere alternativ-omkostninger på nitrat, der ligger under de her anvendte 29 kr./kg. Endeligt er analysen følsom over for de negative, afledte effekter for den lokale økonomi, som en konsekvens af den tabte omsætning i landbruget.

## 5 Case 2: Skovbrug – Rødgran

Skovbruget er kendetegnet ved at have en lang investerings- og tidshorizont. Det betyder, at de strategiske og planmæssige beslutninger, der tages i dag, vil have effekt de næste 60-150 år, afhængig af træartsvalg med mere. Derfor er det allerede nu relevant at forholde sig til konsekvenserne af klimaændringerne for de danske skove.

### 5.1 Indledning og Baggrund

20% af Danmarks areal skal være dækket af skov i år 2080, og arealer, der i dag er skovdækket, skal også være det i fremtiden. Det er dyrt at anlægge skov, og idet investeringen er bundet i en lang periode, er det alt andet lige ikke rentabelt at anlægge bevoksninger, der allerede i dag har ringe mulighed for at overleve til optimal omdrift<sup>1</sup>. Derfor bør der sigtes mod at skabe skove, der så vidt muligt kan modstå de forventede klimatiske udfordringer og forrente den investerede kapital.

De forventede klimaændringer vil ifølge internationale undersøgelser generelt have en positiv effekt på skovbruget i det nordlige Europa, idet de fleste produktionstræarter får bedre vækstbetingelser (EUFORGEN 2006). Samtidig er der væsentlige negative effekter i form af øget risiko for stormfald og nedsat sundhed. Klimaændringer med flere og kraftigere storme vil øge risikoen for stormfald. Og mildere vintre, tørrere somre og højere gennemsnitstemperatur kan medføre forringet tilvækst, kvalitet og mængde af vedproduktion, nye arter af skadesvoldere samt øget omfang af skovdød for mindre tilpasningsdygtige arter. Hvor stor en effekt klimaændringerne får på de danske skove afhænger af de klimatiske faktorerers påvirkning af træernes vækst i relation til jordbund, træart og race, alder, omdrift osv. Denne risiko kan imødegås ved valg af stabile træarter og ved at skabe skove med robust struktur.

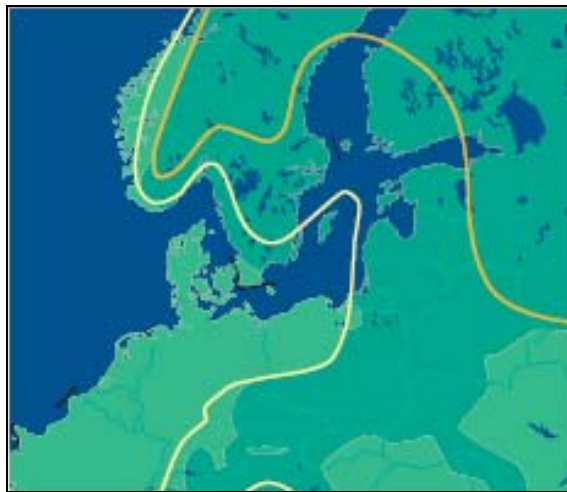
Der findes i dag ikke præcise undersøgelser vedrørende korrelationen mellem de forventede klimaændringer og de direkte effekter heraf. Negative effekter af klimaændringerne forventes i Danmark primært i forhold til et antal nåletræarter, især rødgranen, der i dag dækker 28% af det danske skovareal. Rødgranen har de senere årtier vist tegn på stress, og er særligt udsat i forbindelse med storme. Rødgranens sydøstlige vækstgrænse findes allerede i dag umiddelbart øst og nord for Danmark, hvilket er en del af forklaringen på artens problemer i forbindelse med de herskende vækstbetingelser, jf. figur 5.1 på næste side.

Med de forudsete klimaændringer vil vækstbetingelserne for rødgran forværres yderligere, idet vækstgrænsen forskydes mod nord. Modsat rødgranen har mange af de i Danmark anvendte løvtræarter deres nordlige udbredelse umiddelbart nord for Danmark. Denne grænse vil med de forudsete klimaændringer rykke yderligere mod nord, og Danmark vil således rykke længere ind i området med gode vækstbetingelser for løvtræarterne.

---

<sup>1</sup> Omdrift er udtryk for en bevoksnings levetid fra den anlægges til træerne fældes.

Figur 5.1: Rødgranens naturlige udbredelse



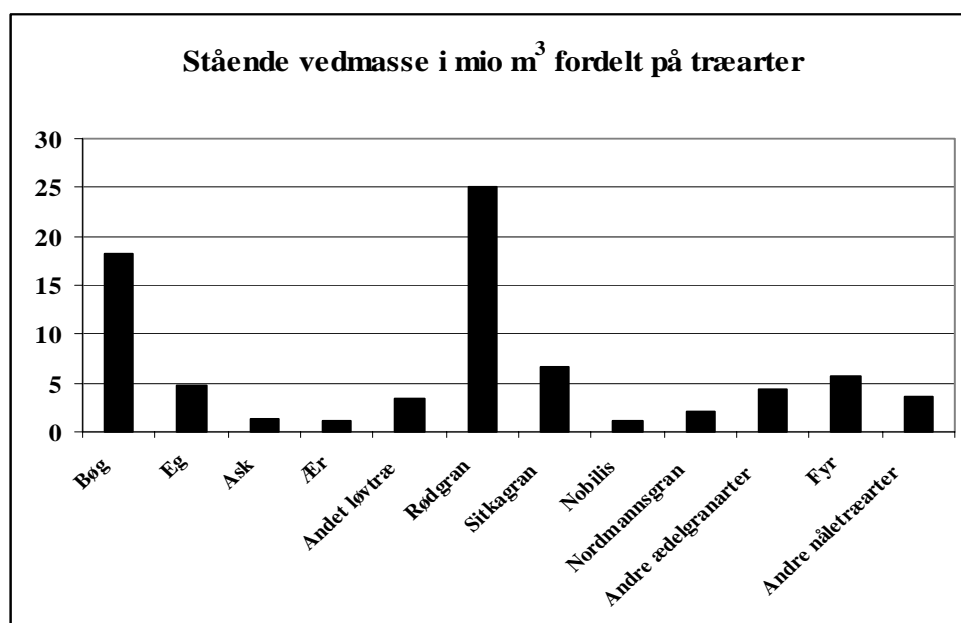
Note: Rødgran har brug for kolde vintre, og dens naturlige vækstområde følger nogenlunde en temperaturgrænse for januar på  $-2^{\circ}\text{C}$ . Hvis temperaturen f.eks. stiger  $4^{\circ}\text{C}$ , vil grænsen kunne flytte sig til den nuværende  $-6^{\circ}\text{C}$ -linie. Det naturlige vækstområde ligger således allerede nu uden for Danmark. (Ibsen *et al.* 2004 efter (Larsen 1997)).

Nåletræarter som sitkagran og douglasgran har ikke de samme problemer i forbindelse med de forudsete temperaturstigninger som rødgran, men vil få bedre vækstbetingelser på linie med den generelle tendens hos løvtræarterne. Sitkagranens store genetiske variation og tilpasningsevne vil endvidere være en værdifuld ressource i fremtidens skovudvikling. Til gengæld vil disse nåletræarter også få større problemer med stormfald.

## 5.2 Afgrænsning

De forventede klimaændringer vil især forværre vækstbetingelserne for rødgran, som aktuelt udgør over  $\frac{1}{4}$  af det danske skovareal og  $25,1 \text{ mio. m}^3$  af den samlede vedmasse på  $77,9 \text{ mio. m}^3$  i de danske skove (Larsen og Johannsen 2002), jf. figur 5.2. Der opstilles derfor en case, som behandler de forudsete klimaændrings effekt på driften af rødgran.

Figur 5.2: Stående vedmasse fordelt på arter, m<sup>3</sup>



Kilde: Larsen og Johannsen 2002.

Danmark har allerede foretaget en strategisk tilpasning til klimaændringerne på skovbrugsområdet ved en planlagt ændring i driften i statsskovene til naturnær skovdrift, som primært er baseret på løvtræarter. I casen forudsættes, at rødgranarealet konverteres til denne type skovdrift for at imødegå klimaændringerne.

Det klimatilpasningstiltag, der vurderes i casen, er konvertering af skov bestående af ren rødgran til naturnær skovdrift. Casen beskæftiger sig ikke med et specifikt geografisk område, men rødgransarealer generelt i Danmark. Analysen er generisk i den forstand, at den gælder for både stats- og privatejet skov. For staten er analysen interessant i forhold til, hvorvidt den allerede planlagte konvertering af offentlig skov bør fremrykkes som følge af klimaændringerne; mens analysens resultater er interessante i vurderingen af de økonomiske incitamenter for konvertering af de private skove. Det vurderede tiltag præciseres yderligere i afsnit 5.5.

### 5.3 Klimaændringer og forventede effekter

Især fire klimaændringer er af negativ betydning for rødgranen i det danske skovbrug. Klimaændringerne består i flere og kraftigere storme, mindre sommernedbør, mildere vintre og højere gennemsnitstemperatur. Stormfald vil destabilisere bevoksninger og være årsag til, at investeringer ikke føres til ende, idet skoven falder eller ødelægges af storm før endt omdrift. De resterende sundhedsrelaterede klimafaktorer medfører stres i rødgranens vækst, dårligere vækstforhold og evt. svækket vitalitet, med øget effekt af skadevoldere til følge.

Overordnet set medfører effekterne af klimaændringerne kortere omdrift, enten på grund af stormfald eller fordi omdriften fremskyndes, da bevoksningerne falder fra hinanden på grund af udtørring, anden svækkelse

eller skadevoldere, og skoven vil blive fældet for at undgå, at investeringen går helt tabt.

Klimaændringerne vil medføre ustabile skove på arealer med monokultur af rødgran. Mindre sommernedbør, mildere vintre og højere gennemsnitstemperatur vurderes samlet at få negative konsekvenser for rødgranens vitalitet og overlevelse. Disse effekter er imidlertid mere langsigtede end effekten af stormfald, og er ikke inddraget i analysen pga. manglende data. Analysen ser således kun på konsekvenserne af forhøjet risiko for stormfald som følge af flere og kraftigere storme.

#### 5.4 Status for dansk skovbrug

De senere årtiers udvikling, såvel globalt som på europæisk og nationalt plan, har ændret forholdene for dansk skovbrug markant. Driften er blevet dyrere, indtægterne mindre og tidligere tiders forholdsvis intensive drift er ikke længere rentabel. I kombination med, at andre end skovens rent produktionsmæssige værdier er kommet i fokus, har udviklingen medført en ændring i skovbrugets driftskoncept.

Siden 2005 har statskovene således været drevet efter det naturnære skovbrugs principper, der udnytter naturens egne processer, bygger på blandede og uensaldrede bevoksninger, og skaber fleksibilitet og spillerum i det lange perspektiv. Konverteringen af driften sker efter Handlingsplan for naturnær skovdrift (Miljøministeriet, 2005a). Det betyder, at statskovene i takt med omdriften omlægges til blandingskov primært bestående af løvtræarter.

Driften af privat skov giver i Danmark i gennemsnit et driftsøkonomisk underskud på 300-400 kr./ha/år. Til trods for dette, og de voldsomme stormfald i det seneste årti, har de private skovejere tilsyneladende ikke ændret handlingsmønster på lige fod med de statslige skove. Relevante tilpasninger vil typisk omfatte konvertering til mindre intensive former i form af naturnær drift, når afkastet af driften betinger det eller f.eks. stormfald fremprovokerer det.

Den manglende spontane konvertering af de private rødgranarealer skal ses i forbindelse med, at prisen på skov er stigende på trods af den forringede driftsøkonomi. Således ligger prisen på skov i dag på omkring 120.000 kr./ha (Dansk Skovforening 2006). Investering i skov må således være betinget af andre faktorer end blot den driftsøkonomiske rentabilitet.

I forbindelse med de senere års stormfald er indsatsen med hensyn til tilplantning med skov støttet gennem forskellige tilskudsordninger. Statskovene har fået økonomisk støtte fra EU til genplantning efter stormskaderne. Denne økonomiske støtte finansierer ca. 50% af udgifterne i forbindelse med tilplantning med løv (Skov- og Naturstyrelsen 2006).

Med hensyn til stormfald har der også været ydet tilskud til private skovejere, der inden 31. august 2001 tegnede en basisforsikring mod stormfald. Tilskud efter denne ordning medførte, at arealet efter tilplantning fik tinglyst fredskovspligt (Skov- og Naturstyrelsen 2006).

Tilskudsordninger og handlingsplaner afspejler, at der allerede i dag er truffet en beslutning om at tilpasse dele af de danske skove til en øget naturnær skovdrift.

## 5.5 Spontane tilpasninger og planlagte tiltag

Det klimatilpasningstiltag, der vurderes i casen, er som beskrevet konvertering fra rødgran i monokultur til naturnær skovdrift. Baggrunden er, at arts- og strukturvarierede skove drevet efter naturnære principper forventes at være langt mere robuste over for klimaændringer end skove, hvor driften er baseret på ensaldrende monokulturer. Dels vil der i højere grad anvendes stabile løvtræarter eller bedre tilpassede nåletræarter, dels vil en blandingsskov med varierede strukturer i sig selv være mere modstandsdygtig over for klimaændringer.

En blanding af træarter vil således indebære en risikospredning i forhold til forskellige klimapåvirkninger, og ved at have store og små træer på samme areal vil der ved stormfald blandt bevoksningens store træer være en ny generation på vej, som hurtigt kan danne ny skov.

Det er overvejende sikkert, at konvertering til naturnær skovdrift gør skovene mere stabile over for klimapåvirkninger. Der mangler imidlertid erfaringsdata for omkostningerne til løbende drift af en naturnær skov, den optimale drift af en sådan skov, hvilke effekter der kan hentes ud, med hvilke vedkvaliteter og så videre.

Nuværende analyser af naturnær skovdrift tager derfor udgangspunkt i eksisterende datagrundlag og tilvækstmodeller for skovbruget, der er baseret på ensaldrede og til dels ensartede bevoksninger, som er udtryk for tidligere tiders tradition for kontrolleret, skemalagt skovdrift og -dyrkning.

I det følgende præciseres, hvilke spontane og planlagte klimatilpasningstiltag, der allerede er iværksat i henholdsvis det private og statslige danske skovbrug.

### 5.5.1 Spontane klimatilpasninger

De private skovejere har endnu ikke indledt en spontan tilpasning – dvs. en ikke centralt planlagt – konvertering fra rødgran til naturnær skovdrift på trods af den stadig ringere driftsøkonomi. Effekterne af et ændret klima vil som beskrevet yderligere forringe driftsøkonomien for rødgran i monokultur og derved øge incitamentet for konvertering af de private skove. De fysiske effekter er dog endnu ikke slået voldsomt igennem og forventes først for alvor at gøre det om ca. 30 år (EUFORGEN 2006).

To-tredjedele af det eksisterende rødgranareal er privatejet og spørgsmålet er, hvad der skal til, for at disse arealer konverteres til en driftsform, der er stabil i forhold til de forventede klimaændringer.

### 5.5.2 Planlagte tiltag

En driftsøkonomisk analyse kan vurdere det private incitament for at gennemføre en spontan tilpasning. Samtidig vil en velfærdsøkonomisk analyse kunne vurdere, om der er en velfærdsøkonomisk nettogevinst ved at gennemføre tilpasningerne. Hvis konverteringen giver et velfærdsøkonomisk overskud, men de private skovejere ikke gennemfører en spontan tilpasning, så

kan det vurderes, om det offentlige burde fremme en konvertering i form af et planlagt tiltag. Som tidligere nævnt er skovdrift ikke nødvendigvis styret af økonomiske faktorer, hvorfor en spontan tilpasning ikke kun afhænger af økonomiske incitamenter.

Statsskovene har med Handlingsplan for naturnær skovdrift (Miljøministeriet, 2005) allerede i dag valgt at drive skovene efter naturnære principper, og derved allerede vedtaget et planlagt klimatilpasningstiltag. Det er dog væsentligt, om denne konvertering bør fremrykkes som en yderligere planlagt tilpasning til klimaændringerne af de offentlige skove.

Mens det interessante i forhold til de spontane tilpasninger er, hvorvidt de private skovejere har et øget økonomisk incitament til at konvertere, så drejer vurderingen af planlagte tiltag sig således om, i hvor høj grad det offentlige bør fremme en privat konvertering og fremskynde den allerede påbegyndte offentlige konvertering for at tilpasse rødgranskovene til et ændret klima.

## 5.6 Opstilling af case

Der ses ikke på noget specifikt geografisk område, men på drift af rødgran generelt i Danmark.

I 2000 udarbejdede Bo Jellesmark Thorsen og Niels Strange, KVL, analysen ”*Økonomisk vurdering af en konvertering til naturnær skovdrift*” (Thorsen og Strange, 2003). I deres analyse vurderes en række modeller for naturnært skovbrug og konvertering fra traditionelt monokulturelt til naturnært skovbrug. Nærværende case tager udgangspunkt i dette tidligere arbejde, med den væsentlige ændring, at stormfaldsrisikoen ændres som effekt af klimaændringerne.

Basis-scenariet (dvs. fremskrivning uden klimaeffekt) for analysen udgøres således af Thorsen og Stranges beregninger for rødgran fra år 2000. Reference-scenariet (dvs. fremskrivning med klimaeffekt) udgøres af en øget stormfaldsrisiko indregnet i basis-scenariet. Referencescenariet er det scenarium, som tiltaget – i dette tilfælde konvertering til naturnær skov – holdes op imod. Værdien af at konvertere fra rødgran til naturnær skovdrift vurderes i forhold til værdien af at fortsætte med reference-scenariet.

Analysen deles op i to dele. For det første foretages en driftsøkonomisk analyse af forskellige muligheder for at omlægge rødgranarealer til naturnær skov. Analysen vil vurdere det økonomiske incitament for at gennemføre spontane tilpasninger til effekterne af et ændret klima. Resultatet af analysen afhænger af den jordkvalitet det enkelte skovområde befinder sig på. Derfor opdeles analysen på tre forskellige jordkvaliteter, henholdsvis dårlige, middelgode og gode jorder, for at give et mere nuanceret billede af, hvordan det ud fra et driftsøkonomisk perspektiv bedst kan betale sig at foretage konverteringen.

For det andet foretages en vurdering af den velfærdsøkonomiske værdi af at gennemføre konverteringen. Denne velfærdsøkonomiske analyse vil inddrage de goder ved konverteringen, der ikke er indeholdt i den driftsøkonomiske analyse. Det drejer sig om de forbedrede rekreative værdier og øget biodiversitet, der følger af konverteringen fra monokulturel til naturnær skovdrift.

Den driftsøkonomiske såvel som den velfærdsøkonomiske analyse er relevant for både private og statslige skove, men på forskellig måde. For de private skove er spørgsmålet for det første, om og i så fald, i hvilken form skovejere har et driftsøkonomisk incitament til at konvertere. For det andet, om det offentlige ud fra en velfærdsøkonomisk betragtning bør fremme konverteringen af de private skove. For de offentlige skove er spørgsmålet om den i 2005 allerede vedtagne plan for konvertering af de danske statsskove bør fremskyndes som følge af klimaændringerne.

Med andre ord kan den driftsøkonomiske analyse give et indblik i, hvilket økonomisk incitament skovejere har for at foretage en spontan konvertering fra rødgran til naturnær skov, givet en øget stormfaldsrisiko og afhængigt af jordkvaliteten. Den velfærdsøkonomiske analyse kan vurdere, om der er forbundet en velfærdsøkonomisk gevinst ved at foretage konverteringerne, og således om der er et økonomisk argument for at fremme og fremskynde konverteringen gennem et centralt, planlagt tiltag.

### 5.6.1 Metode

Der gennemføres en cost-benefit analyse af forskellige tilgange til at konvertere det danske rødgranareal til naturnær skovdrift for at imødekomme klimaændringerne. Cost-benefit analysen er opdelt i en driftsøkonomisk analyse af tiltagets privatøkonomiske værdi, og dernæst en velfærdsøkonomisk vurdering af tiltagets værdi for hele samfundet.

De driftsøkonomiske beregninger foretages på baggrund af et større modelapparat baseret på såvel Skovøkonomisk tabelværk som eksisterende skovdyrkningsmodeller samt priser og omkostninger på år 2000-niveau.

De danske skove består i dag primært af ensaldrede og ensartede bevoksninger. Den naturnære skov har i modsætning hertil mange arter med forskellige aldre. I den driftsøkonomiske analyse vurderes i forhold til et varieret udvalg af lokaliteter og jordbundstyper, hvilken strategi til konvertering fra det ensaldrede, ensartede skovbillede til det uensartede, varierede naturnære skovbillede, der er mest rentabelt ud fra en driftsøkonomisk betragtning.

### 5.6.2 Data

#### **5.6.2.1 Jordkvalitet**

De tre forskellige jordkvaliteter, god, middelgod og dårlig er baseret på målet for jordkvalitet, bonitet, som måles i en skala fra 1-5. Bonitet 1 er den bedste jordkvalitet og svarer her til betegnelsen 'god jord'. Som mål for den såkaldte 'middelgode jord' er anvendt bonitet 3, mens 'dårlig jord' svarer til bonitet 4. Jordkvaliteten afspejler jordens produktionsevne. Således har god jord større ydeevne og producerer mere over en kortere tidshorisont end en dårligere jord. Udbyttet kan således hentes ud tidligere på gode end dårlige jorde.

Af det samlede rødgranareal på ca. 132.000 ha er ca. 105.000 ha beliggende på magre (dvs. middelgode og dårlige) jorde i Vest- og Nordjylland, mens kun ca. 27.000 ha findes på øerne på fortrinsvist gode jorde. Fordelingen af rødgran på de forskellige jordkvaliteter er ikke tilgængelig, men der er en tendens til, at rødgran findes på dårlige og mellemgode lokaliteter, primært i Vestjylland, mens kun en lille andel af det samlede rødgranareal findes på gode jorde.



### 5.6.2.2 Driftsøkonomiske data

Nedenfor er vist to eksempler på omsætningsbalancer for hhv. rødgran og bøgeselvfor yngelse på et areal med god jordkvalitet (Thorsen og Strange 2003). Som det fremgår ved sammenligning af tabel 5.1 og tabel 5.2 foretages hovedskovningen af rødgran væsentligt tidligere end det er tilfældet for bøgeskoven, dvs. rødgran har kortere omdrift og kortere investeringshorisont end bøgedriften.

Tabel 5.1: Omsætningsbalance for rødgrandrift på gode jorde.

Tyndinger	År fra etablering af bevoksning								
	4	5-10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79
Kulturomkostning, 1000 kr.	24,5	4,1	0						
Masse, m <sup>3</sup>			60	127	159	161	154	138	122
Diameter, cm			8	12	18	26	34	42	50
Pris, kr. pr. m <sup>3</sup>			-9	23	67	107	134	149	148
Indtægt, 1000 kr.	-24,5	-4,1	-0,6	2,9	10,6	17,2	20,6	20,5	18,1
<b>Hovedskovning</b>				30	40	50	60	70	80
Masse, m <sup>3</sup>				211	293	364	421	472	527
Diameter, cm				17	25	34	43	52	62
Pris, kr. pr. m <sup>3</sup>				58	103	134	149	146	146
Indtægt, 1000 kr.				12,2	30,2	48,8	62,9	68,7	76,8

Kilde: Thorsen og Strange 2003.

Note: Alle værdier er udtrykt pr. hektar på nær diameter og pris.

Tyndinger er den løbende udtynding af træer over en skovs levetid for at pleje de træer, der prioriteres til stadig vækst. Hovedskovning er den egentlige høst af skoven. Hovedskovning kan enten ske ved at skove hele skoven på en gang eller ved at tage træer, der har opnået en given diameter. Værdien af det skovede træ er stigende med træets alder, idet den voksende diameter gør træet mere værdifuldt pr. kubikmeter. Der er forudsat at den faste pris på træ er uændret, dvs. ingen realprisstigning. I praksis har prisen på nåletræ imidlertid været faldende de sidste 50 år, og en stigning i efterspørgslen synes ikke at være på vej (Thorsen og Strange, 2003). Hvad der vil ske med priserne i fremtiden er afhængig af mange og modsatrettede tendenser, og endvidere er fordelingen af produkter i den naturnære skov ukendt. Samlet set vurderes foudsætningen om uændrede realpriser på træ derfor at være det bedste bud på en fremtidig prisudvikling.

Tabel 5.2: Omsætningsbalance for bøgeselvfor yngelse på gode jorde

Tyndinger	År fra etablering af bevoksning												
	0	0-10	10-19	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99	100-110	110
Kulturomk. 1000 kr.	10.5	0	7.2	0									
Masse, m <sup>3</sup>			4	42	66	76	81	78	77	75			
Diameter, cm			6	9	13	18	24	28	33	37			
Pris, kr. pr. m <sup>3</sup>			111	111	120	157	221	280	349	398			
Indtægt, 1000 kr.	10.4	0	-6.7	4.7	7.9	11.9	17.8	21.8	26.8	29.9			
<b>Hovedskovning</b>										90	90-99	100-110	110
Masse, m <sup>3</sup>										90	133	270	74
Diameter, cm										44	47	52	55

Pris, kr. pr. m <sup>3</sup>	525	547	569	565
Indtægt, 1000 kr.	47,3	72,8	153,6	41,8

Kilde: Thorsen og Strange 2003.

Note: Alle værdier er udtrykt per hektar på nær diameter og pris.

Omsætningsbalancerne er udgangspunktet for de beregninger, som danner grundlag for vurderingen af konverteringen. Omsætningsbalancerne viser omkostninger og indtægter og deres fordeling over tid. De viser størrelsen af de indledende omkostninger til plantning af træer, træproduktionen i fysiske enheder, prisen herpå og den resulterende indtægt. Ved hjælp af disse omsætningsbalancer er det muligt at finde værdien af nettoindtægten for en given træart.

### **5.6.2.3 Korrelation mellem klimaforandringer og effekter**

Det formodes, at rødgranen vil få problemer med et varmere klima med flere og kraftigere storme, men der findes ikke velunderbyggede data, som kvantificerer sammenhængen mellem klimaændringerne og de forventede effekter. Derfor er der i analysen ikke taget udgangspunkt i et bestemt klimascenarium, men kun anvendt data for den forhøjede stormfaldsrisiko.

### **5.6.2.4 Data for effekter af de forskellige tilpasningstiltag**

Der eksisterer ikke tilstrækkelig historisk erfaring med naturnær skovdrift i Danmark, hvorfor analysens beregninger foretages på baggrund af hypotetiske scenarier, der er baseret på traditionelle beregningsmodeller for skovdrift. De traditionelle modeller for beregninger af tilvækst, behandlinger og prisudvikling for skovbruget bygger på den traditionelle skovdrift, hvor de enkelte bevoksninger er ensaldrede monokulturer, som afsluttes med en samlet fældning og nyanlæg af endnu en omdrift. Det naturnære skovdriftsprincip bygger derimod på blandede bevoksninger med flere arter og uens aldre og på nuværende tidspunkt findes ikke pålidelige erfaringer og data fra en sådan drift i modelform.

### **5.6.2.5 Diskonteringsrenten**

I ”Økonomisk vurdering af en konvertering til naturnær skovdrift” (Thorsen og Strange 2003) er anvendt en diskonteringsrente på 2% p.a. Der er tale om en realrente, da analysen er gennemført i faste priser.

Historisk har der været tendens til at anvende en lav diskonteringsrente i skovbruget. Dette skyldes dels skovbrugets lange investeringshorisont, men også investeringens porteføljemæssige mulighed for diversifikation for private investorer (Møller *et al.* 2000, Thorsen 1999).

Finansministeriet har fastsat renten i forbindelse med samfundsøkonomiske analyser på 6% p.a. Det har dog ikke været muligt i nærværende analyse at gennemregne Thorsen og Strange’s tal med 6% diskonteringsrente.

### **5.6.2.6 Markedsomsatte goder**

Der antages en partiel betragtning i analysen. Prisen på produkter og andre faktorer antages at være uafhængige af, om skovbrugets drift omlægges. Visse faktorer, så som ændringer i prisen på brænde eller fortsatte olieprisstigninger vil kunne påvirke denne antagelse.

Den naturnære skov, der konverteres til, tager udgangspunkt i en kendt bøgeselvfornyelse, men med visse korrektioner:

- Der gives et tillæg på 10% af rod-prisen på større dimensioner for at afspejle måldiametergevinsten (5-7% af den stående værdi i en ældre bølgebevoksning (Jensen og Meilby 1992)).
- Hugstomkostningerne øges med 10% for alle sortimenter som følge af en mere varieret struktur.
- Der spares sprøjtemidler og til dels udrensning på grund af den gruppevise foryngelse.
- Der udføres supplerende indplantning af træarter til en pris på 20% af omkostningen ved en plantet bøgekultur.

Tilstedeværelsen af flere træarter antages ikke at give afvigelser fra standard cashflowet.

Bøgeblandskovsystemet vil have en økonomi, der er marginalt bedre end den traditionelle bøgeselvfor yngelse. I nutidsværdi betyder dette 0,5-3%, afhængig af jordkvaliteten.

De nævnte forbehold er taget, netop fordi der ikke findes direkte data for output fra det naturnære driftssystem. Outputtet af det naturnære produktionssystem er behæftet med stor usikkerhed, hvilket er en væsentlig faktor, når og hvis der skal træffes en beslutning om at konvertere, især for en privat skovejer.

#### 5.6.2.7 Velfærdsøkonomiske data

De driftsøkonomiske resultater i analysen sammenholdes i den velfærdsøkonomiske vurdering med betalingsvillighed for henholdsvis skovens rekreative og biologiske værdi. Som udtryk for den rekreative værdi anvendes en marginal betalingsvilje for konvertering af rødgran til naturnær skovdrift opnået gennem valgeksp eksperimenter af Olsen og Lundhede (2005). For biodiversiteten anvendes ligeledes en værdi fastsat gennem valgeksp eksperimentmetoden i en anden analyse af Lundhede et al. (2005).

#### 5.6.2.8 Ikke-markedsomsatte goder

Skov tillægges i dag mange andre funktioner end produktionsmæssige. I analysen fokuseres på rekreative interesser og biodiversitet. Naturnær skovdrift leverer begge disse goder, idet skoven baseres på økologisk bæredygtige strategier og ingen brug af f.eks. sprøjtegift. Den naturnære skov leverer et varieret udtryk med mange forskellige træarter og strukturer, som endvidere skaber mange forskellige økologiske nicher. Gennem en bedre stabilitet i forhold til klimaændringer vil den naturnære skovdrift også betyde en bedre sikring af skovens rekreative og naturmæssige værdier.

Der findes efterhånden mange forskellige værdisætningsstudier af miljøgoder på verdensplan. I denne analyse fokuseres primært på danske studier. I en arbejdsrapport fra Skov og Landskab, KVL (Boiesen *et al.* 2005) præsenteres en række udvalgte værdisætningsstudier af skov, jf. tabel 5.3 nedenfor.

Tabel 5.3: Værdisætning af skov

Område	Pris	Kilde	Metode
Mols Bjerger	Årskort til 37-71 kr./bruger/år (1991-priser) Samlet betalingsvilje 16.-48.000 kr./ha	Dubgaard, 1996	Betinget værdisætningsmetode (Contingent valuation)
Danske skove	1.200 kr./ha (1993-priser) 128 kr./bruger/år	Dubgaard, 1998	Betinget værdisætningsmetode (Contingent valuation)
Vestskoven v.	16.000-22.000 kr./ha (1995-priser)	Dubgaard,	Betinget

København	Årskort 300-430 kr./bruger/år	2001	værdisætningsmetode (Contingent valuation)
Tokkekøb Hegn v. Allerød	Årskort til 233-261 kr./individ/år 4.500 kr./ha/år	Bjørner <i>et al.</i> , 2000	Betinget værdisætningsmetode (Contingent valuation)
Skovkarak./ Løvtræ/nåletræ	190-1.000 kr. pr. husstand for forøgelse af løvtræandelen med 5-15 pct.	Aakerlund, 2000	Betinget værdisætningsmetode (Contingent ranking)
Søudsigt	125.000 kr./hus	Hasler <i>et al.</i> , 2002	Husprisundersøgelse
Tokkekøb Hegn	7.500 kr./ha/år Merpris på 313.000 kr./hus	Hasler <i>et al.</i> , 2002	Husprisundersøgelse
Gjesing Plant v. Esbjerg	Merpris på 59.000 kr./hus	Hasler <i>et al.</i> , 2002	Husprisundersøgelse
Drastrup v. Ålborg			
True Skov v. Århus	Merpris på op til 180.000 kr./hus	Anthon og Thorsen, 2002	Husprisundersøgelse
Vemmelev v. Slagelse/Korsør	Merpris på op til 90.000 kr./hus	Anthon og Thorsen, 2002	Husprisundersøgelse
Reduceret pesticid-forbrug	10 pct. stigning i planteantal og agerhønsbestand: 245 kr./år/husstand	Schou <i>et al.</i> , 2003a; Schou <i>et al.</i> , 2003b	Betinget værdisætningsmetode (Contingent valuation)
Rekreative værdier ved naturnear skovdrift	Fra nåleskov til løvskov 770 kr./husstand Fra nåleskov til blandskov 969 kr./husstand Fra løvskov til blandskov 199 kr./husstand Højdevariation 200-850 kr./husstand I en case beregnes enhedsprisen til 1.170 kr./husstand	Olsen og Lundhede, 2005	Choice experiment

Note: Værdisætningsstudier vedrørende skov (Boiesen *et al.* 2005, s. 55).

Variationen i prisestimaterne i de nævnte analyser er stor, ligesom de citerede priser er angivet i forskelligt prisniveau. Alene af disse grunde er resultaterne ikke umiddelbart sammenlignelige. En overordnet problemstilling i forbindelse med denne slags analyser er, at data og resultater generelt har manglende udsagnskraft i et bredere perspektiv. Ofte er analyserne præget af lokale forudsætninger og deres konklusioner er således af begrænset generel værdi.

#### 5.6.2.9 Estimer af betalingsvilje for øget biodiversitet

I arbejdsrapporten fra Skov og Landskab (Boiesen *et al.* 2005) udførtes en undersøgelse på baggrund af både betinget værdisætning og diskrete valg. Resultaterne viser en tilnærmelsesvis lineær betalingsvillighed pr. art for beskyttelse af 1 til 25 truede arter, dog med faldende marginalnytte i den øvre ende. Betalingsviljen pr. truet art ligger relativt stabilt på 10 kr./art/år/husstand i analyserne.

Analysen tyder på, at respondenterne har været i stand til at skelne biodiversitetsattributen fra de øvrige. Dette taler for, at resultaterne kan anvendes i andre analyser. I begge biodiversitetsvariationer af undersøgelsen er respondenterne villige til at betale mere for mere areal. Betalingsvilligheden ligger på 25 kr./år pr. 10.000 ha. Undersøgelsen giver således estimer, der kan anvendes under visse kritiske forudsætninger, som udsagn for værdisætning af biodiversitet. Bemærk f.eks., at der er spurgt til truede arter og ikke blot arter i sig selv.

Af andre nye værdisætninger af biodiversitet kan nævnes en samfundsøkonomisk analyse af naturgenopretning af mellem 600 og 1.500 ha af den østlige del af Store Åmose udført af Miljøstyrelsen for Skov- og Naturstyrelsen (Miljøstyrelsen 2005B) i form af valgekspérimentmetoden. Her indgår et værdisætningsstudium udført af DMU og AKF specifikt for Åmosen, et åbent og storslået landskab (Lundhede *et al.* 2005).

Biodiversiteten indgik som parameter sammen med sikringen af de kulturhistoriske elementer og rekreative interesser. Betalingsviljen for biologisk mangfoldighed blev i denne forbindelse estimeret til 543 kr./pers./år for stor biologisk mangfoldighed og 55 kr./pers./år for nogen biologisk mangfoldighed. Denne værdi er knyttet til at forbedre biodiversiteten i det konkrete område.

Lundhede *et al.* (2005) maner imidlertid til varsomhed mht. fortolkning af deres resultater. De aggregerede resultater af betalingsvilligheden for hele befolkningen giver meget store nutidsværdier, og derfor anføres forklaringer på, hvorfor tallene kan være overestimerede. Respondenternes svar kan således være påvirket af moralsk tilfredsstillelse, dvs. betalingsvilligheden afspejler respondentens holdning til en mere generel problemstilling og ikke så meget til den konkrete ændring. Der kan optræde manglende skala i resultaterne, hvilket vil sige, at respondenterne ikke har svaret på, om de vil betale det samme for flere projekter eller kun betale for dette ene. Resultatet tager dermed ikke højde for en aftagende betalingsvilje pr. nyt genopretningsprojekt. Betalingsviljen er opgjort pr. person (ca. 4,1 mio. danskere over 18 år (Danmarks Statistik 2005)) og ikke på husstandsniveau (ca. 2,5 mio. danske husstande (Danmarks Statistik 2005)), hvilket giver en væsentlig forskel som beregningsfaktor. Endelig ligger der en potentiel forskel i, at betalingsvilligheden er opgjort som årlig betalingsvilje og ikke som et engangsbeløb. Der kan være en fare for, at respondenterne har set deres betalingsvilje som et engangsbeløb, hvilket væsentligt ændrer skalaen i resultatet. Alle disse forbehold taler for, at de opnåede resultater er overestimerede i den konkrete analyse.

Lundhede *et al.* (2005) argumenterer for, at deres tal med de nævnte forbehold kan sammenlignes med andre biodiversitetsanalyser, f.eks. Boisen *et al.* (2005). Set i dette lys, kunne der argumenteres for at anvende de 543 kr./pers./år for stor biologisk mangfoldighed i forbindelse med konverteringen til naturnær skovdrift. Naturnær skov rummer alt andet lige større biologisk mangfoldighed end rene bevoksninger med rødgran, som renafdrives ved endt omdrift. Ud fra denne betragtning kunne betalingsviljen for stor biologisk mangfoldighed knyttes til valget af den naturnære drift, men blot for at illustrere en tendens. I reglen burde en mere specifik analyse foretages for konkret at kunne værdisætte ændringen i biologisk mangfoldighed i naturnære skove kontra rødgran i monokultur.

#### **5.6.2.10 Estimer for skovens rekreative værdi**

I en analyse af skovrejsningen ved Vollerup anvendtes Dubgaard (1998) til at værdisætte de rekreative værdier af skovrejsningen. Dubgaards tal går på en hypotetisk betalingsvilje for benyttelse af hele Danmarks skovareal til friluftsmål. Analysen estimerer en betalingsvilje på 1.200 kr./ha/år for hele befolkningen til hele Danmarks skovareal. I nyere analyser af bl.a. Damgaard *et al.* (2001) fås betalingsviljer for hhv. bynær skov i Nordsjælland og nyanlagt skov ved København til hhv. 4.500 kr./ha/år og 17.400 kr./ha/år. Variationen viser, at nyanlagt skov har den relativt højeste rekreative værdi, hvor også nærheden til by hæver den rekreative værdi. Som tidligere nævnt, er det eksisterende rødgranareal ikke umiddelbart bynært beliggende. Thorsen og Strange (2003) vurderer, at disse betalingsviljer kun kan anvendes som en samlet betalingsvilje og ikke i en marginal betragtning vedrørende ændringen af driftsformen fra traditionel til naturnær.

Olsen og Lundhede (2005) har udført en værdisætning af de rekreative værdier ved konvertering til naturnær skovdrift gennem

valgekspérimentmetoden. De finder bl.a. en betalingsvilje på 969 kr./år/husstand for overgangen fra nåleskov til blandeskov. I forbindelse med analysen anføres visse forbehold. For det første er der en overvægt af veluddannede og bedre bemidlede blandt respondenterne, som derfor ikke er helt repræsentativ for den samlede danske befolkning. Endvidere kan betalingsviljen for skovbilledet bestående af en blanding af løv- og nåletræer potentielt opfattes som en præference for variation (altså varierende træarter) på bevoksningsniveau. Naturnær skovdrift giver imidlertid meget lidt variation på skovniveau, sammenlignet med det traditionelle skovbrugs – frimærkeskovbrugets – skovbillede. Derfor er der store forbehold forbundet med at applikere værdierne på konvertering af det samlede rødgranareal (Lundhede 2006).

De udtrykte betalingsviljer er således udtryk for hypotetiske situationer, og er behæftet med generel usikkerhed. Med ovennævnte forbehold, vil Olsen og Lundhedes værdi alligevel blive anvendt som udtryk for den rekreative værdi, der er knyttet til at konvertere fra rødgran til naturnær skovdrift.

### 5.6.3 Beregningsforudsætninger

Thorsen og Stranges model udgør som nævnt basis-scenariet for vurderingen af tiltaget i denne case. Beregningsforudsætningerne for dette basis-scenarium består i en række generelle antagelser vedrørende renter, priser, omkostninger samt skovdyrkningsmodeller og usikkerheder. Disse beregningsforudsætninger anvendes i udgangspunktet for nærværende analyse og er gennemgået nedenfor.

#### 5.6.3.1 Stormfald

Risikoen for stormfald påvirkes af stormstyrke, tidspunkt for storm, træart, bevoksningsalder, højde og diameter, skovdyrkning, nabobevoksninger, jordbund, topografi samt skadevoldere. Kombinationen af disse faktorer er afgørende for omfanget af stormens skader.

Der er dog stor usikkerhed omkring sandsynligheden for stormfald i Danmark, men i de seneste årtier er analyser på parameteren udført med udgangspunkt i Østergård (1988) og Neven (1983). I Thorsen og Strange (2003) var risikoen fastsat til 8%/år for nål over 15 meters højde, og stormfald antages endvidere at medføre et tab på 25% af dækningsbidraget.

Af andre analyser vedrørende stormfald kan nævnes Andersen og Hansen (2003), hvor en aldersgraderet stormfaldsrisiko anvendes. Andersen og Hansen (2003) tager som Østergård (1988) udgangspunkt i normalhugsten for nål i perioden 1894-2000, men vælger i stedet at beskrive trendlinien ved et 2. gradspolynomium, hvor Østergårds er en ret linie. Stormfaldsrisikoen fastsættes i Andersen og Hansens analyse til 11%/år.

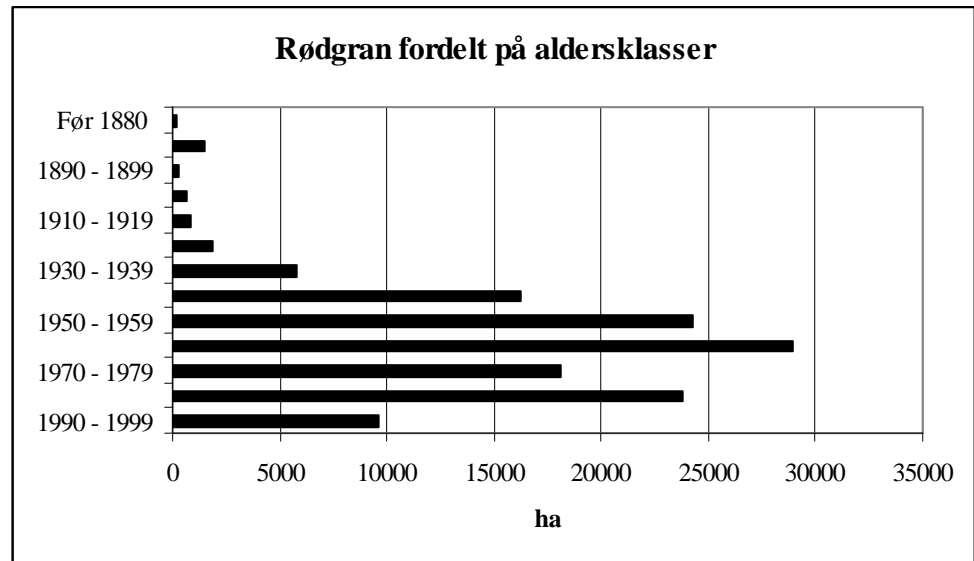
Skovdyrkerforeningen har registreret kraftigere stormfald de seneste årtier (Dansk Skovforening 2006). På baggrund af de opstillede scenarier vurderes en forøgelse af stormfaldsrisikoen på 50% fra Thorsen og Stranges model at være relevant. Det vil sige, at stormfaldsrisikoen i betragtning af klimaændringerne i nærværende analyse fastsættes til 12%/år for rødgran over 15 meters højde. Et stormfald antages endvidere stadig at medføre et tab på 25% af dækningsbidraget<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Erfaringer fra de seneste storme, bl.a. 2005, giver nærmere et tab på 50% (Jakobsen 2006).

Figur 5.3 nedenfor viser, at der er store arealer med rødgran, som har en alder og dermed en højde, som gør bevoksningerne stormudsatte.

Figur 5.3: Rødgran fordelt på aldersklasser



Note: Rødgranbevoksningerne fordelt efter alder (Larsen og Johannsen 2002). Træernes alder er af betydning for højden og dermed risikoen for stormfald, idet rødgran alt efter jordbundsforholdene vokser over 15 meters højde omkring 30-40 års alderen.

Thorsen og Strange (2003) har ikke regnet med stormfaldsrisiko for løvtræarterne. Det vil sige, at klimaændringerne med hensyn til storm ikke antages at påvirke løvtræer. Dette er ikke helt retvisende, idet bl.a. 1999-stormen viste, at løvtræer også falder ved tilstrækkeligt høje stormstyrker. Der er ikke taget højde for dette i analysen, men emnet behandles under følsomhedsanalyserne.

### 5.6.3.2 Økonomiske parametre

Renten er fastsat til 2%/år, og det er ikke muligt med de forhåndenværende midler at ændre satsen til 6%/år. Der er anvendt 2000-priser, som forudsættes uafhængige af konvertering i driften. I Thorsen og Stranges model anvendes endvidere ikke nettoafgiftsfaktoren eller skatteforvridningstab, og de er derfor heller ikke anvendt i nærværende analyse.

### 5.6.3.3 Naturnær skovdrift

Idet der ikke eksisterer solid viden om naturnær skovdrift i Danmark, er beregninger vedrørende den fremtidige skovs ydeevne m.m. forbundet med stor usikkerhed. De mange usikkerheder er svære at håndtere og forstyrrer tolkningen af hinanden. For at fremme formidling og sammenligneligheden, forudsættes alle faktorer kendte, herunder bl.a. priser, produktsortimenter, afsætningsmuligheder m.v. Problemerne ved denne forudsætning behandles under følsomhedsanalysen.

Der arbejdes i nærværende analyse med to naturnære systemer: En selvforyngende bøgeblandskov og en delvist selvforyngende blandingsskov af skovfyr, birk og eg. Den sidste anvendes kun på de dårlige jorde. Det er

antaget, at selvfor yngelse lykkes uden hegning. Denne antagelse er et klart usikkerhedsmoment i modellen, da hegning er behæftet med store omkostninger. Der regnes dog med hegning i scenarium 3a, jf. afsnit 1.6.4.

#### 5.6.4 Scenarier

Beregningerne er foretaget på baggrund af tre scenarier, som udgør et udsnit af de mange mulige strategier til konvertering til naturnær skovdrift, der kan vælges, jf. Larsen & Skov- og Naturstyrelsen (2005) og Larsen (red.) (2005). De valgte scenarier repræsenterer et realistisk udsnit, så vidt forudsætningerne er opfyldt og dækker et bredt udsnit af landets skovdyrkningsforhold. Scenarierne følger de tre forskellige jordkvaliteter, for hvilke, der er op til tre forskellige konverteringsstrategier. Intensiv konvertering refererer til en konvertering, hvor et rødgranareal fældes nu og erstattes med en mere naturnær beplantning. Ekstensiv konvertering er en gradvis proces, hvor træerne fældes og efterhånden erstattes med den naturnære beplantning over en varierende årrække.

**Scenarium 1:** Ekstensiv konvertering af rødgran på dårlig jord med etablering af såningskultur i skovfyr/birk/eg med senere supplerende indplantning af eg. Grunden til at der kun ses på et scenarium ved den dårlige jord er, at det bedst kan betale sig at konvertere, når den ensaldrede rødgran alligevel skal fældes helt ved 90-100 år, jf. tabel 5.4 nedenfor.

**Scenarium 2:**

- Intensiv konvertering af rødgran på middelgod lokalitet ved at fjerne den eksisterende bevoksning, jordbearbejde og så ellers lade jorden springe i skov. Senere indbringes en vis mængde bøg.
- Ekstensiv konvertering af rødgran på middelgod lokalitet til naturnær drift ved omgående etablering af bøgebaseret blanding under de stående rødgraner.
- Ekstensiv konvertering af rødgran på middelgod lokalitet ved underplantning med bøg over 20 år.

**Scenarium 3:**

- Intensiv konvertering af rødgran på god lokalitet med indplantet bøge-/blandingskultur under hegn.
- Ekstensiv konvertering af rødgran på god lokalitet med en 100% bøge/blandingskultur over to årtier.
- Meget ekstensiv konvertering af rødgran på god lokalitet med udskydelse af indplantning af bøg til efter 10-20 år og meget lidt pleje i kulturfasen, dvs. en billigere men langsommere version af den ekstensive strategi b.

De primære forskelle på de tre scenarier er jordkvaliteten og dermed træernes produktionsevne. For de gode og middelgode jorde (scenarium 2 og 3) er der eksemplificeret forskellige strategier for konvertering, som primært varierer mht. intensiteten – konvertering nu eller senere – men også den konverteringsstrategi, der vælges. Mulige strategier består i beplantning eller i blot at lade stå til, hvilket er af betydning for omkostningsstrukturen. Alle scenarier vurderes i forhold til reference-scenariet, som er fortsat traditionel drift af rødgran med renafdrift og genplantning. Der er et reference-scenarium for hver jordkvalitet.

Som tidligere nævnt, er fordelingen af rødgran på forskellige lokaliteter ikke nøjagtig kendt, men størstedelen af de danske rødgranarealer findes på dårlige



og mellemgode lokaliteter, primært i Vestjylland, mens kun en lille del af det samlede rødgranareal findes på gode jorde.

## 5.7 Driftsøkonomisk analyse

I det følgende præsenteres driftsøkonomiske resultater af konvertering fra rødgran til naturnær skovdrift på baggrund af Thorsen og Stranges model. Thorsen og Stranges model er modificeret gennem en forøgelse af risikoen for stormfald, som den primære effekt af klimaændringerne. Ellers er beregningsforudsætningerne de samme, som analysen fra 2003.

### 5.7.1 Præsentation af resultaterne

Resultaterne præsenteres ved at sammenligne referencesituationen ved fortsat drift af rødgran med de forskellige strategier for konvertering til naturnær skov. Resultatet fås ved at sammenholde nutidsværdien af nettoindtægten ved at dyrke henholdsvis rødgran og naturnær skov. Dette udføres for flere forskellige strategier (hvv. intensiv og ekstensiv konvertering) samt for tre forskellige jordkvaliteter.

Nutidsværdien af konverteringen inkluderer både værdien af fældning og salg af den eksisterende skov og nutidsværdien af den fremtidige drift af det senere opnåede naturnære system.

Givet modellen og projektets begrænsninger har det ikke været muligt at udarbejde en fuldt ud tilpasset model. De nedenstående beregningsresultater viser derfor ikke det optimale tidspunkt for en konvertering fra rødgran til naturnær skovdrift for en given stormstyrke.

Resultater viser, hvornår det senest er optimalt at fælde rødgran ved en given stormfaldsrisiko. Dette tidspunkt vil samtidig være det seneste tidspunkt for, hvornår en konvertering vil være optimal. Samtidig vurderes de forskellige konverteringsstrategier op i mod hinanden inden for det enkelte scenarium.

#### **5.7.1.1 Referencescenarium**

Referencescenariet er fortsat drift af rødgran med en stormfaldsrisiko på 12%/år for træer over 15 meter med en efterfølgende reduktion af værdien af vedmassen med 25%.

I tabel 5.4 er nutidsværdien af drift af rødgran i al evighed for forskellige jordkvaliteter og omdriftsalder beregnet. Tabellen viser, at det økonomisk optimale tidspunkt for omdrift varierer fra jordkvalitet til jordkvalitet med den givne stormfaldsrisiko på 12%/år.

Den optimale omdriftsalder for rødgran på dårlig jord er 90-99 år, for middelgod jord 70-79 år og for god jord 50-59 år. Det bemærkes, at drift af rødgran generelt vil give et negativt afkast med en stormfaldsrisiko på 12%/år, uanset omdriftsalder.

Tabel 5.4: Referencescenarium: Drift af rødgran på dårlig, middelgod og god jord

Aldersklasser:	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-99
Nutidsværdier pr. ha. af:								
Rødgran dårlig jord			-45.231	-43.122	-42.685	-42.597	-42.585	<b>-42.584</b>
Rødgran, middelgod jord			-41.039	-40.232	-40.105	<b>-40.100</b>	-40.103	
Rødgran, god jord	-50.650	-39.892	-38.967	<b>-38.741</b>	-38.784	-38.754		

Det fremgår af tabel 5.4, at jo ringere jordkvalitet, desto senere kan det alt andet lige betale sig at fælde et givent rødgranareal. Denne sammenhæng skyldes, at økonomien er ringest på de dårligste jorde, hvorfor den investering, der kræves for at konvertere skoven ligeledes er mindre rentabel på disse jorde. Modsat er der på de bedre jorde det fornødne afkast på investeringen til, at det kan betale sig at fælde tidligere.

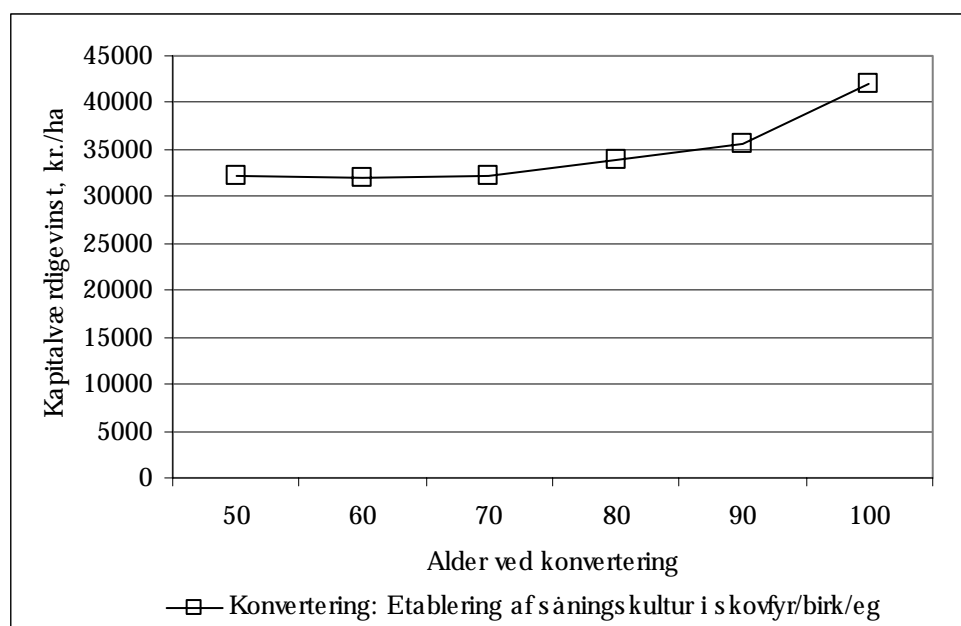
I det følgende beskrives analysens resultater for de tre forskellige scenarier og deres respektive konverteringsstrategier. Resultaterne vises som nutidsværdigevinster ved konvertering i et givent år, set i forhold til referencescenariet, dvs. som nettoværdien af konverteringsstrategien fratrukket nettoværdien af at fortsætte med dyrkning af rødgran.

Gennemgangen af scenarierne viser driftsøkonomien ved de enkelte konverteringsstrategier i forhold til referencescenariet. Resultaterne i sig selv siger imidlertid intet om det optimale tidspunkt for at konvertere i forhold til de forskellige scenarier. Som retningslinie anvendes de nævnte optimale omdriftsaldre for referencescenariet, idet det i hvert fald ikke er optimalt at konvertere senere end dette tidspunkt.

#### **5.7.1.2 Scenarium 1**

I scenarium 1, som omhandler ringe lokaliteter, er der kun regnet på én konverteringsstrategi. Af figur 5.4 fremgår, at for rødgran på dårlig jord ved en risiko for stormfald på 12%/år er konvertering til en skovfyr/birk/egeblanding at foretrække frem for fortsat drift af rødgran, uanset konverteringstidspunkt. Dette ses i figuren ved, at kurven ligger over nul, og at nutidsværdien ved konvertering således er positiv for alle aldre. Der er altså en nettogevinst ved at konvertere fra rødgran til naturnær drift, uanset bevoksningens alder.

Figur 5.4: Driftsøkonomiske konsekvenser af konvertering til naturnær skovdrift for scenarium 1

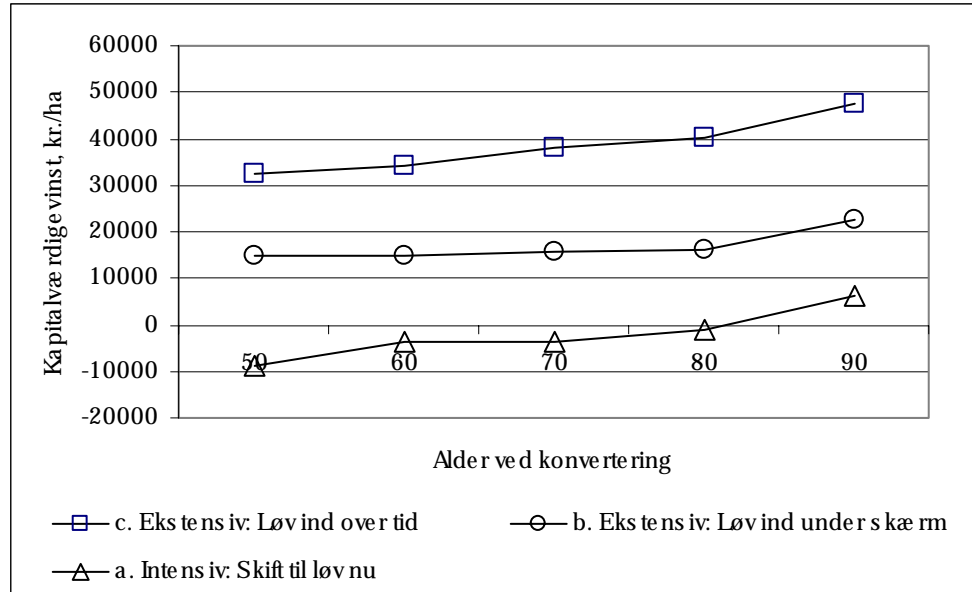


Note: Scenarium 1 – Nutidsværdigevinst ved konvertering til skovfyr/birk/eg-blanding på dårlig jord som funktion af konverteringstidspunktet.

### 5.7.1.3 Scenarium 2

I scenarium 2 for den middelgode lokalitet fremgår det, at fortsat drift af rødgran er at foretrække frem for den mest intensive konverteringsstrategi, som består af konvertering til løv nu. Dette ses ved, at kurven i figur 5.5 for denne strategi ligger under 0 i det meste af forløbet. Der er altså en negativ nettogevinst – et tab – ved den intensive konvertering indtil en konverteringsalder på 90 år. De to ekstensive strategier er til gengæld at foretrække frem for fortsat drift af rødgran. Resultaterne afspejler, at værdien af den dyre kulturetablering på middelgode lokaliteter er større end på de dårlige jorde, men stadig ikke stor nok til at bære den intensive konvertering. Altså er den intensive konvertering den ringeste strategi her, mens de to ekstensive strategier er at foretrække frem for fortsat rødgrandrift.

Figur 5.5: Driftsøkonomiske konsekvenser af konvertering til naturnær skovdrift for scenarium 2

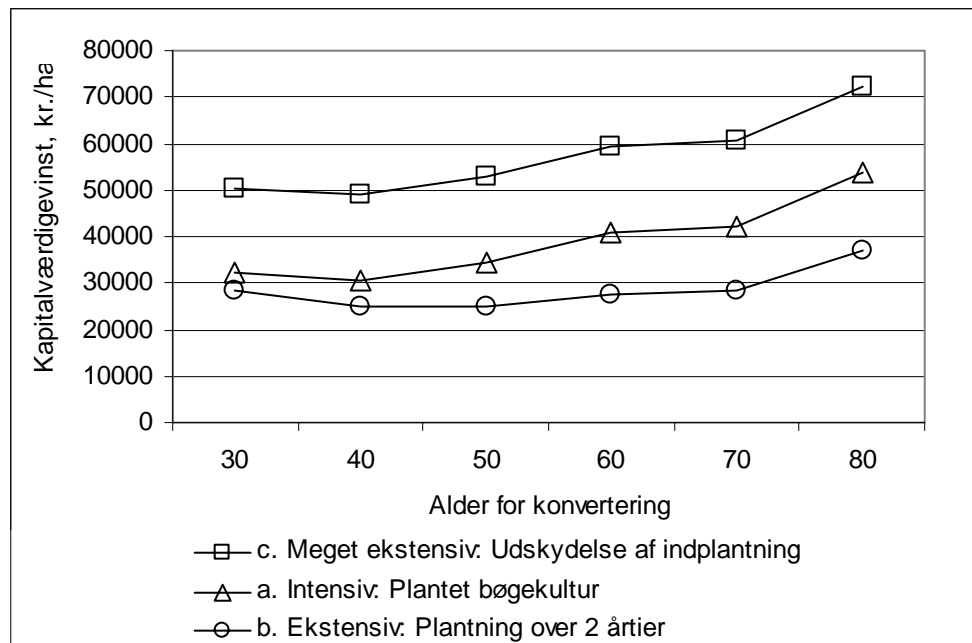


Note: Scenarium 2 – Nutidsværdigevinst af tre konverteringsscenarier på middelgode lokaliteter, som funktion af konverteringstidspunkt.

#### 5.7.1.4 Scenarium 3

For scenarium 3 på god jord vil der med en stormfaldsrisiko på 12%/år være en overvejende præference for at konvertere frem for fortsat at dyrke rødgran, jf. figur 5.6, hvor alle kurver ligger over nul. Forklaringen på præferencen for konverteringen på den gode lokalitet er, at rødgran på trods af de gode produktionsforhold her giver et relativt lavt afkast på grund af stormfaldsrisikoen. Den naturnære løvskov lider derimod ikke under en højere stormfaldsrisiko og kan således udnytte de bedre produktionsforhold mere optimalt.

Figur 5.6: Driftsøkonomiske konsekvenser af konvertering til naturnær skovdrift for scenarium 3



Note: Scenarium 3 - Nutidsværdigevinst for de tre konverteringsscenarier på gode lokaliteter, som funktion af tidspunkt for konvertering.

Sammenlignes de tre konverteringsstrategier på den gode jord, ses det af figur 5.6, at den meget ekstensive konvertering er den mest økonomisk fordelagtige (kurven ligger øverst). Det skyldes, at det er den billigste måde at gennemføre en konverteringsstrategi på, hvilket opvejer de indtjeningsmuligheder, der mistes ved den langsommere konvertering i forhold til de mere intensive konverteringer.

#### 5.7.1.5 Opsummering

Generelt kan der på baggrund af de tre figurer konkluderes, at det set i forhold til reference-scenariet kan betale sig at konvertere på alle tre jordkvaliteter, idet graferne for de fleste konverteringsstrategier ligger over x-aksen. Figurerne siger til gengæld ikke noget om det optimale tidspunkt for konvertering til de forskellige scenarier.

I stedet tages udgangspunkt i det optimale tidspunkt for omdrift af rødgran ved en stormstyrke på 12%/år, jf. tabel 5.4. Heraf fremgår, at den optimale alder for rødgran ved konvertering bliver højere desto ringere jordkvalitet. Tabellen viser samtidig, at nutidsværdierne af nettogevinsten ved at konvertere er lavere for de dårlige jorde sammenlignet med de gode. Dette skyldes, at de mere produktive, gode jorde bedre kan forrente investeringen af konverteringen i forhold til de dårlige jorde. Tabel 5.5 opsummerer de optimale konverteringsstrategier for de enkelte jordkvaliteter, samt hvornår det senest er optimalt at igangsætte konverteringen.

Tabel 5.5: Opsummering af de driftsøkonomiske resultater

Scenarium	Jordkvalitet	Optimal omdriftsalder for rødgran	Strategi for optimal konvertering
1	Dårlig	90-100 år	Ekstensiv
2	Middelgod	70-80 år	Ekstensiv
3	God	50-60 år	Meget ekstensiv

For alle tre typer jorde er det forskellige typer af ekstensive strategier, der er de driftsøkonomisk mest favorable. Hovedforskellen er, at det for den gode jord også kan betale sig at foretage en intensiv strategi sammenlignet med fortsat rødgrandrift, mens det ikke kan betale sig for middelgode og dårlige jorde.

#### 5.7.2 Sammenligning med basisscenariet

I det følgende holdes denne analyses resultater op mod de generelle konklusioner fra Thorsen og Stranges analyse, som ikke regner med øget stormfaldsrisiko. Der foretages dermed en sammenligning af analysen med og uden klimaeffekt. Størstedelen af konklusionerne i de to analyser stemmer fint overens.

De generelle driftsøkonomiske konklusioner fra Thorsen og Strange (2003) viser, at det naturnære skovbrugs driftsøkonomi vil være bedre end driftsøkonomien for monokultur med rødgran. Den øgede stormfaldsrisiko forstærker dette billede, således at konvertering bliver mere attraktiv efterhånden som stormfaldsrisikoen øges.

Ekstensive konverteringsmodeller med beskeden kulturindsats er ifølge Thorsen og Strange de generelt mest attraktive, hvilket også er konklusionen for analysen med klimaeffekterne. I Thorsen og Stranges model udgør nutidsværdigevinsten ved den optimale konverteringsstrategi på det optimale

tidspunkt fra 10.000 kr./ha for de dårligste jorde til 60.000 kr./ha på de bedste jorde.

Nærværende analyse gav en nutidsværdigevinst på 40-60.000 kr./ha ved en konvertering svarende til tidspunktet for optimal omdrift af rødgran (referencescenariet). Især på de dårlige jorde bliver det mere rentabelt at konvertere givet den højere stormfaldsrisiko. Dette skyldes først og fremmest det senere optimale konverteringstidspunkt for de dårligere jorde. Jo senere konverteringen gennemføres, desto større bliver risikoen for, at et areal med rødgran falder i storm, og desto større bliver gevinsten ved at konvertere.

Af Thorsen og Strange (2003) fremgår, at konvertering før optimal omdrift giver betydelige driftsøkonomiske tab på 10-60.000 kr./ha. med størst tab på de bedste jorde. Med den øgede stormfaldsrisiko mindskes det driftsøkonomiske tab ved konvertering før det optimale tidspunkt til omkring 8-10.000 kr./ha. Et overslag på omkostningen ved at konvertere de 132.237 ha rødgran før det optimale tidspunkt lyder på baggrund af Thorsen og Strange (2003) på mere end 2 mia. kr. Dette tal bliver med den øgede stormfaldsrisiko til et tab på omkring 1,3 mia. kr. i nutidsværdi i analysen med øget stormrisiko på 12%/år. Begge resultater er opgjort i nutidsværdi (2000-priser)

Omvendt viser resultaterne hos Thorsen og Strange, at der ved at vente med konverteringen til det optimale tidspunkt kan indfries en gevinst på omkring 2 mia. kr. i nutidsværdi. Sandsynligheden for at få del i denne værdi for den enkelte skovejer afhænger naturligvis af, om skoven falder i storm inden det optimale tidspunkt for konvertering. Derved bliver det en stadig mere risikabel strategi at vente, efterhånden som stormfaldsrisikoen vokser. Det vil sige, at klimaændringernes forhøjelse af stormfaldsrisikoen gør, at tabet ved at konvertere før det optimale tidspunkt mindskes, mens risikoen ved at vente til det optimale tidspunkt øges.

Den driftsøkonomiske analyse viser overordnet set, at rødgran, som igennem det seneste århundrede har været den foretrukne art, ikke bør være det i fremtiden, givet de klimabetingede risici. Imidlertid er konvertering forbundet med relativt store omkostninger, hvorfor konvertering bør foregå senest, når rødgranens omdriftsperiode ophører omkring de 90-100 år på dårlige jorde, eller ved en alder på 50-80 år for de bedre jorde.

En afventende strategi er imidlertid sårbar over for klimaeffekter på det mellemlange sigt, idet den øgede stormfaldsrisiko mindsker chancen for, at skovene bliver stående til det optimale konverteringstidspunkt. Når der foreligger et klarere billede af fremtidens stormrisiko, kan der gives en mere nøjagtig konklusion for den optimale driftsøkonomiske strategi og timing af konverteringen.

### 5.7.3 Følsomhedsanalyse

Det parameter, der udgør forskellen på nærværende analyse og arbejdet af Thorsen og Strange (2003), er stormfaldsrisikoen, der afhænger af to elementer af klimaændringerne. For det første den øgede frekvens af storme og for det andet øget stormstyrke. I denne analyse ses der således på resultaternes følsomhed over for ændringer i hhv. stormfrekvensen og stormstyrken.

Thorsen og Strange (2003) beregner følsomhed på flere forskellige parametre i forbindelse med deres analyse, som ikke kan medtages i nærværende analyse.

I nærværende analyse behandles faktorer som CO<sub>2</sub>, grundvand, jagt, hegning og længere kulturfase således ikke nærmere.

Parametre som træartsvalg/hjemmehørende arter og bonitetsnedgang, som har at gøre med de kommende skovtræers kapacitet og sundhed, er elementer, som heller ikke er taget med. Generelt skyldes fravalgene simplificering af resultaterne.

Der er ikke udført nogen følsomhed med ændringer af prisen på træ. Det skyldes, at prisen på nåletræ har været faldende de sidste 50 år, og at en stigning i efterspørgslen ikke synes at være på vej (Thorsen og Strange, 2003). De fremtidige priser er afhængig af mange og modsatrettede tendenser, og endvidere er fordelingen af produkter i den naturnære skov ukendt. Samlet set vurderes foudsætningen om uændrede realpriser på træ derfor at være det bedste bud på en fremtidig prisudvikling.

### 5.7.3.1 Følsomhedsanalyse på stormfrekvensen

Frekvensen af storm har naturligvis en direkte betydning for rødgranens stormfaldsrisiko og er derfor et helt centralt parameter for analysens konklusion. Derfor gennemføres der her en følsomhedsanalyse på sandsynligheden for storm, som i grundanalysen er fastsat til 12%/år. I følsomhedsanalysen vurderes det optimale tidspunkt for omdrift af rødgran og derved også det seneste tidspunkt for konvertering til naturnær skovdrift ved en stormrisiko på henholdsvis 8 og 16%/år, jf. tabel 5.6.

Tabel 5.6: Optimalt tidspunkt for omdrift af rødgran ved forskellige sandsynligheder for storm, optimal omdriftsalder

Jordkvalitet	Sandsynlighed for storm pr. år		
	Følsomhed med lavere stormrisiko 8 pct.	Grundcase 12 pct.	Følsomhed med højere stormrisiko 16 pct.
Dårlig	90-100 år	90-100 år	70-80 år
Middelgod	80-90 år	70-80 år	60-70 år
God	70-80 år	50-60 år	40-50 år

Omdriftsalderen ændres ikke for de dårlige lokaliteter, før stormrisikoen stiger til 16%. Dette illustrerer, at stormfaldsrisikoen ikke ændrer på det faktum, at der for de dårlige jorde er meget små indtægter at hente, hvorfor investeringen i konverteringen bør fremskydes så lang tid som muligt. Først ved den meget høje risiko for storm slår det igennem, at rødgran på dårlig jord er så dårlig en investering, at der bør omlægges for overhovedet på sigt at få en indtægt på arealet.

For de middelgode lokaliteter falder omdriftsalderen i takt med, at risikoen for storm stiger. Det vil sige jo mere storm, jo tidligere bør der konverteres. Heri ses en afvejning mellem det at hente produktionen – og dermed potentielt tabt gevinst - af rødgran ud – over for det at skulle afholde omkostninger ved konverteringen tidligere i forløbet.

For de gode lokaliteter falder omdriftsalderen ligeledes med øget risiko for storm. Omdriftsalderne er lavere end for den middelgode jord, idet ydeevnen og opnåelsen af gevinst sker hurtigere på den gode jord.

Det gælder stadig, at den optimale omdriftsalder er kortest for de bedste lokaliteter, og at højere sandsynlighed for storm vil trække i retning af tidligere konvertering.

Ved en lavere stormrisiko på 8% begynder rødgranen at kunne konkurrere med de forskellige konverteringsstrategier på de middelgode lokaliteter. Samme resultat fremgår af Thorsen og Strange (2003). Stormfaldsrisikoen skal væsentligt længere ned, før det bliver direkte rentabelt at dyrke rødgran.

Alt andet lige vil drift af rødgran ikke være at foretrække ved øgede stormfaldsrisici. Disse resultater bør imidlertid nuanceres ved at indregne stormfaldsrisiko i forbindelse med naturnær skovdrift, hvor driften baseres primært på løvtræarter. Dette er dog mest relevant for høje stormstyrker. En sådan korrektion har imidlertid ikke været mulig inden for nærværende projekt. Det vil sige, at resultatet delvist er misvisende, idet klimaændringerne menes at medføre flere og kraftigere storme, og at kraftigere storme også vil påvirke løvtræarterne og derved den naturnære skov.

### **5.7.3.2 Følsomhedsanalyse på øget stormstyrke**

En forøgelse af stormstyrken vurderes at få den konsekvens, at en større andel af skovens eller en bevoksningens træer falder i forbindelse med storm. Stormstyrken kan ikke reguleres direkte i modellen. Men effekten illustreres ved at variere den mængde af træer, der står tilbage efter storm og for hvilke der sker en reduktion i værdien af vedmassen, som følge af stormen. I analysens grundscenarier er der antaget et tab i værdien af vedmassen på 25% i tilfælde af storm.

I nærværende følsomhedsanalyse øges tabet i værdien af vedmassen til henholdsvis 50 og 100%, således at det altså kun er halvdelen og henholdsvis ingen af bevoksningens træer, der står tilbage efter en storm. I 1999-stormen var der de værst ramte steder tæt på 100% fald af træer.

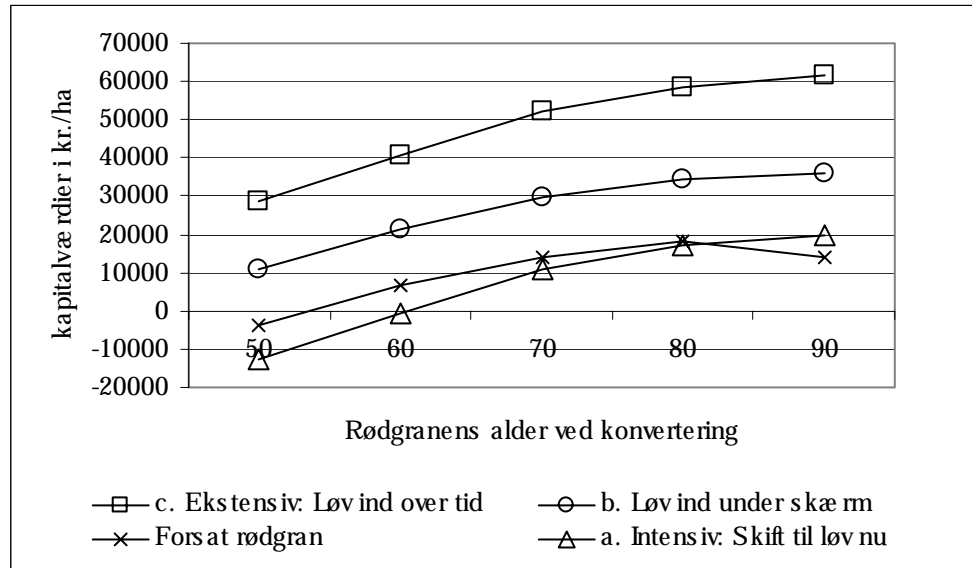
Da kun rødgran bliver påvirket af denne ændring i modellen, kan der ikke udledes noget generelt af sammenligningen af de forskellige scenarier, men effekten på rødgran kan udledes af de tre præsenterede grafer i figur 5.7. Det er valgt at vise konsekvenserne for de middelgode lokaliteter, idet det er på disse lokaliteter, at rødgran kan konkurrere med i hvert fald ét af konverteringsscenarierne.

Resultaterne af følsomhedsanalysen ses af graferne i figur 5.7. Der er her valgt en form, hvor nutidsværdien af hver enkelt strategi, inklusive referencestrategien, vises for fortsat drift af rødgran, frem for, som i hovedanalysen, at vise nettoværdien af de tre alternative strategier set i forhold til fortsat rødgran. Det er gjort for bedre at illustrere, hvordan referencestrategien udvikler sig i forhold til de alternative strategier. Den første figur viser grundscenariet, som er præsenteret i hovedanalysen, mens de næste to viser resultatet ved henholdsvis 50 og 100% fald af skoven i tilfælde af storm.

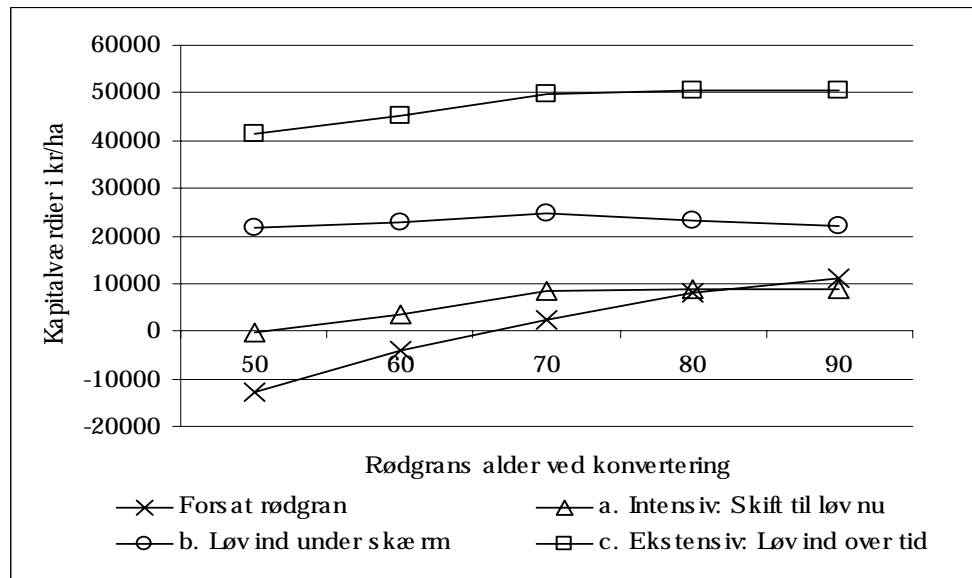


Figur 5.7: Driftsøkonomiske konsekvenser af konvertering til naturnær skovdrift

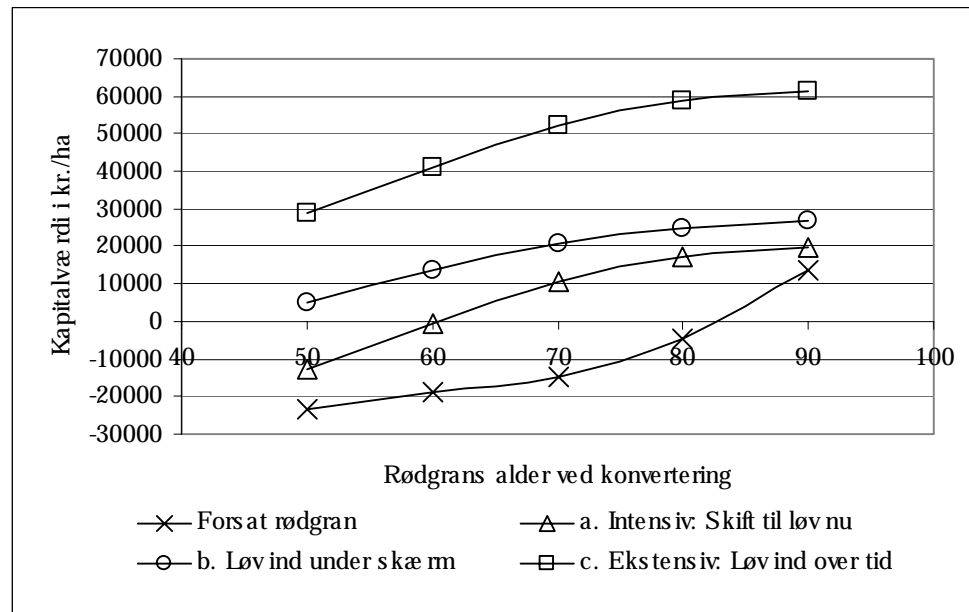
Scenarium 2, Middel god jord, 12 % stormrisiko, 75 % recovery rate:



Scenarium 2, Middel god jord, 12 % stormrisiko, 50 % recovery rate:



Scenarium 2, Middel god jord, 12 % stormrisiko, 0 % recovery rate:



Note: Kurverne illustrerer konsekvensen af øget stormstyrke for udviklingen af scenariernes venteværdier.

Som det fremgår, er rødgran endnu værre stillet, givet den øgede stormstyrke i forhold til konverteringsscenarierne. Af graferne fremgår endvidere, at konverteringsscenariet b. **Løv ind under skærm** også påvirkes af, at recovery-raten varierer. Dette skyldes, at denne konverteringsform er afhængig af de tilbageværende rødgraner til læ m.m. Alt andet lige viser følsomhedsanalysen, at storm og deraf følgende væltede træer forværrer driften af rødgran i fremtiden, samt at driftsformer, som gør brug af de ældre rødgraner til læ for opvækst, endvidere påvirkes kraftigt. Mængden af træ, dvs. andelen af træer i bevoksningen, der påvirkes af stormfaldet, er endvidere afgørende for lønsomheden af driften.

## 5.8 Velfærdsøkonomisk vurdering

I en velfærdsøkonomisk betragtning skal de driftsøkonomiske omkostninger og gevinster ved konvertering til naturnær skovdrift holdes op mod de samfundsmæssige miljøgoder ved konverteringen. Disse vil her blive søgt holdt op imod gevinsterne i det omfang de kan værdisættes. Der er forbundet store biologiske og rekreative værdier til skov, og empiriske undersøgelser tyder på, at befolkningen synes at have en meget høj betalingsvilje for øget biodiversitet og rekreative værdier ved naturnær skov. Den samfundsøkonomiske værdi af disse to aspekter ved konverteringen vurderes i det følgende og holdes op mod de driftsøkonomiske resultater af analysen.

I afsnittet ovenfor om de ikke-markedsomsatte goder af konverteringen præsenteredes relevante prissætningsstudier af miljøgoderne biodiversitet og rekreative muligheder.

For de rekreative værdier er det mest interessante studie udført af Olsen og Lundhede (2005). Af deres estimater fremgår det, at der er en betydelig samfundsøkonomisk værdi knyttet til overgangen fra nåleskov til blandskov, f.eks. gennem naturnær skovdrift. Således fandt Olsen og Lundhede en betalingsvilje på 969 kr. pr. husstand om året for denne konvertering. Dette svarer til en årlig betalingsvillighed på omkring 2,4 mia. kr. Denne beregning

af betalingsvilligheden tager dog ikke højde for, at der må formodes at være faldende marginalnytte af den naturnære skov, efterhånden som arealet konverteres. Konverteringen vil ud fra et driftsøkonomisk optimeringssynspunkt ikke ske øjeblikkeligt, hvorfor den samfundsøkonomiske værdi alt andet lige bliver realiseret løbende over en lang årrække, hvor værdien endvidere vil være faldende, efterhånden som den marginale nytte falder.

Den rekreative værdi er naturligvis afhængig af adgangen til skoven. Offentlighedens adgang til skove i Danmark bestemmes af Naturbeskyttelsesloven §23. Der er fri adgang til besøg i statslige skove, mens de private skove har en række begrænsende faktorer for deres rekreative udnyttelse. Adgangen til private skove er bl.a. begrænset til veje og stier og må kun ske fra kl. 6 morgen til solnedgang. Det lægger naturligvis en begrænsning på skovens rekreative værdi, som således er lavere for private skove. På den anden side er den private skov stadig anvendelig som mål for gå-, løbe-, ride-, og cykelture, så private skove har stadig sin væsentligste rekreative funktion. Det er svært at sige noget præcist om, hvor meget mindre den rekreative værdi er for privat skov, men det vurderes for de fleste skove at ligge et sted mellem 50 og 100%. Det vil sige, at estimatet for skovens rekreative værdi ligger lavere for private end for offentlige skove, men at størstedelen af denne værdi stadig er bevaret for de private skove.

I forhold til biodiversiteten var det mest interessante studie DMU's værdisætning i forbindelse med projektet i Store Åmose (Miljøstyrelsen 2005B). Naturnær skovdrift skaber i forhold til rene rødgranarealer grobund for stor biologisk mangfoldighed. Antages det for det første, at den marginale ændring i biologisk mangfoldighed i skovene kan sammenlignes med den ændring i biologisk mangfoldighed, som DMU fastsatte i Åmosen (Miljøstyrelsen 2005B), og for det andet, at befolkningens betalingsvilje for de to er tilnærmelsesvis ens, opnås en betalingsvilje pr. person pr. år på 543 kr. Set i forhold til antallet af skattepligtige danskere på knap 4,2 mio. personer, giver det en årlig betalingsvillighed på omkring 2,2 mia. kr.

Estimaterne for henholdsvis den rekreative værdi og den biologiske mangfoldighed kan imidlertid ikke overføres direkte til værdien af den naturnære skovdrift i denne case. Med henvisning til estimaterne, kan det imidlertid konstateres, at danskerne har en betydelig betalingsvilje for rekreative miljødelser og biodiversitet, som væsentligt forøger den samfundsøkonomiske værdi af konverteringen til naturnær skovdrift. Uden estimater, der mere specifikt vurderer betalingsvilligheden i forbindelse med nærværende case, kan den samfundsøkonomiske analyse imidlertid ikke konkretiseres nærmere end konklusionen, at konverteringen har en væsentlig samfundsøkonomisk værdi, som følge af betalingsvilligheden af de rekreative forbedringer og den forøgede biodiversitet.

Øget stormfald som følge af klimaændringerne rammer rødgran i monokultur væsentligt hårdere end naturnær skov og er samtidig med til at mindske den rekreative og biologiske værdi af området. Dette er der ikke taget højde for i den refererende prissætning af de rekreative og biologiske værdier. Det vil sige, at når der tages højde for klimaændringerne, så stiger de rekreative og biologiske værdier yderligere ved konvertering fra rødgran til naturnær skov.

Estimaterne for den årlige betalingsvilje for rekreation og biodiversitet overstiger alt i alt den samlede omkostning i nutidsværdi ved konvertering til

naturnær skovdrift. Der er således en præference i befolkningen, som langt overstiger de driftsøkonomiske omkostninger ved tiltaget. Det vil sige, at det ud fra et velfærdsøkonomisk synspunkt er mest favorabelt at konvertere så tidligt som muligt.

Derved bliver det mest interessante spørgsmål for den velfærdsøkonomiske analyse ikke, hvornår der skal konverteres, men hvordan der skal konverteres. Skal man i dag starte med den dyrere intensive konvertering for at kunne opnå en velfærdsøkonomisk gevinst så tidligt som muligt? Eller bør man foretage den billigere ekstensive konvertering, hvor den samlede rekreative og biologiske værdi bliver mindre som følge af den kun gradvise konvertering?

Med de kun sporadiske velfærdsøkonomiske data kan denne afvejning imidlertid ikke opstilles som et egentligt velfærdsøkonomisk regnestykke. En mere løs overvejelse vil tage udgangspunkt i den tilsyneladende relativt høje betalingsvilje for rekreative naturværdier og biologisk mangfoldighed i Danmark, og i at den marginale værdi af disse formentlig vil være faldende i takt med, at stadig flere skove konverteres. Givet disse forhold, er det sandsynligt, at den velfærdsøkonomiske nytte af konverteringen maksimeres ved nu at foretage en del af konverteringerne ud fra en intensiv strategi, hvor den naturnære skov etableres så hurtigt som muligt. Efterhånden som den marginale nytte af konverteringen falder, kan de billigere ekstensive strategier efterfølgende tages i anvendelse.

Den driftsøkonomiske analyse viste altså en præference for at foretage en senere og mere ekstensiv konvertering, samtidig med at en hurtig konvertering virker mest favorabel ud fra en velfærdsøkonomisk vurdering.

## 5.9 Sammenfatning

Klimaændringerne forventes at medføre flere og kraftigere storme, med den effekt at stormfaldet i danske skove øges. Særligt rødgran i ensaldret monokultur vil opleve en øget stormfaldsrisiko som følge af klimaændringerne. Derfor vil klimaeffekterne betyde en ændring i værdien af at konvertere rødgran til naturnær skovdrift. Sammenhængen mellem klimaændringerne og værdien af konvertering til naturnær skov var derfor emnet for denne case.

Konklusionen af den driftsøkonomiske analyse er, at en konvertering af Danmarks eksisterende rødgranareal til naturnær skovdrift er at foretrække frem for fortsat drift af rødgran i monokultur.

Givet den øgede risiko for stormfald, gælder dette stort set alle de opstillede konverteringsstrategier med en præference for de billige og ekstensive strategier. Dette resultat betyder imidlertid, at etableringen af en naturnær og stabil skovstruktur med flere forskellige aldre og arter skubbes ud i fremtiden, fordi det er behæftet med omkostninger at imødegå klimaændringernes effekter ved at konvertere nu. Dette resultat gælder for arealer med en dårlig såvel som en middelgod og god jordkvalitet med en tendens til, at jo bedre jordkvalitet desto tidligere kan det betale sig at foretage konverteringen. Det skyldes, at de mere produktive, gode jorde bedre kan forrente investeringen til konverteringen i forhold til de dårlige jorde.

Stormfaldsrisikoen har stor effekt på de driftsøkonomiske tal. Desto højere stormfaldsrisiko desto bedre driftsøkonomi i at konvertere til naturnær

skovdrift. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at stormfaldsrisikoen for naturnære skove er fastsat til nul i modelberegningen. Stiger stormstyrken over et kritisk niveau, må stormfald dog også kunne forventes for de mere stabile træarter, hvilket vil påvirke driftsøkonomien i naturnære skove negativt. Dette tager modellen ikke højde for, og præferencen for naturnær skov bør ses med dette forbehold.

Beregningerne tager ikke højde for det generelle fald i sundhed hos rødgranen, som et varmere klima vil medføre. Denne effekt vil yderligere forringe værdien af drift af rødgran i Danmark, og således styrke præferencen for naturnær skovdrift, der primært indeholder løvtræarter.

I analysen af konvertering af rødgran til naturnær skovdrift er anvendt en årlig diskonteringsrente på 2%, hvilket er almindeligt i driftsøkonomiske analyser af skovbrug. Anvendes i stedet en rente på 6%, vil tendensen være, at de konverteringsstrategier, der indebærer en tidlig og/eller dyr investering, vil stå relativt svagere i forhold til resultaterne ved en diskonteringsrente på 2%. Omvendt vil konverteringsstrategier, som har små eller ingen initialomkostninger, stå stærkere.

Tendenserne i resultaterne af den driftsøkonomiske analyse stemmer overens med basis-scenariet, som udgøres af beregningerne i Thorsen og Strange (2003), hvor klimaeffekterne ikke er medregnet. Den væsentligste forskel på nærværende analyse og basis-scenariet er, at den øgede stormfaldsrisiko gør de dårlige jorde med rødgran endnu mindre rentable. Det vil sige, at jo ringere jordkvalitet desto mere forringer en stigende stormfaldsrisiko driftsøkonomien af rødgran, og jo bedre kan det derfor betale sig at konvertere på disse jorde.

Ændringer af stormfrekvensen til henholdsvis 8 og 16% i forhold til de 12% i grundanalysen viste, at de grundlæggende resultater er robuste over for stormfrekvensen. Det vil sige, at de samme strategier er at foretrække på nogenlunde de samme tidspunkter, med den modifikation, at det for de gode og middelhøje jorde gælder, at jo højere stormfrekvens, desto tidligere kan det betale sig at gennemføre konverteringen.

Konvertering fra en monokultur af rødgran til en mere biologisk mangfoldig blandingskov forøger skovens rekreative og biologiske værdi væsentligt, og derved også den velfærdsøkonomiske værdi. Konklusionen er baseret på to studier af for det første danskernes generelle betalingsvilje for en blandet skov i forhold til en skov med ren rødgran, og for det andet et studie af danskernes betalingsvilje for en øget biodiversitet i forbindelse med Store Åmoseprojektet. Disse studier er imidlertid forbundet med så store usikkerheder og er indholdsmæssigt så relativt langt fra den konkrete situation, at estimaterne ikke uden videre kan overføres til nærværende case. Derfor opnås ingen specifikke estimater for den samfundsøkonomiske værdi af tiltaget.

Omkostningen ved at konvertere alle rødgranarealer i Danmark estimeres til en nutidsværdi på 1,3 mia.kr. I to værdisætningsundersøgelser (Olsen og Lundhede og Miljøstyrelsen) fra 2005 identificeres en samlet betalingsvillighed for konvertering af skov fra rødgran til naturnær skov på hhv. 2,4 mia. kr. pr. år som følge af øgede rekreative værdier, og 2,2 mia. kr. pr. år som følge af øget biodiversitet. Der forekommer således at være en betalingsvilje i befolkningen, som langt overstiger de samlede driftsøkonomiske omkostninger ved konvertering, forudsat en risiko for stormfald på 12% pr. år.

I den velfærdsøkonomiske vurdering skal der tages højde for, at adgangen til private skove er delvist begrænset i forhold til offentlige skove, hvilket begrænser den rekreative værdi af private skove. Der skal yderligere tages højde for, at et øget stormfald som effekt af klimaændringer vil være med til at øge den rekreative værdi af naturnær skov i forhold til rødgran, der falder væsentligt nemmere i storm end den naturnære skov.

Samlet set kan det konkluderes, at en konvertering til naturnær skovdrift både er drifts- og velfærdsøkonomisk fornuftigt ved en forventning om en stormfaldsrisiko på 12%/år for rødgran.

Der er imidlertid forskel på, hvornår og med hvilket tempo det er optimalt at konvertere driftsøkonomisk og velfærdsøkonomisk.

Ud fra et driftsøkonomisk synspunkt vil en ekstensiv konverteringsstrategi være at foretrække, dvs. en gradvis proces over et par årtier.

Ud fra en velfærdsøkonomisk betragtning, hvor også gevinsterne som rekreative værdier og biodiversitet medregnes, er konklusionen, at en både mere intensiv og hurtigere konvertering vil være det optimale. Det gælder for både private og statslige skove.

For statsskovene er der allerede igangsat initiativer til konvertering med baggrund i Handlingsplanen for naturnær skovdrift fra 2000. Ca. en tredjedel af rødgranskovene er statslige. Men her viser analysen altså, at konverteringen bør fremrykkes mest muligt ud fra en velfærdsøkonomisk betragtning. For de private rødgranskove, som dækker de resterende 2/3 af rødgranarealet, er der ikke taget initiativ til en konvertering til naturnær skov, men også her er en så hurtig konvertering som mulig det velfærdsøkonomisk mest optimale.

# 6 Case 3: Sundhed – Skovflåter

## 6.1 Indledning og Baggrund

Skovflåter kan være smittebærere af Lyme Borreliose og skovflåtbåren hjernebetændelse. I denne case fokuseres på tiltag rettet mod udbredelsen af skovflåtbåren hjernebetændelse, som også kaldes Tick-Borne Encephalitis (TBE). Skovflåter er udbredt i store områder i Centraleuropa og Skandinavien. I Danmark er TBE kun dokumenteret på Bornholm.

De registrerede tilfælde med TBE er steget kraftigt i en række lande i Europa, jf. tabel 6.1. Specielt er det værd at bemærke forskellen i væksten mellem Tjekkiet og Østrig. I midten af 1980'erne var hyppigheden af TBE-tilfælde i de to lande på samme niveau, men har siden udviklet sig forskelligt, hvilket formentlig skyldes et koordineret vaccinationstiltag i Østrig.

Tabel 6.1: Vækst i det gennemsnitlige antal TBE-infektioner i perioderne 1981-1990 til 1991-2000 i udvalgte lande.

Land	pct.
Estland	351
Letland	326
Litauen	906
Polen	588
Sverige	113
Tjekkiet	118
Tyskland	342
Østrig	-39

Kilde: WHO rapport, 2004.

Note: Det gennemsnitlige årlige antal TBE-infektioner i hver periode er fundet, hvorefter væksten fra den ene periode til den anden periode er beregnet.

Kilde: WHO rapport, 2004.

Note: Det gennemsnitlige årlige antal TBE-infektioner i hver periode er fundet, hvorefter væksten fra den ene periode til den anden periode er beregnet.

TBE-virus overføres formentlig i umiddelbar forbindelse med biddet. I Sverige skønnes det, at 1 ud af 600 flåtbid resulterer i infektion ([www.ssi.dk](http://www.ssi.dk)).

Højsæsonen for smitte er maj til september. Sygdomsforløbet kan opdeles i to faser. Fase 1 varer typisk 2-4 dage og minder om influenza. For 1/3 af de ramte personer går sygdommen over i fase 2, som minder om meningitis, hvilket varer fra få dage til få ugers varighed.

Fase 2 kan dog også udmønte sig i et længere sygdomsforløb over flere måneder, hvor 1-2% dør og enkelte patienter får varige mentale eller neurologiske skader.

Sygdomsbilledet varierer afhængig af alder. Således kan børn og unge næsten gå uberørte gennem sygdomsforløbet, mens ældre over 60 år kan have længerevarende hospitalsophold med risiko for at dødsfald.

Der findes ingen behandling af TBE-virusset. Således søges det blot at opretholde vand- og saltbalancen, samt at give patienten tilstrækkeligt med næring og vitaminer. Smitte med TBE medfører immunitet over for TBE-infektion resten af livet. Vaccination mod TBE er dog en forebyggende mulighed, som anbefales i flere lande.

Flere internationale studier viser, at udbredelsen af TBE øges ved temperaturforskydninger. Derfor er TBE-smittebærende skovflåter en interessant case i klimatilpasningsøjemed.

Formålet med casen er at vurdere, hvor udbredt TBE skal blive i Danmark, før et vaccinationstiltag er en velfærdsøkonomisk fordel.

### 6.1.1 TBEs udbredelse i Danmark

Siden 2001 er der registreret 24 tilfælde af TBE i fase 2 i Landspatientregisteret (LPR) og 22 tilfælde hos Statens serum institut (SSI). Af de 22 registrerede tilfælde hos SSI oprinder alle de 18 danske tilfælde fra Bornholm. Heraf er ni erhvervet af fastboende på Bornholm og ni i forbindelse med ophold på Bornholm.

I gennemsnit bliver ifølge LPR 1,8 fastboende bornholmere smittet med TBE om året. Det svarer til en sandsynlighed på ca. 1:24.000. Det vurderes, at alle de smittede er i fase 2 i sygdommen. Sandsynligheden for at blive smittet med den første fase af sygdommen er tre gange højere - altså 1:8.000. Ingen danskere er endnu døde af sygdommen.

Hvis TBE bredte sig til hele landet, ville det svare til, at 678 personer blev smittet om året, hvoraf 226 kom i fase 2.

Til sammenligning regner man med op til ca. ét tilfælde TBE-infektion i fase 2 pr. 10.000 indbyggere ved søen Mälaren i Sverige ([www.ssi.dk](http://www.ssi.dk)). Hvis denne smitterisiko ekstrapoleres til den danske befolkning, svarer det til, at 1.627 personer bliver smittet med TBE, hvoraf 542 kommer i fase 2. I denne region i Sverige vurderes smitterisikoen dermed at være 2,4 gange højere end på Bornholm.

Tabel 6.2: Oversigt over antal registrerede indlæggelser med TBE

År	Landspatientregister		Statens Serum Institut, laboratoriepåviste tilfælde	
	Antal udskrivninger	Gennemsnitlig liggetid	Antal TBE	Oprindelse
2001	4	4,5	4	(DK=3, Sverige=1)
2002	3	6,7	1	(DK=1)
2003	3	9	4	(DK=4)
2004	7	11,1	10	(DK=8, Sverige=1, Østrig=1)
2005	7	9,6	3	(DK =2, Sverige=1)
I alt	24	8,8	22	

Kilde: Landspatientregistret og Statens Seruminstitut

Sandsynligheden for at blive smittet med TBE i fase 1 er 0,01% (1:8.000). Heraf får 1/3 TBE i fase 2, hvoraf 1,5% dør. Betydningen af disse tal for en population på 100.000 personer er beregnet i tabellen nedenfor.



Tabel 6.3: Sygdomsforløb for en population på 100.000 ved smitterisiko på 1:8000

	TBE - fase 1	TBE - fase 2	TBE-dødstilfælde
Antal personer pr. år	12,50	4,17	0,06
Symptomer	Influenzalignende symptomer	Meningitislignende symptomer	
Varighed	3-4 dage	21 dage	

Endvidere fremgår sygdommens symptomer og varighed i de to faser af tabellen.

## 6.2 Klimaforandringer og forventede effekter

### 6.2.1 Temperaturstigning

En WHO-rapport (McMichael et al., 1996) har påvist, at antallet af insektbårne sygdomme påvirkes af ændringer i temperaturen. I den relation er det relevant at se på udbredelsen af TBE i relation til klimaændringer i Danmark.

Det vurderes, at TBE responderer mærkbart på selv små forskydninger i klimaet. Den underliggende økologi bag skovflåter mangler dog stadig at blive udforsket yderligere. Det er derfor vanskeligt at påvise årsag/virkningsforhold mellem klimaændringer og TBE.

Der findes på nuværende tidspunkt ingen resultater, som påviser en korrelation mellem klimaændringer og udbredelsen af TBE i Danmark, men derimod er der foretaget en række studier fra Sverige og Centraleuropa.

Et tjekkisk empirisk studie (Zeman og Cestmir, 2004) påviser entydigt en sammenhæng mellem temperaturstigninger og udbredelsen af TBE i bjerge i Centraleuropa. Et varmere klima forklarer ikke alene den øgede hyppighed af TBE i bjergene. Varmere vintre og ændringer i udnyttelse af landbrugsjorden vil medføre en øget bestand af hjortevildt, som skovflåter er afhængige af. Dette påvirker altså også den øgede hyppighed af TBE i de centraleuropæiske bjerge.

Studier i Sverige (Lindgren, Tälleklint og Polfeldt, 2000) har vist en signifikant korrelation imellem hyppigheden af TBE-infektioner og antallet af dage med minimumstemperaturer over det niveau, hvor skovflåter er aktive. Det tyder på, at temperaturstigninger, der skyldes klimaændringer, vil have en effekt på antallet af TBE-infektioner i de lande, hvor de smittebærende skovflåter eksisterer.

Det svenske studie har yderligere påvist, at de varme somre i 1990'erne medførte et øget antal skovflåter i forhold til de koldere og kortere somre i 1980'erne. Studiet undersøgte, hvorvidt en udbredelse mod nord af den smittebærende skovflåt samt en øget densitet af eksisterende bestande skyldtes ændringer i klimaet.

Studiet konkluderede, at det årlige antal af dage med minimumstemperaturer over den livsvigtige bioklimatiske grænseværdi på  $-7^{\circ}\text{C}$  for skovflåter har en tæt relation til densiteten af skovflåter i det centrale Sverige. Vintrene var i

undersøgelsesperioden markant mildere i hele undersøgelsesområdet i 1990'erne i forhold til 1980'erne. Ligeledes var forårs- og efterårssæsonen udvidet med flere dage med minimumstemperaturer mellem 5 og 8°C, hvilket medførte en øget skovflåtdensitet i området. Studiet konkluderer, at klimaet formentlig er en af de vigtigste grunde til den øgede densitet og geografiske udbredelse af TBE-smittebærende skovflåter.

Et andet studie (Randolph, 2001) angiver en række grunde til den ændrede geografiske udbredelse af skovflåter i Europa. Befolkningens ændrede bevægelsesmønstre i de ramte områder har bragt mennesket tættere på de smittebærende skovflåter. Yderligere angives et ændret landskab som grund til udbredelsen af skovflåter. Ved at øge udbredelsesområdet for det dyreliv, som skovflåter er afhængige af, øges skovflåtdensiteten signifikant. Øget overvågning og øget kvalitet i diagnosticeringen af TBE har til gengæld medført, at TBE er mindre underrapporteret end tidligere.

Studiet forsøger endvidere at forudsige den fremtidige udbredelse af TBE ved at identificere den nuværende udbredelse af TBE og sammenholde disse data med de klimatiske forhold i områderne. Ved hjælp af klimamodeller identificeres de områder, der i tilfælde af klimaændringer, har samme karakteristika.

Den nuværende udbredelse af TBE kunne afgrænses med 86% sikkerhed ved hjælp af denne metode. Ved hjælp af Hadley Centre for Climate Prediction and Researchs medium-high scenario vurderes det, at klimaændringer vil påvirke udbredelsen af TBE til højere breddegrader og højere højdemeter.

I 2020'erne forventes TBE at være forsvundet fra Frankrig, Schweiz, Kroatien, Slovenien, Ungarn og det meste af Østrig. TBE vil være rykket nordpå mod de baltiske lande. I 2050'erne ventes TBE at være rykket op i bjergene i Polen og Slovakiet og mod nordvest til Skandinavien. I 2080'erne vurderes det, at TBE kun eksisterer få steder i Skandinavien og i det sydlige Finland.

Der foreligger altså stadig et betydeligt stykke forskning, før der kan drages en entydig konklusion på relationen mellem klimaændringer og den geografiske udbredelse af TBE, samt på relationen mellem klimaændringer og densiteten af smittebærende skovflåter.

Den manglende viden inden for området betyder, at der ikke kan gives et skøn for korrelationen mellem klimascenarierne og udviklingen i antallet af smittebærende skovflåter.

Der analyseres derfor i det følgende på, hvor stor sandsynligheden skal være for at blive smittet med TBE, før vaccination kombineret med en informationskampagne er en velfærdsøkonomisk fordel.

## 6.3 Tilpasninger spontane og planlagte

### 6.3.1 Spontane klimatilpasninger

Det vurderes, at der allerede i dag sker en løbende spontan tilpasning både i den almene befolkning og i sundhedssystemet.

En øget opmærksomhed på skovflåter i den almene befolkning, der skyldes et øget antal af smittede personer, forventes at øge opmærksomheden på skovflåter, der igen vil medføre, at befolkningen i højere grad tager de fornødne forholdsregler med hensyn til påklædning og er opmærksomme på skovflåter på kroppen, før de bider sig fast og smitter.

Ligeledes vil en større andel af befolkningen lade sig vaccinere for TBE, uafhængigt af et vaccinationstiltag fra myndighedernes side.

Det må endvidere forventes, at en øget opmærksomhed hos sundhedsmyndighederne vil medføre et øget brug af TBE vaccination.

I andre lande er det observeret, at en øget opmærksomhed har medført, at flere personer er blevet testet for TBE (Randolph, 2001). Dermed er antallet af observerede tilfælde øget, uafhængigt af den faktuelle udvikling i TBE. Det kan derfor forventes, at antallet af observerede tilfælde af TBE i Danmark vil øges i takt med, at opmærksomheden på TBE øges.

### 6.3.2 Planlagte klimatilpasninger

Vaccination mod TBE af folk, der færdes meget i de områder i naturen, hvor de smittebærende skovflåter eksisterer, er en mulighed til at begrænse effekterne af en øget forekomst af smittebærende skovflåter.

På Bornholm anbefales vaccination af personer, der er fastboende eller har fast ophold om sommeren og som hyppigt færdes i områder, hvor skovflåterne typisk opholder sig. Blandt andet er alle offentligt ansatte blevet tilbudt vaccination. De praktiserende læger er blevet informeret om TBE via embedslægen på Bornholm. Derudover har der i de lokale medier været øget opmærksomhed på TBE. De to forhold har medført, at skønsmæssigt 3-6% af de fastboende bornholmere lader sig vaccinere og revaccinere.

I en konkret vurdering, om hvorvidt en vaccination bør anbefales, skal der tages hensyn til personens færden uden for stierne i skov og krat. Ved korte ophold på Bornholm anbefales ikke vaccination, med mindre det faste tilholdssted ved opholdet er i skoven.

Da bivirkninger ved vaccinationen er relativt beskedne, vil der sjældent være grund til at fraråde vaccinen, hvis der foreligger et udtalt ønske om vaccination.

Af praktiske hensyn kan man vælge kun at vaccinere fra 7 år og opefter, hvor TBE-vaccination i øvrigt skønnes relevant. Bivirkninger ved vaccinen er hyppigere hos mindre børn, hvor risikoen for alvorlig TBE-infektion omvendt er meget lille.

Flere lande har indført vaccinationstiltag. Østrig har siden 1981 ført en intensiv mediekampagne, som har ført til, at 87% af befolkningen i dag er vaccineret mod TBE. Antallet af indlagte patienter med TBE er faldet fra 427 i 1981 til 109 i 1990. Hvis udviklingen i TBE-tilfælde i Østrig var fortsat lineært fra 1971, ville antallet af TBE-tilfælde i 1990 være 585. Et sundhedsøkonomisk studie (Schwarz, 1993) af TBE i Østrig i tidsrummet 1981-1990 viste, at omkostningerne ved TBE ville have været 100,4% større, hvis udviklingen i TBE ikke var blevet bremset.

En kampagne, der informerer om farerne ved bid fra skovflåter og metoder til at fjerne skovflåter, kan også være en metode til at begrænse effekterne af klimaændringerne. En sådan kampagne vil samtidig begrænse hyppigheden af borreliainfektioner.

#### 6.4 Metode og forudsætninger

På baggrund af de indhentede oplysninger om sammenhængen mellem temperaturstigninger og udbredelsen samt densiteten af skovflåter, er det ikke muligt at drage en entydig konklusion om, hvorvidt TBE vil sprede sig til resten af Danmark samt hvor hyppigt smitte med TBE vil forekomme. Det kan dog konkluderes, at TBE-smittebærende skovflåter responderer mærkbart på ændringer i klimaet.

Givet den manglende dokumenterede sammenhæng mellem klimaforandringerne og udviklingen i antallet af smittebærende skovflåter i Danmark, analyseres det, hvor stor sandsynligheden skal være for at blive smittet med TBE, for at det er en velfærdsøkonomisk fordel at informere og vaccinere mod TBE. Analysen gennemføres inden for rammerne af en cost-benefit analyse.

Scenariet er hypotetisk og for at understrege dette, regnes der på en population på 100.000 personer. Alle tal kan dog principielt ekstrapoleres til hele Danmarks befolkning på 5,44 mio.

Analysens hovedresultat afdækker den smitterisiko, som gør, at de undgåede sundhedsomkostninger og produktivitetstab kan betale for omkostningerne ved informationskampagne og vaccinationer. Da der er tale om en break-even analyse, er denne smitterisiko uafhængig af populationens størrelse.

Det er vanskeligt at vurdere, hvorvidt en øget hyppighed af TBE-vaccinationer i befolkningen skyldes spontane tilpasninger eller et planlagt klimatilpasningstiltag. Visse personer vil lade sig vaccinere uafhængigt af et vaccinationstiltag. Der eksisterer ingen historiske data, der muliggør en adskillelse af disse effekter. Der skelnes derfor ikke imellem spontane og planlagte effekter i cost-benefit analysen.

I grundanalysen anvendes Cost-of-Illness-metoden (COI). Denne metode inddrager de direkte og indirekte effekter af tiltaget, men indeholder ikke disnytte ved sygdom. I modsætning til Willingness-to-Pay (WTP) -metoden medtages således ikke hele velfærdstab/gevinsten. COI-metoden bliver ofte benyttet til at værdisætte alvorlige sygdomme såsom hjerteanfald, eftersom empiriske estimater af velfærdstab ved sådanne sygdomme er usikre (World Bank, 2003). Resultater fra WTP-analyser er i sig selv forbundet med stor usikkerhed. Dertil kommer usikkerheden, som knytter sig til benefit transfer af resultater fra andre studier. Derfor regnes der i det følgende med udgangspunkt i resultater fra COI-analysen, men WTP-resultaterne inddrages i følsomhedsanalysen.

Der regnes i udgangspunktet med en diskonteringsrente på 6%, en nettoafgiftsfaktor på 1,17 og et skatteforvriddningstab på 20%. Det år, tiltaget iværksættes, er basisåret (år nul) i analysen. Nutidsværdier er beregnet i år 0.

## 6.5 Konsekvensbeskrivelse

I dette afsnit opgøres relevante faktorer i forhold til at kunne gennemføre den velfærdsøkonomiske og budgetøkonomiske analyse.

I tabel 6.4 er konsekvenserne opstillet. Nutidsværdierne er beregnet ved en diskonteringsrate på 6% og ved en uendelig tidshorisont, og er inklusive skatteforvriddningstab og nettoafgiftsfaktor ved de relevante beløb.

Tabel 6.4: Beregningsforudsætninger

2005-priser		Nutidsværdi	
		Velfærdsøkonomisk	
Effekter			
5 pct. vaccineres medfører en 30 pct. reduktion i antal smittede			
Omkostninger		– kr. –	
Informationsmateriale	–20.000 kr. pr. år	For en befolkningsgruppe på 100.000 personer	426.071
Vaccination	500 kr. pr. stk.	3 gange det første år, herefter 1 gang hvert 3 år	24.362.554
Fordele ved undgået smitte		Nutidsværdi af reducerede omkostninger for én undgået smittet person pr. år	
Reducerede hospitalsudgifter	–51.000 kr. pr. indlæggelse	For TBE i fase 2	1.185.752
Reducerede "andre" sundhedsudgifter	190 pr. konsultation	2 konsultationer for TBE i fase 1	8.841
		5 konsultationer for TBE i fase 2	13.261
Reduceret produktivitetstab ved sygdom	817 kr. pr. dag	4 dage for TBE i fase 1	63.158
		21 dage for TBE i fase 2	268.420
Reduceret produktivitetstab ved død	2,86 mio.kr. pr. person	Ssh. for at dø i fase 2 er sat til 1,5 pct.	55.292.018

### 6.5.1 Omkostninger

Omkostningssiden i cost-benefit analysen består af omkostninger til koordinering af tiltaget og informationsmateriale samt omkostninger til vaccination.

Andre omkostninger, som f.eks. omkostninger vedrørende transport til vaccination og tabt produktivitet i forbindelse med vaccination er ikke medtaget i denne analyse, da disse vurderes at være relativt begrænsede, og da der ikke eksisterer tilgængelige data.

#### **6.5.1.1 Omkostninger til informationskampagne**

Der er antaget årlige udgifter til koordinering af tiltaget og informationsmateriale på knap 20.000 kr. pr. 100.000 indbyggere, svarende til 1 mio.kr. årligt for et landsdækkende tiltag. Det er endvidere antaget, at dette vil medføre, at 5% vil lade sig vaccinere.

#### **6.5.1.2 Omkostning til vaccination**

TBE-vaccinationen koster ifølge embedslægen på Bornholm 500 kr. pr. styk. Vaccinationen skal foretages tre gange det første år og herefter fornys hvert 3.

år. Vaccinationen har en beskyttelsesgrad på mellem 95 og 100%, og har kun få bivirkninger.

Det antages i grundanalysen, at vaccinationstiltaget er brugerbetalt, og at de mest udsatte 5% af befolkningen modtager vaccination mod TBE.

Hvorvidt det lykkes at identificere den mest udsatte gruppe i befolkningen er usikkert. Som udgangspunkt antages det i analysen, at hyppigheden af TBE-infektioner falder med 30% ved at vaccinere 5% af befolkningen. Der er således tale om et tiltag, som er målrettet risikogruppen. Såfremt en mere målrettet strategi mod personer i særlig risiko kan etableres, kan en øget effekt af vaccination forventes. Der vil derfor blive foretaget en følsomhedsanalyse på denne parameter.

### 6.5.2 Fordele

Fordelene i cost-benefit analysen er opgjort som de reducerede direkte og indirekte udgifter i forbindelse med et antal undgåede tilfælde af TBE.

De reducerede direkte udgifter består af undgåede udgifter inden for sundhedsvæsenet.

De undgåede indirekte udgifter består af reduceret produktivitetstab ved sygdom og reduceret produktivitetstab ved død.

#### 6.5.2.1 Sundhedsomkostninger

Sundhedsomkostningerne deles op i udgifter til hospitalsindlæggelse og i "andre" udgifter for sundhedssystemet, som er udgifter ved konsultation af privat praktiserende læge.

Der var i perioden 2001-2005 ifølge Landspatientregisteret årligt 4,8 indlæggelser med en TBE-diagnose. En indlæggelse kostede i 2005 ifølge amternes takster for intern afregning (DRG - Diagnose Relaterede Grupper) i gennemsnit 51.129 kr. Datamængden er dog relativt lille, hvorfor den gennemsnitlige hospitalsomkostning bør anvendes med en vis varsomhed.

En TBE-infektion medfører endvidere omkostninger for sundhedssystemet, både før og efter en eventuel hospitalsindlæggelse. Dette omfatter omkostninger ved medicin, speciallæger, praktiserende læger og anden genoptræning.

De gennemsnitlige omkostninger ved at konsultere en praktiserende læge er ifølge den offentlige sygesikring 190 kr. Sundhedsstyrelsen har skønnet, at fase 1 kræver 2 konsultationer og fase 2 kræver 5 konsultationer.

#### 6.5.2.2 Produktivitetstab ved sygdom

Produktivitetstab pr. sygedag er opgjort som den gennemsnitlige primære indkomst pr. arbejdsdag tillagt et produktivitetstab.

Personer over 60 år har ifølge LPR flere sengedage ved TBE-infektioner end resten af befolkningen, samt en mindre primær årlig indkomst. I denne analyse antages det på grund af manglende data, at produktivitetstab er uafhængig af alder. Analysen overvurderer derfor formentlig produktivitetstab.

Tabel 6.5: Produktivitetstab ved sygdom, 2005 priser

	Kr. – dage – %
Primær årlig indkomst (kr.)	171.500 kr.
Antal arbejdsdage pr. år	252 dage
Primær indkomst pr. dag (kr.)	681 kr.
Produktivitetstab (kr.)	20 %
I alt tabt produktivitet pr. dag (kr.)	817 kr.

Note: Den gennemsnitlige primære indkomst er opgjort på grundlag af tal fra Danmarks Statistik. Produktivitetstab og antal arbejdsdage tager udgangspunkt i tal, der tidligere er opgjort af DMU (Andersen et al., 2004).

Fase 1 er skyld i 4 tabte arbejdsdage for en smittet person. For en tredjedel af disse personer går sygdommen over i fase 2, der er årsag til gennemsnitligt 21 tabte arbejdsdage.

### 6.5.2.3 Produktivitetstab ved død

Produktivitetstab ved død sættes til 2,86 mio.kr. (2005-priser) på baggrund af Vejdirektoratets værdisætning (Vejdirektoratet, 1999).

Vejdirektoratets metode tager udgangspunkt i produktionstab ved reduktion i arbejdsstyrkens størrelse. Konsekvent anvendt betyder denne tilgang, at ældre mennesker, som har nået pensionsalderen, ingen produktionsværdi har, mens børn og unge får et meget lavt produktionstab på grund af diskontering.

Mellem 1 og 2% af TBE-diagnosticerede i fase 2 vurderes at dø af sygdommen. I nærværende analyse benyttes sandsynligheden 1,5%.

## 6.6 Velfærdsøkonomisk vurdering

Den velfærdsøkonomiske analyse finder break-even punktet for, hvornår en informationskampagne, som munder ud i vaccination af 5% af en befolkningsgruppe på 100.000, vil være velfærdsøkonomisk neutralt. Det vil sige, hvor hyppigt TBE skal forekomme. Break-even tilgangen er valgt som følge af mangel på kobling mellem klimaeffekter og konsekvenser i form af risikoforøgelse. Af samme årsag er det ikke muligt at regne på forskellige tidshorisonter. Som nævnt ovenfor er den smitterisiko, som findes ved break-even analyse, uafhængig af populationens størrelse.

Analysen udregner sandsynligheder for en befolkning på 100.000 personer. Alle beløb er nutidsværdier regnet fra det år, tiltaget iværksættes, ved en diskonteringsrate på 6% med en uendelig tidshorison.

### 6.6.1 Velfærdsøkonomisk break-even med brugerbetalt vaccination

Det er i denne beregning antaget, at vaccinationen er brugerbetalt. Det offentlige finansierer informationsmateriale, hvormed der opstår et skatteforvridningstab. Til gengæld reduceres sundhedsudgifterne, hvormed skatteforvridningstabet reduceres, som følge af mindre offentlige finansieringsbehov.

Beregningen viser, at det vil være velfærdsøkonomisk neutralt, når sandsynligheden for at blive smittet med TBE i grundscenariet er 1:1014 (0,10%), svarende til, at 99 personer ud af en population på 100.000 bliver smittet. Først med denne risiko, og med dette antal smittede, vil de undgåede udgifter ved de undgåede 30% smittede i tiltaget, kunne finansiere informationskampagnen og vaccinationerne.

Til sammenligning er sandsynligheden for at blive smittet med TBE i dag 1:8.000 (0,01%). Det vil sige, at sandsynligheden skal mangedobles (faktor 8), før tiltaget vil være en velfærdsøkonomisk fordel.

Tabellen nedenfor viser reduktionen i antal smittede i fase 1 og 2, samt antal døde givet en population på 100.000 personer og en smitterisiko på 1:1014, som følge af vaccinationstiltaget.

Tablet 6.6: Færre smittede ved ssh. for TBE på 1:1014

Færre smittede i fase 1	Færre smittede i fase 2	Færre døde
29,59	9,86	0,148

Ved at benytte beregningsforudsætningerne i tabel 6.6 og konsekvensskemaet i tabel 6.7 udregnes de velfærdsøkonomiske gevinster og omkostninger i tabel 6.8. De respektive enhedsomkostninger for en person i hhv. fase 1 og 2, samt ved død ganges på de reducerede antal smittede i tabel 6.8. Herved opnås værdierne nedenfor.

Tablet 6.7: Velfærdsøkonomisk værdi ved ssh. for TBE på 1:1014 og brugerbetaling vaccination

1.000 kr.	
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----	
<b>Omkostninger</b>	<b>24.789</b>
Vaccinationsomkostninger	24.363
Informationsmateriale mm.	355
Skatteforvridningstab	71
<b>Gevinster</b>	<b>24.789</b>
Reducerede hospitalsudgifter	9.748
Reducerede andre sundhedsudgifter	327
Skatteforvridningsgevinst	2.015
Reduceret produktivitetstab	4.517
Reduceret produktivitetstab ved død	8.182
<b>Nettoresultat</b>	<b>0</b>

Ingen europæiske studier har vist lignende hyppigheder, og det forekommer derfor usandsynligt, at et vaccinationstiltag vil blive en velfærdsøkonomisk fordel.

Til sammenligning vil den velfærdsøkonomiske værdi af at vaccinere 5% af en population på 100.000 med den i dag værende sandsynlighed, nemlig 0,01%, koste samfundet knap 22 mio.kr., udtrykt som nutidsværdi, jf. tabel 6.9.

Tablet 6.8: Færre smittede ved ssh. for TBE på 1:8.000

Færre smittede i fase 1	Færre smittede i fase 2	Færre døde
12,5	4,2	0,06

Nettoresultatet udregnes ved hjælp af beregningsforudsætningerne i tabel 6.5 og de opgjorte konsekvenser for reduktion i smittehyppigheden i tabel 6.9.

Tablet 6.9: Samfundsøkonomisk værdi ved ssh. på 1:8.000 for TBE smitte

1.000 kr.	
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----	
<b>Omkostninger</b>	<b>24.789</b>
Vaccinationsomkostninger	24.363
Informationsmateriale mm.	355
Skatteforvridningstab	71
<b>Gevinster</b>	<b>3.141</b>



Reducerede hospitalsudgifter	1.235
Reducerede andre sundhedsudgifter	41
Skatteforvridningsgevinst	255
Reduceret produktivitetstab	572
Reduceret produktivitetstab ved død	1.037
<b>Nettoresultat</b>	<b>-21.648</b>

### 6.6.2 Samfundsøkonomisk break-even med offentlig betalt vaccination

Regnes der omvendt med, at vaccinationen ikke er brugerbetalt men offentligt finansieret med en sandsynlighed for at blive smittet 1:1014, svarende til break-even resultatet, vil der opstå et offentligt nettofinansieringsbehov.

I forhold til tidligere, hvor tiltaget netop var defineret ved at være velfærdsøkonomisk neutralt, koster det nu samfundet 4,9 mio. kr., udtrykt ved nutidsværdi, jf. tabel 6.10. Det negative nettoresultat i forhold til break-even resultatet skyldes de øgede skattefinansierede sundhedsudgifter, der medfører et øget skatteforvridningstab. Gevinsten ved tiltaget er uændret.

Tabel 6.10: Samfundsøkonomisk værdi ved shh. for TBE på 1:1014 og offentlig betalt vaccination

	1.000 kr.
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----	
<b>Omkostninger</b>	<b>29.661</b>
Vaccinationsomkostninger	24.363
Informationsmateriale mm.	355
Skatteforvridningstab	4.944
<b>Gevinster</b>	<b>24.789</b>
Reducerede hospitalsudgifter	9.748
Reducerede andre sundhedsudgifter	327
Skatteforvridningsgevinst	2.015
Reduceret produktivitetstab	4.517
Reduceret produktivitetstab ved død	8.182
<b>Nettoresultat</b>	<b>-4.873</b>

### 6.7 Budgetøkonomisk analyse

Nedenfor vurderes den budgetøkonomiske fordeling af vaccinationstiltaget, ved en sandsynlighed for at blive smittet med TBE på 1:1014.

Resultatet viser, jf. tabel 6.11, at gevinsten ved at vaccinere vil tilfalde det offentlige i form af reducerede sundhedsudgifter. Omvendt opvejer udgifterne til vaccination ikke det forventede reducerede produktivitetstab, hvilket her er antaget at tilfalde husholdningerne.

Den budgetøkonomiske analyse viser, at en rationel person ikke vil lade sig vaccinere, selvom det er en velfærdsøkonomisk fordel, så længe vaccinationen er antaget fuldt brugerfinansieret.

Tabel 6.11: Budgetøkonomisk fordeling - Vaccination brugerbetalt

(1.000 kr.)	Offentlige	Husholdninger
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----		
<b>Omkostninger</b>	<b>303</b>	<b>20.823</b>
Vaccinationsomkostninger		20.823
Informationsmateriale mm.	303	
<b>Gevinster</b>	<b>8.611</b>	<b>10.854</b>

Reducerede hospitalsudgifter	8.331	
Reducerede andre sundhedsudgifter	280	
Reduceret produktivitetstab		3.861
Reduceret produktivitetstab ved død		6.993
Nettofinansieringsbehov	8.307	-9.969

Note: Gevinsten ved et reduceret produktivitetstab er antaget at tilfalde husholdningerne. Dette dækker dog over en besparelse hos både det offentlige i form af færre sygedagpenge og hos erhvervslivet i fortsat lønudbetaling. Betales vaccinationen omvendt af det offentlige, vil husholdningerne lade sig vaccinere, før det vil være velfærdsøkonomisk fornuftigt., jf. tabel 6.12.

Dette taler for, at en eventuel brugerbetaling skal fastsættes ud fra de forventede gevinster, som husholdningerne må antages at opnå.

Tabel 6.12: Budgetøkonomisk fordeling - Vaccination brugerbetalt

(1.000 kr.)	Offentlige	Husholdninger
	---- Nutidsværdi (2005-priser) ----	
Omkostninger	21.126	0
Vaccinationsomkostninger	20.823	
Informationsmateriale mm.	303	
Gevinster	8.611	10.854
Reducerede hospitalsudgifter	8.331	
Reducerede andre sundhedsudgifter	280	
Reduceret produktivitetstab		3.861
Reduceret produktivitetstab ved død		6.993
Nettofinansieringsbehov	-12.515	10.854

Note: Gevinsten ved et reduceret produktivitetstab er antaget at tilfalde husholdningerne. Dette dækker dog over en besparelse hos både det offentlige i form af færre sygedagpenge og hos erhvervslivet i fortsat lønudbetaling.

## 6.8 Følsomhedsanalyse

Hovedresultatet af break-even analysen er, at sandsynligheden for at blive smittet med TBE skal stige urealistisk meget (ca. faktor 8), før det er en velfærdsøkonomisk fordel at vaccinere mod TBE. Resultatet vurderes som et udgangspunkt at være robust.

Der gennemføres følsomhedsanalyser på tre forskellige parametre, der alle vurderes at have relevans og som alle trækker i retning af at gøre tiltaget mere velfærdsøkonomisk rentabelt.

- Diskonteringsrenten – Der gennemføres følsomhedsanalyse på en lavere diskonteringsrente, henholdsvis 1 og 3% En lavere diskonteringsrente vil vægte de fremtidige gevinster og omkostninger relativt højere, så hvis gevinsterne ligger længere ude i fremtiden end omkostningerne, vil det blive velfærdsøkonomisk billigere.
- Succesraten – Der antages en højere succesrate, det vil sige ved vaccination af 5%, falder antal smittede ikke blot 30% som i grundscenariet, men med 50%.
- Willingness-to-Pay – Denne metode indregner disnytte ved at være syg i den velfærdsøkonomiske analyse. Det vil sige, at gevinster ved ikke at blive syg vægtes højere. Endvidere værdisættes liv højere.

Der er for alle følsomhedsanalyser antaget, at vaccinationen er brugerbetalt.

### 6.8.1 Diskonteringsrenten

En lavere diskonteringsrente betyder, at de fremtidige gevinster og omkostninger vægtes højere. De samlede gevinster og omkostninger bliver derved højere med både en diskonteringsrente på 1 og 3%, jf. tabel 6.13. Tiltagene bliver velfærdsøkonomisk positive med sandsynligheden 1:1014 for at blive smittet med TBE fra grundscenariet. Med en rente på henholdsvis 1 og 3% bliver der en velfærdsøkonomisk nettogevinst på godt 8 mio. kr. og knap 8 mio. kr., opgjort i nutidsværdi.

Det skyldes, at omkostninger sammenlignet med gevinster ligger relativt tidligere og derfor vægtes relativt lavere med en lavere rente. De opgjorte beregningsforudsætninger i tabel 6.4 ændres ved diskonteringsfaktoren.

Tabel 6.13: Samfundsøkonomisk værdi ved ssh. for TBE på 1:1014 og en diskonteringsrente på hhv. 1 og 3 %

1.000 kr.	1 pct.	3 pct.
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----		
Omkostninger	68.073	40.283
Vaccinationsomkostninger	66.645	39.502
Informationsmateriale mm.	1.189	651
Skatteforvridningstab	238	130
Gevinster	83.041	45.459
Reducerede hospitalsudgifter	32.655	17.876
Reducerede andre sundhedsudgifter	1.096	600
Skatteforvridningsgevinst	6.750	3.695
Reduceret produktivitetstab	15.132	8.284
Reduceret produktivitetstab ved død	27.409	15.004
Nettoresultat	14.969	5.176

Break-even opstår, når sandsynligheden for at blive smittet er 1:1236 ved en diskonteringsrente på 1% og 1:1144 ved en diskonteringsrente på 3%. Tiltaget vil være velfærdsøkonomisk neutralt med disse kombinationer af diskonteringsrente og smitterisiko.

### 6.8.2 Succesrate ved vaccination af en befolkningsgruppe

Som anført tidligere, kan der, såfremt en mere målrettet strategi mod personer i særlig risiko kan etableres, forventes en endnu højere effekt af vaccination. Sættes succesraten op fra 30 til 50%, vil det være velfærdsøkonomisk neutralt at indføre vaccination, når sandsynligheden for at blive smittet er 1:1689 (0,06%). Dette er dog stadig knap en faktor 5 højere end den nuværende sandsynlighed for at blive smittet på Bornholm. Sættes succesraten ned fra 30 til 10%, skal sandsynligheden stige til 1:338 (0,30%).

### 6.8.3 Willingness-to-Pay

Modsat Cost-of-Illness-metoden, forsøges det i Willingness-to-pay-metoden gennem en præferencebaseret tilgang at tage højde for blandt andet disnyttens ved sygdom og død, tab af fritid mm. Det betyder, at gevinsterne ved undgået sygdom og død, samt tabt fritid vægtes højere.

Ud fra et økonomisk teoretisk synspunkt, giver WTP et mere retvisende billede end COI, da den indeholder nytten ved at forblive rask. Omvendt er estimering af de ikke direkte målbare effekter relativt usikker.

Der foreligger ikke WTP-estimerer for TBE eller lignende neurologiske sygdomme, der fastlægger velfærdstab i form af disnytte ved sygdom og

død. Der er dog tidligere foretaget vurderinger af raten mellem WTP og COI inden for luftforurening (Andersen, 2004). Her viser empiriske undersøgelser, at WTP er to gange større end COI. WTP/COI-raten på 2 er yderst usikker. Det vurderes dog, at raten er større end én, mens den øvre grænse er ukendt. Resultater fra COI-analysen opskaleres derfor med en faktor to.

I WTP medregnes produktivitetstab ved død ikke. Tabet ved død vil til gengæld indgå som værdien af et statistisk liv, som antages at være 9,64 mio. kr., jf. Miljøstyrelsen, som anvender anbefalingerne fra EU-kommisionens Generaldirektorat for Miljø. Anbefalingen for værdien af statistisk liv bygger på et estimat for betalingsvilligheden for at reducere risikoen for at dø af luftforurening.

I forhold til tidligere, hvor tiltaget netop var defineret ved at være velfærdsøkonomisk neutralt, er den velfærdsøkonomiske fordel nu knap 32 mio. kr., udtrykt ved nutidsværdi, jf. tabel 6.14. WTP-analysen er foretaget ved hjælp af tabel 6.4 og tabel 6.6. Omkostningerne er som angivet i tabel 6.4, mens gevinsten ved tiltaget påvirkes af den ændrede metode for værdisættelse for tab af liv, samt at alle gevinster multipliceres med to.

Tabel 6.14: WTP Samfundsøkonomisk værdi ved shh. for TBE på 1:1014

1.000 kr.	
---- Nutidsværdi (2005-priser) ----	
<b>Omkostninger</b>	<b>24.788</b>
Vaccinationsomkostninger	24.363
Informationsmateriale mm.	355
Skatteforvridningstab	71
<b>Gevinster</b>	<b>56.776</b>
Reducerede hospitalsudgifter	19.496
Reducerede andre sundhedsudgifter	654
Skatteforvridningsgevinst	4.030
Reduceret produktivitetstab	9.034
Reduceret tab af statistisk liv	23.563
<b>Nettoresultat</b>	<b>31.988</b>

Ses der på break-even punktet for, hvornår det vil være velfærdsøkonomisk neutralt at indføre vaccination ud fra WTP-tilgangen, skal sandsynligheden for at blive smittet være 1:2320. (0,04%). Dette er dog stadig en faktor 3,4 højere end den nuværende sandsynlighed for at blive smittet på Bornholm.

## 6.9 Sammenfatning

Skovflåtbåren hjernebetændelse (TBE) overføres som nævnt formentlig umiddelbart i forbindelse med bid fra inficerede skovflåter. Sygdommens fase 1 minder om influenza og varer 2-4 dage. Fra fase 1 går ca. 1/3 af tilfældene til fase 2, som minder om meningitis. Det skønnes, at ca. 1-2% heraf vil medføre død.

Tabellen nedenfor viser konsekvenserne af en smitterisiko svarende til den, der findes på Bornholm.

Tabel 6.15: Sygdomsforløb for en population på 100.000 ved smitterisiko på 1:8000

	TBE - fase 1	TBE - fase 2	TBE-dødstilfælde
Antal personer	12,50 (0,01 pct.)	4,17	0,06
Symptomer	Influenzalignende symptomer	Meningitislignende symptomer	
Varighed	3-4 dage	21 dage	

I Danmark, hvor TBE kun er dokumenteret på Bornholm, har der i gennemsnit årligt været konstateret 4,5 tilfælde (inklusive importerede tilfælde) af TBE i fase 2. Sandsynligheden for at blive smittet med TBE på Bornholm i dag skønnes således at være 1:8.000, hvoraf 1:24.000 vil få TBE i fase 2.

Det vurderes, at udbredelsen af TBE-smittebærende skovflåter vil påvirkes af ændringer i temperaturforhold. En præcis sammenhæng mellem klimascenarierne (A2, B2 og EU2C) og den forventede udvikling i Danmark kendes dog ikke i dag.

Der er derfor gennemført en velfærdsøkonomisk analyse (cost-benefit analyse) af, hvor stor sandsynligheden for at blive smittet med TBE skal være for, at det er velfærdsøkonomisk neutralt at vaccinere.

Det er i grundscenariet antaget,

- at den mest TBE-udsatte befolkningsgruppe (5%) vil lade sig vaccinere,
- at det offentlige anvender midler til informationsmateriale og koordinering af tiltaget,
- at antallet af smittede vil falde med 30% (succesraten), og
- at vaccinationen mod TBE brugerfinansieres.

Analysen finder, at sandsynligheden for at blive smittet med TBE skal mangedobles i forhold til i dag for, at vaccination mod TBE er velfærdsøkonomisk neutralt.

Sandsynligheden skal således stige således, at én ud af hver 1014 person smittes med TBE (1:1014), jf. tabel 6.16. Smitterisikoen skal altså stige med knap én faktor 8 sammenlignet med i dag.

Ingen europæiske studier har vist lignende hyppigheder, og det forekommer derfor ikke sandsynligt, at et vaccinationstiltag vil blive en sandfundsøkonomisk fordel.

Tabel 6.16: Vaccination velfærdsøkonomisk neutral ved given smitterisiko og 6 % diskontering

	I dag	Grund-scenarium	Følsomhedsanalyser		
			Diskonteringsrente nedsættes fra 6 til 1 pct.	Succesrate for vaccination forhøjes fra 30 til 50 pct.	WTP Faktor 2 Medtager disnytte ved sygdom og død
Smutterisiko	1:8.000	1:1014	1:1236	1:1689	1:2320

De gennemførte følsomhedsanalyser for en lavere diskonteringsrente, en højere succesrate, og Willingness-to-Pay-metode, der indregner disnytte ved

sygdom og død, forbedrer alle resultatet. Det vil sige, at krav til smitterisikoen ikke skal være helt så højt for, at vaccination af en befolkningsgruppe vurderes velfærdsøkonomisk neutral, jf. tabel 6.16.

Det kan ikke udelukkes, at særlige grupper har en betydelig højere smitterisiko sammenlignet med gennemsnittet, eller højere sandsynlighed for, at TBE går til fase 2. Dette kan eksempelvis gøre sig gældende for folk, der arbejder i skoven, motionsløbere, hundeluftere, campingfolk, fuglekikkere, stavgængere, spejdere etc. For disse grupper kan det ikke udelukkes, at vaccination kan være fornuftig.

Samlet set vurderes tiltaget "vaccination" ikke at være en velfærdsøkonomisk fordel med de nuværende sandsynligheder for at blive smittet med TBE.

# 7 Case 4: Kloakker

## 7.1 Indledning og Baggrund

Kloakområdet er relevant at undersøge i forhold til forventede klimaforandringer, idet kloakområdet er kendetegnet ved at have en lang investeringshorisont. Dette betyder, at en del af de strategiske og planmæssige beslutninger, der tages i dag, vil have effekt de næste 50-100 år.

Der er derfor allerede i dag en øget opmærksomhed fra kommunernes side i forhold til, hvorledes de skal forholde sig til de fremtidige udfordringer.

Casen indeholder først en beskrivelse af de forventede relevante klimaændringer og deres effekter. Dernæst gennemgås de mulige spontane og planlagte klimatilpasningstiltag. Det efterfølgende afsnit vedrørende de metodiske overvejelser er delt op i tre dele. Først diskuteres manglen på data inden for klimaændringerne, deres effekter og de forskellige tiltagsmuligheder. For det andet vurderes det, hvordan en samfundsøkonomisk analyse kan gribes an i en situation, hvor kommunen ønsker at opretholde kloaksystemets nuværende serviceniveau, og dernæst for det tredje en situation, hvor det samfundsøkonomisk optimale serviceniveau revurderes som følge af et ændret klima. Herefter gives et overslag over det samlede investeringsomfang, hvis kloakkerne skal dimensioneres efter de forventede klimaændringer. Til sidst gives eksempler på henholdsvis en risikoanalyse for Københavns Kommunes kloaksystem og en kortlægning af behov og muligheder for tilpasningstiltag i Ålborg kommune.

## 7.2 Klimaforandringer og forventede effekter

### 7.2.1 Klimaforandringer

Der er især to klimaforandringer, der forventes at belaste kloakkernes afledningsevne. Disse er mere intens regn og højere vandspejl i havene.

**Mere intens regn** vil medføre flere oversvømmelser af kloaksystemerne. Det vil igen medføre oversvømmelser i kældre mv., og kan samtidig medføre en reel sundhedsrisiko ved menneskers kontakt med smittestoffer fra spildevandet.

**Højere vandspejl** i havene kan medvirke til forringede afledningsforhold for de kystnære kloakker. Havvand vil kunne stuve op i den nederste del af kloakkerne, hvilket kan medføre forringet vandføringsevne i hele systemet.

Samlet set vil klimaændringerne medføre større risiko for negative effekter som følge af en overbelastning af kloaksystemerne.

De nuværende tre klimascenarier (A2, B2 og EU2C) skønner alle, at den samlede nedbørsmængde vil stige, og at den vil falde mere ujævnt. Der er dog indtil videre kun lavet mere præcise nedbørsestimater for A2-scenariet i perioden 2071-2100. I dette scenarium forventes en-timesnedbøren at stige med mellem 20 og 50%. Overføres dette til de dimensionsgivende

vandmængder, der anvendes til dimensioneringen af kloakkerne i dag, vil det forenklet sagt betyde en tilsvarende stigning i dimensioneringen, hvis man vil leve op til det nuværende serviceniveau og ikke gennemføre andre tiltag.

### 7.2.2 Klimaeffekter

Det er klart, at mere intens nedbør vil øge belastningen af de nuværende kloaksystemer. Omfanget af de effekter, de fremtidige klimaforandringer konkret vil have på de enkelte kloaksystemer, vil variere fra kommune til kommune, og fra lokalområde til lokalområde.

Dette skyldes, at effekterne af de forventede klimaforandringer vil afhænge af karakteristika ved det nuværende kloaksystem (alder, kvalitet, kapacitet, hældning etc.), højdekoter, naturlige afløbsmuligheder, det omkringliggende landskab og så videre. Nogle kloaksystemer er allerede i dag dimensioneret til at kunne klare de fremtidige klimaforandringer, mens andre allerede ligger tæt på deres kapacitetsgrænse.

Tendensen er dog, at kloaksystemerne vil blive belastet yderligere som følge af klimaændringerne.

## 7.3 Planlagte tiltag og spontane tilpasninger

### 7.3.1 Spontane klimatilpasninger

Det er de kommunale kloakforsyninger, der har ansvaret for de danske kloaksystemer, og derfor også dem, der i første omgang har mulighed for at lave tilpasninger.

Der kan dog forventes en løbende tilpasning fra både forsikringsselskabernes og grundejernes side.

Grundejere vil kunne forventes at være mere omhyggelige i forhold til placering af værdifulde genstande på risikofyldte steder, så som lavtliggende kældre, samt at etablere højvandslukker i kældre med risiko for oversvømmelse.

Forsikringsselskaber vil endvidere kunne forventes at påvirke denne tendens yderligere gennem skærpet krav til forsikring af risikoområder.

Behov for spontan tilpasning vil dog i sidste ende afhænge af den planlagte tilpasning fra de kommunale kloakforsyningers side.

### 7.3.2 Planlagte klimatilpasningstiltag

De nuværende anbefalinger til kommunerne er, at kloaksystemerne skal kunne klare, at der i fælleskloakerede områder højst kommer vand på terræn hvert 10. år, samt at der i separatkloakerede områder højst kommer vand på terræn hvert 5. år.

Hvis de danske kommuner også i fremtiden skal leve op til disse krav, vil der med en given sandsynlighed være behov for tilpasninger af kommunernes afløbssystemer. Denne sandsynlighed afhænger af forudsigelserne i klimascenarierne.



Såvel behovet som mulighederne for tilpasning af det enkelte afløbssystem varierer dog fra område til område, og samtidig kan områder påvirke hinandens evne til at aflede vand gensidigt.

Endvidere kan der være arealer, der enten er mere eller mindre sårbare over for vand på terræn, hvorfor en prioritering af tiltagene kan være relevant. Til kortlægning af risici og den interne prioritering kan risikoanalyse anvendes som redskab i kommunerne.

Der er en række tiltagsmuligheder for at modvirke det øgede pres på kloaksystemerne. De forskellige fysiske tiltag, som de kommunale kloaksystemer kan gennemføre for at modvirke det øgede pres på de nuværende kloaksystemer, er blandt andet:

- Udskiftning til større rør
- Nedsivning af regnvand vha. eksempelvis faskiner
- Separering af fælleskloaksystemer
- Overløbsbygværk
- Bassiner
- Lokal magasinering
- Styring og regulering
- Anvendelse af vejsystemet til overløb

For yderligere information henvises til "Katalog over tiltag til reduktion af effekten fra klimaændringer på afløbssystemer", Miljøstyrelsen 2006.

Antallet af kombinationsmuligheder af tiltag er omfattende, og for at gennemføre en omkostningsminimerende strategi bør de forskellige kombinationer af tiltag analyseres. Det kan eksempelvis gøres gennem en cost-effectiveness-analyse (CEA), som rangordner forskellige tiltag til opnåelse af det samme mål ud fra en værdifastsættelse af de samfundsøkonomiske gevinster og omkostninger.

#### 7.4 Metodiske overvejelser

Det har ikke været muligt at finde en kommune, som på nuværende tidspunkt har kortlagt behovet og mulighederne for tilpasningstiltag og derfor heller ikke effekter og omkostninger af disse. Det har samtidig ikke været muligt inden for projektets tids- og ressourceramme at gennemføre et sådant forstudie. Det er derfor ikke muligt at opstille en egentlig samfundsøkonomisk vurdering i nærværende case.

I nærværende afsnit gennemgås derfor de metodiske problemstillinger, man bør være opmærksom på i forhold til at gennemføre en samfundsøkonomisk vurdering af tilpasningstiltag inden for kloakområdet.

##### 7.4.1 Data

Valide data er afgørende for at kunne gennemføre en fornuftig samfundsøkonomisk analyse, der kan danne grundlag for politiske beslutninger, hvis konsekvenser rækker langt ud i fremtiden.

#### **7.4.1.1 Klimascenarierne**

Alle tre klimascenarier (A2, B2 og EU2C) forudsiger, at den samlede nedbør vil stige og falde mere ujævnt i løbet af året. Dette indikerer flere og kraftigere, ekstreme regnhændelser i forhold til de regnintensiteter, kloaksystemerne i dag er dimensioneret efter. Der er dog ikke gennemført analyser for udviklingen i 10-minutters regnhændelser, som er den primære dimensionsgivende regn.

Det nærmeste, der er analyseret, er udviklingen i en-timesnedbøren, dog kun for klimascenariet A2 for perioden 2071-2100. Her forventes en stigning i mængderne på mellem 20-50%.

Det kan derfor konkluderes, at der forventes et øget pres på de danske kloaksystemer, men at præcise udviklingsdata for den dimensionsgivende regn ikke forefindes i dag og slet ikke for det korte og mellemlange sigte.

Data for udviklingen i den dimensionsgivende regn vil kunne øge kvaliteten af konsekvensbeskrivelsen, og dermed minimere usikkerheder i fremtidige samfundsøkonomiske analyser. Så længe data ikke forefindes, vil beslutningsgrundlaget skulle bero på følsomhedsanalyser.

#### **7.4.1.2 Effekter af klimaforandringer**

Den direkte effekt af mere ekstrem regn vil være et øget pres på kloaksystemerne, og derved en større sandsynlighed for oversvømmelser.

Risikoen for, og størrelsen af de negative effekter af mere ekstrem regn i de danske kloaksystemer vil dog variere betragteligt fra område til område, og vil afhænge af kvaliteten af det nuværende kloaksystem (bl.a. alder, kvalitet, kapacitet, hældning, højdekoter, naturlige afløbsmuligheder og det omkringliggende landskab).

Størrelsen af de negative effekter vil igen afhænge af de konkrete fysiske forhold. I Københavns Kommune har der f.eks. været investeret mange midler i Københavns Havns vandmiljø. Et øget antal overløb af spildevand i Københavns Havn vurderes at medføre en reduktion af badevandskvaliteten, som derfor vil have en stor økonomisk værdi.

Kortlægning af risikoen for og effekterne af et fremtidigt øget pres på kloaksystemerne vil derfor være næste skridt for at kunne skabe et godt beslutningsgrundlag, der sikrer, at ressourcerne anvendes optimalt.

I afsnit 1.5 gennemgås principperne for gennemførelse af en risikoanalyse, som Københavns Kommune har arbejdet med.

#### **7.4.1.3 Kortlægning af tiltagsmuligheder**

Inden for kloakområdet er der som beskrevet en lang række af mulige tiltag til at modvirke det fremtidige pres på kloaksystemet. En helhedsløsning vil ofte bestå af en kombination af en række forskellige tiltag, ligesom de enkelte løsninger påvirker hinanden gensidigt.

Der findes forskellige modeller (blandt andet MOUSE-modellen), der kan kortlægge vandstrømmenes forløb og derved også beregne effekterne af de forskellige tiltag.

De forskellige tiltagsmuligheder og omkostninger ved disse skal kortlægges for at kunne vurdere dem op i mod hinanden.

#### 7.4.2 Nuværende serviceniveau opretholdes

Det nuværende serviceniveau er fastlagt gennem en mangeårig dansk tradition for dimensionering af kloakker med fuldtløbende ledninger, henholdsvis hvert og hvert andet år for separat- og fællessystemer. Dette serviceniveau svarer i store træk til den i dag anbefalede funktionspraksis for de danske afløbssystemer, hvor der som udgangspunkt højst må komme vand på terræn hvert 10. år og 5. år for henholdsvis fælleskloakerede områder og separatkloakerede områder. Hvis det antages, at kommunerne også i fremtiden vil leve op til dette serviceniveau, vil der skulle gennemføres en samfundsøkonomisk vurdering af, hvorledes man opfylder dette mål samfundsøkonomisk mest optimalt, det vil sige billigst muligt. Til dette anvendes cost-effectiveness-metoden.

Der er således ikke behov for at værdisætte de negative effekter af flere og kraftigere oversvømmelser, men blot at vurdere forskellige løsningsmuligheder for at kommunerne også i fremtiden kan leve op til det nuværende serviceniveau.

I en cost-effectiveness-analyse ses der således ikke på, om det er samfundsøkonomisk optimalt at bibeholde det nuværende serviceniveau også i fremtiden med et klima, der forventes at belaste det danske kloaksystem i en negativ retning.

CEA'en vurderer, hvorledes kommunerne mest omkostningseffektivt kan opretholde det nuværende serviceniveau.

Idet der er tale om investeringer, der vil blive gennemført over en lang tidshorizont, og som også har en lang levetid, vil det være vigtigt at analysere timingen for at gennemføre tiltagene, herunder værdi ved at vente i form af øget information og derved lavere usikkerhed.

For at kunne gennemføre en CEA er det nødvendigt at kunne opstille gevinster og omkostninger ved de enkelte tiltag.

#### 7.4.3 Et ændret serviceniveau

Klimaeffekterne har stor betydning for størrelsen og tilrettelæggelsen af investeringerne i renovering og nyanlæg af kloak. En helt afgørende parameter i forhold til, hvor meget større disse investeringer bliver, er serviceniveauet, som i dag er fastlagt via funktionspraksis. Den i Danmark aktuelt anbefalede funktionspraksis er som nævnt ovenfor, at der højst må komme vand på terræn hvert 10. år og 5. år for henholdsvis fælleskloakerede områder og separatkloakerede områder.

Et relevant spørgsmål at stille er, om benefits ved at opretholde serviceniveauet på det nuværende niveau står mål med omkostningerne, givet den nye klimasituation. Eller alternativt formuleret: Hvad er det samfundsøkonomisk optimale serviceniveau i den nye klimasituation?

Opretholdelse af det nuværende serviceniveau er det scenarium omkostningerne måles i forhold til i den ovennævnte CEA. For at kunne svare på spørgsmålet om det optimale serviceniveau, skal denne effekt værdisættes, hvorfor der bliver tale om en cost-benefit-analyse.

Serviceniveauet har betydning for en række afledte effekter, eksempelvis forekomsten af skadedyr, materiel skade, visse sygdomme, lugtgener, fysiske gener mv. Des højere serviceniveau, des færre afledte effekter, og dermed lavere afledte omkostninger. Disse skal måles over for de direkte investeringskrav, som følger af et ændret serviceniveau.

## 7.5 Overslag over det samlede investeringsomfang

For både at illustrere, hvilke investeringer, der er tale om på kloakområdet, og hvilke omkostninger klimaforandringerne kan forventes at få på investeringerne på kloakområdet, er der opstillet nogle simplificerede beregninger. Det forudsættes i beregningerne, at klimaforandringerne alene imødegås med udskiftning af rør til større dimensionering.

Det er anslået, at der i dag ligger anlægsinvesteringer for mellem 130-300 mia. kr. i det samlede danske kloaksystem. Det skønnes endvidere, at der årligt investeres 800 mio. kr. i nyanlæg og 1 mia. kr. i fornyelse af kloakkerne.

Miljøstyrelsen har fået gennemført nogle beregningsskøn over merudgifter til at øge dimensioneringen af rør til henholdsvis en faktor 1,2 og 1,5 ved henholdsvis nyanlæg og renovering. Denne forøgelse i dimensionering skønnes som gennemsnitsbetragtning at være et tilstrækkeligt klimatilpasningstiltag for at kunne opretholde den nuværende funktionspraksis.

Det skønnes, at merudgiften vil stige med mellem 10% og 25%, afhængig af om der er tale om renovering eller nyanlæg, og om der er tale om en faktor 1,2 eller 1,5, jf. tabel 7.1. De skønnede meromkostninger dækker dog over en stor spredning, som blandt andet afhænger af, hvilke konkrete områder, man skal renovere i.

Tabel 7.1: Forventet prisstigning ved øget rørdimensionering

	Forventet prisforøgelse			Årlige investeringer, mio.kr.	
	Faktor 1.2	Faktor 1.5	Faktor 1	Faktor 1.2	Faktor 1.5
Nyanlæg	10 pct.	20 pct.	800	880	960
Renovering	10 pct.	25 pct.	1000	1100	1250
I alt			1.800	1.980	2.210

Opgjort i nutidsværdier med uendelig tidshorisont, vil de samlede ekstra investeringer i henholdsvis renoveringer og nyanlæg være 1,66 mia. kr. og 1,33 mia. kr. mere for en faktor 1,2 og 4,16 mia. kr. og 2,66 mia. kr. for en faktor 1,5.

Denne simple beregning angiver niveauet for de forventelige klimarelaterede omkostninger i kloaksektoren. I praksis vil beslutningen om udskiftning af rør, eller iværksættelse af et eller flere af de tiltag, som blev nævnt ovenfor i afsnittet "Planlagte klimatiltag", bero på en risikovurdering af de konkrete forhold i den enkelte kommune.

## 7.6 Fremadrettede arbejder i kommunerne

I dette afsnit beskrives to konkrete arbejder to kommuner har iværksat i relation til de fremtidige klimaudfordringer. De to kommuner er henholdsvis Københavns Kommune og Aalborg Kommune.

### 7.6.1 Københavns Kommune (Københavns Energi)

Københavns Energi er som de første begyndt at benytte risikoanalyse til at prioritere tiltag, ud fra et ønske om at benytte ressourcerne optimalt. Der er opstillet en risikoanalyse for en del af KE's hovedsystem. Risikoanalysen opstiller metoder til at vurdere de svage punkter i kloaksystemet, og analysere hvilke tiltag, der er mulige.

Risikoanalysen har ført til, at Københavns Energi har igangsat samfundsøkonomiske vurderinger af mulige løsningsmuligheder for to områder i Københavns kommune. De to områder er kendetegnet ved at have en uacceptabel høj risiko. De samfundsøkonomiske analyser skal danne grundlag for et beslutningsoplæg, der kan føre til, at de valgte løsninger indgår i Københavns Energis forretningsstrategi for 2007.

Nedenfor gennemgås de metodiske principper, der ligger til grund for den risikoanalyse, Københavns Energi har fået gennemført.

#### 7.6.1.1 Risikoanalyse

Risikoanalysen er en systematisering af risiko ud fra en grundtese om, at risiko er **sandsynlighed** gange **konsekvens**. Hvis en hændelse forekommer ofte - dvs. med stor sandsynlighed - men ikke har stor konsekvens, betragtes det måske ikke som en stor **risiko**. Omvendt betragtes en meget sjælden hændelse, der har en stor og ubehagelig konsekvens - f.eks. et atomkraftværk der lækker - ofte som en stor **risiko**.

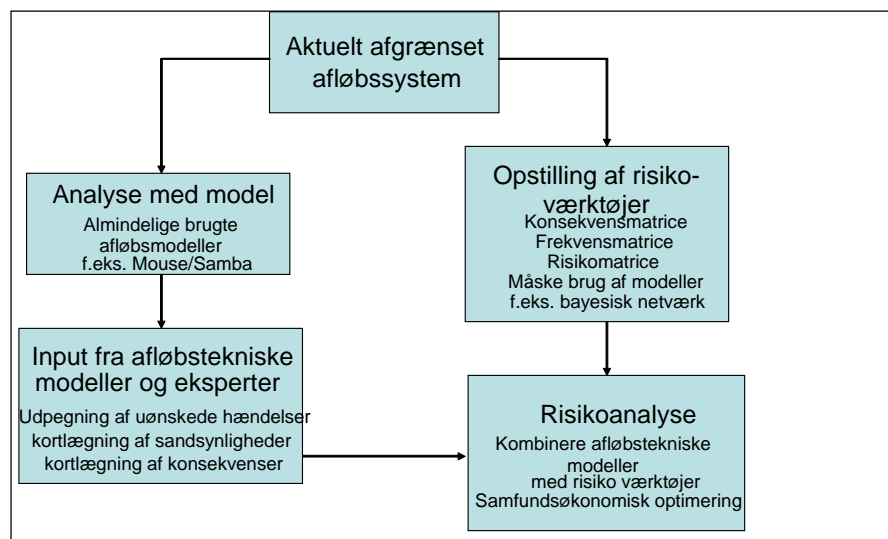
Det betyder, at der for den objektive analyse og for det givne fysiske system skal opstilles en række uønskede hændelser, og at der for disse hændelser skal tillægges en sandsynlighed for forekomsten af disse og de tilhørende konsekvenser. Disse beskriver tilsammen **risikoen** for det samlede system. F.eks. hændelser forbundet med ekstreme regnhændelser - oversvømmelse, aflastninger, miljø effekter mv.

Sandsynligheden vurderes på basis af erfaring eller på basis af en række tekniske parametre. For konsekvenserne opstilles en matrice, der udtrykker **tabet** ved de uønskede hændelser. Dette tab udtrykkes i et tal, hvor en række faktorer som beskadigelse af anlæg, legemsbeskadigelse, død, psykologiske skader, tab af arbejdsevne, tab af produktion inddrages og omsættes til en økonomisk skala. Mere subjektive faktorer som miljøpåvirkninger, oversvømmelse af sårbare områder, f.eks. Det kongelige Bibliotek eller Rigshospitalet, kan ligeledes omsættes til en økonomisk skala. Det er vigtigt at bemærke, at de økonomiske tal ikke sættes arbitrært, men ud fra erfaringer og gældende normer.

Konsekvensmatricen udtrykker tabet som en økonomisk størrelse og udgør den grundlæggende prioritering i risikoanalysen.

Opdimensionering af afløbssystemerne vil være en bekostelig affære og samfundsøkonomisk ikke rentabel, set over hele det danske afløbssystem. Der er derfor al mulig grund til at prioritere indsatsen, således at midlerne benyttes optimalt, hvilket vil sige på de rigtige steder, hvor de bedst modvirker de uønskede konsekvenser. Dertil kan anvendes risikoanalyse. Metoden er skitseret på figur 7.1.

Figur 7.1: Risikoanalyse kombineret med afløbstekniske værktøjer



Note: Tilsammen åbnes muligheden for at prioritere indsatsen ud fra opstillede kriterier og dermed ud fra en samfundsøkonomisk indgangsvinkel.

Ved at kombinere de afløbstekniske værktøjer med risiko-tilgangsvinklen er det muligt at opstille et model-kompleks, der under hensyntagen til usikkerheder beskriver de uønskede hændelser, der influerer dimensionering, drift og vedligehold af et afløbssystem. Model-komplekset anvendes til at analysere og dimensionere et afløbssystem, således at det bliver mest omkostningseffektivt under hensyntagen til både drift, vedligehold, og de direkte og indirekte tab, der opstår, når hændelserne indtræffer. Model-komplekset tager derfor ikke alene hensyn til usikkerheden i spildevands-, nedbørs- og afstrømningsmængder, men også til effekten og konsekvenserne af opstuvninger, aflastninger og modellernes begrænsninger i deres beskrivelse af virkeligheden.

### 7.6.2 Aalborg Kommune

I Aalborg Kommune er der de seneste år fokuseret betydeligt på borgerhenvendelser ved ekstreme regnhændelser. Gennem information og kommunikation med borgerne har Aalborg Kommune sikret dels kommunen selv, dels borgerne en større viden om risikoområder i forbindelse med oversvømmelser. Der er bl.a. blevet udarbejdet en folder, som sendes ud til samtlige borgere, der henvender sig til Kloakforsyningen i forbindelse med opstuvning af spildevand i deres kældre. Folderen fortæller blandt andet om ansvarsforhold, afhjælpning og andre gode råd. De foreløbige erfaringer med dette tiltag har medvirket til at reducere de negative virkninger ved oversvømmelser både for Aalborg Kommune og den enkelte borger.

Derudover har Aalborg Kommune i samarbejde med DANVA igangsat et projekt med titlen **"Klimaforandringer – konsekvenser for kloakforsyningen"**.

På baggrund af forventninger til det fremtidige klima vil projektet analysere:

- Hvilke administrative muligheder, der er for at modvirke det fremtidige pres på kloaksystemet.
- Behovet for ekstrainvesteringer for at kunne overholde en ny dimensionsgivende vandmængde dannet ud fra klimatilpassede prognoser.

- Behovet for kloaksanering i forskellige konkrete kloakområder.

#### **7.6.2.1 Administrative muligheder for tilpasning af kloaksystemet**

Projektet vil analysere mulighederne for, om man via den offentlige regulering kan ændre de nuværende incitamentsstrukturer og adfærdsmønstre, for derigennem at opnå en adfærd, der reducerer det fremtidige pres på kloakkerne. Dette vil gøre sig gældende for både husholdningerne og den offentlige myndighed.

Der tages udgangspunkt i, at den offentlige myndighed fortsætter med den eksisterende dimensionspraksis, hvilket er gjort for at kunne vurdere effekterne af at ændre på mulige reguleringsredskaber.

Eksempelvis varierer den administrative praksis for håndtering af sammenhængen mellem afledningsret, forsyningsikkerhed og vandføringsevne i dag betydeligt fra kommune til kommune.

Der vil derfor med udgangspunkt i de nuværende erfaringer blive opstillet forslag til, hvordan de nuværende administrative handlingsmuligheder for specielt kloakforsyningerne kan forbedres.

Hvilke muligheder har en kommune inden for den gældende lovgivning for eksempelvis at udstede påbud om reguleret tilledning af regnvand under ekstreme forhold?

Endvidere vil mulighederne for at ændre de lovmæssige retningslinier for regulering af alle tilledere til det offentlige kloaksystem, hvad angår ekstremregn, blive analyseret.

Det vil udmønte sig i en anbefaling til nye værktøjer til at forudse og kontrollere tilledningerne til kloakken, så kommunerne til enhver tid overholder de opstillede dimensioneringskriterier.

#### **7.6.2.2 Behov for ekstrainvesteringer**

Behovet for ekstrainvesteringer for at kunne overholde en ny dimensionsgivende vandmængde er beregnet på baggrund af 2-års regnintensiteten (dannet ud fra klimatilpassede prognoser) ved planperiodens udløb.

Det foreslås behandlet ved at opstille en dimensioneringspraksis, der arbejder med to beregninger, én belastet med regnintensitet svarende til det nuværende krav (statussituation) og én belastet med regnintensitet svarende til planperiodens udløb (plansituation).

#### **7.6.2.3 Saneringsbehov i konkrete kloakområder**

Der er tre parametre, som den nuværende dimensioneringspraksis er en funktion af: Afstrømningsareal, afløbskoefficient og regnintensitet. Ingen af disse parametre er i dag kontrollerbare, set ud fra et kloakforsyningsmæssigt synspunkt.

Hvis der for ovenstående parametre ikke er reguleringsmuligheder, bliver det afgørende spørgsmål ved fremtidige, øgede nedbørsmængder foranlediget af klimaændringer således, hvor meget det ændrer på gentagelsesperioden for overskridelsen af den offentlige kloaks vandføringsevne (kapacitet), og i hvilket omfang antallet af skadesvoldende regnhændelser vil vokse i fremtiden.

Dette forhold vil blive behandlet ved, at der med udgangspunkt i forskellige konkrete kloakområder, undersøges, hvilken ændring den forventelige øgede regnafledning medfører i kloaksaneringsbehov.

Der vil blive udvalgt såvel nyanlagte områder, reoverede områder (strømpeforing), delvist omlagte områder som ubehandlede områder i denne undersøgelse. Det forventede behov for omlægning af kloak i disse områder vil efterfølgende blive sammenlignet med det tilsvarende behov, hvor regnintensiteten er fremskrevet ved omregning af de af DMI udførte klimaberegninger.

## 7.7 Sammenfatning

Kloakområdet er som sagt et interessant felt i forhold til de fremtidige klimaforandringer, både fordi der er store investeringer i spil og fordi investeringerne har en lang levetid.

Der har i forbindelse med nærværende arbejde desværre ikke været tilstrækkeligt med data til at gennemføre en egentlig samfundsøkonomisk vurdering af, hvilke løsninger, der kan anbefales kommunerne, givet at de vil overholde den nuværende funktionspraksis.

Det er dog klart, at første skridt i at kunne gennemføre en samfundsøkonomisk optimal tilpasningsstrategi vil være kortlægning af de fremtidige regnintensiteter og konsekvenser heraf som følge af klimaforandringer og mulige tilpasninger. Dette kan ske ved at gennemføre en risikoanalyse.

Dernæst skal effekter og tiltag prissættes, for at der kan gennemføres en indbyrdes rangordning, det vil sige en egentlig CEA, der kan danne grundlag for politiske beslutninger.

Sidst men ikke mindst blev det illustreret, at timingen for tilpasningstiltag skal analyseres nøje.



## 8 Case 5: Kystsikring – Nordsjælland

På kystbeskyttelsesområdet er der udvalgt en case omhandlende problemerne med erosion langs Nordsjællands kyst. Casen er relevant som et studie af klimatilpasninger, fordi højere vandstande i kombination med øget stormaktivitet vil øge erosionen af de danske kyster, hvis kystforsvaret ikke dimensioneres til at modstå det øgede pres på kysterne. Derfor vil der her blive fokuseret på tiltag, der vil kunne modvirke denne øgede kysterrosion i Nordsjælland. Specifikt er kystområdet Liseleje–Hyllingebjerg blevet udvalgt i samarbejde med Kystdirektoratet. Området ligger i Frederiksværk Kommune.

Kystdirektoratet finder casen særligt interessant af flere grunde. For det første er oversvømmelse og erosion de to væsentligste klimaeffekter i forhold til beskyttelsen af de danske kyster. Denne case dækker erosionsproblematikken. For det andet forventes problemet med erosion som følge af et ændret klima at blive størst langs Jyllands vestkyst samt i Nordsjælland. Samtidig er markedsværdien af sommerhusgrundene langs Nordsjællands kyst højere end mange andre danske kyster, og erosionsproblematikken vil således få en særlig opmærksomhed i netop dette område.

### 8.1 Indledning og Baggrund

Liseleje–Hyllingebjerg er et sommerhusområde, hvor sommerhusgrundene ligger helt ud til skrænten. Strækningen er 2,8 km lang og går fra Liseleje-bølgebryderen i øst til grænsen mod Hundested Kommune i vest.

I forhold til kysterrosion er strækningen interessant, idet den yderste række sommerhuse ligger tæt på skræntkanten, der er under erosion.

På stort set hele den udvalgte strækning var der før 1999 forskellige typer af fodbeskyttelse, som i høj grad var anlagt af de enkelte grundejere. Med fodbeskyttelsen har den stadige erosion ført til, at strandbredden er mindsket, og at stranden flere steder er forsvundet. Samtidigt var der anlagt ca. 20 mindre kystnære bølgebrydere på strækningen, men kun få af disse er i stand til at fastholde stranden. Endeligt fandtes mindre pælehøfder, som heller ikke har nogen synderlig sandsamlende effekt.

Som følge heraf har Frederiksborg Amt og de lokale grundejerforeninger i samarbejde med Cowi gennemført et kystbeskyttelsesprojekt, der blandt andet indeholder en renovering af skræntfodsbeskyttelsen og indpumpning af 70.000 m<sup>3</sup> sand, samt 7 nye store bølgebrydere. Projektet blev afsluttet i 1999, og havde da kostet 10,7 mio. kr.

Kravet til de kystbeskyttende foranstaltninger er, at de for det første hindrer yderligere erosion af skrænterne. For det andet skal de så vidt muligt sikre, at strandene bibeholder en vis bredde, og for det tredje må de kun skæmme det eksisterende landskab i så lille omfang som muligt.

Målsætningerne for kystbeskyttelsesprojektet var:

1. Ejendomme på første rækkes beskyttes med erosion.

2. Etablering af så meget sandstrand som muligt.
3. Kystbeskyttelsen skal være fri for vedligeholdelse ud over ved voldsomme storme og vedligeholdelse af strandfodringen hvert 5.-10. år.

Med baggrund i målsætningernes opfyldelse blev der projekteret en løsning omfattende 7 bølgebrydere, sandfodring og skråningsbeskyttelse, som i 1999 med succes blev opført langs den 2,8 km lange kyst. Det må antages, at den endelige løsning var den mest omkostningseffektive måde at leve op til alle tre målsætninger i et tilfredsstillende omfang.

## 8.2 Klimaforandringer og forventede effekter

Som nævnt indledningsvist er de for denne case relevante klimaændringer følgende:

- Forhøjet vandstand, som vil føre til øget erosion af Nordsjællands kyster, først og fremmest fordi en højere vandstand tillader, at højere bølger kan komme ind og ramme kysten.
- Øget stormstyrke, som ligeledes vil føre til højere maksimalvandstande og derved øge bølgenes højde og det heraf følgende erosionspres på kystskråningerne.

Kystdirektoratet har oplyst, at de forventer, at der langs Nordsjællands kyst vil eroderes ca. 32 m<sup>3</sup> jord pr. meter kyst for hver 10 cm den maksimale vandstand stiger. Denne effekt er et skøn, der medtager den samlede effekt af både de generelle vandstandsstigninger og kraftigere stormaktivitet.

Gennemsnitshøjden af skrænterne langs Liseleje–Hyllingebjerg-kysten vurderes ifølge Kystdirektoratet at være 10 meter. Erosionen af de 32 m<sup>3</sup> kyst har effekt fra ca. 4 meter under havets overflade. Det vil sige, at erosionen fjerner sand fra en samlet skråning på 14 meter. Heraf kan nu bestemmes det areal, der forsvinder oven for skråningen som følge af erosionen:  $32 \text{ m}^3 / 14 \text{ m} = 2,3 \text{ m}^2$ . Det vil sige, at der i alt forsvinder 2,3 m<sup>2</sup> kystareal pr. meter kyststrækning for hver 10 cm havet stiger. Denne effekt vil komme løbende, efterhånden som vandstanden stiger.

Da sommerhusgrundene ved Liseleje–Hyllingebjerg ligger helt ud til kysten, vil erosion kunne omregnes direkte til et tab af grundareal for matriklerne på første række. Gradvise tab af grundarealer vil medføre, at sommerhusene på første række efterhånden må opgives eller flyttes, alt efter hvor tæt de ligger på kysten.

Vandstandsstigningerne forventes at øges eksponentielt, med meget lave stigningstakter i den første halvdel af det 21. århundrede og højere stigningstakter i den sidste del. Det er Kystdirektoratets vurdering, at de nuværende kystbeskyttelsesplaner ved Liseleje–Hyllingebjerg kan modstå presset fra de svage vandstandsstigninger indtil omkring 2050, hvor deres vurderede levetid udløber. Dermed kommer den afgørende beslutning i år 2050, hvor der vil skulle bygges et nyt anlæg. Her skal det besluttes, om det kan betale sig at bygge et nyt anlæg, der med en tilsvarende levetid på 50 år, kan modstå presset fra klimaændringerne, som de forventes til og med år 2100. Det er denne beslutning i år 2050, der vil blive taget stilling til i det følgende.

## 8.3 Tilpasninger spontane og planlagte

### 8.3.1 Spontane klimatilpasninger

Før tiltaget i 1999 havde de enkelte grundejere selv foretaget skråningsbeskyttelser af varierende art, som ud over sin varierende effektivitet også skæmmede kysten og var med til at gøre strandene smallere.

Den velfærdsøkonomiske værdi af de private skråningsbeskyttelsestiltag op til 1999 vurderes at have været stort set lig nul, som følge af deres ineffektivitet og skæmmende effekt på kystområdet. Hvis de private grundejere indleder tilsvarende, enkeltstående private tiltag, når levetiden af det fælles anlæg er udløbet omkring år 2050, er der derfor grund til at formode, at de i mangel af koordinerede tiltag igen vil skabe et kystforsvar, der samlet set er værdiløst.

Derfor indregnes værdien af de mulige spontane tilpasninger ikke i referencesituationen.

### 8.3.2 Planlagte klimatilpasninger

Omkring år 2050 skal der bygges nye kystbeskyttelses anlæg. Det må formodes, at man i år 2050 opstiller de samme tre målsætninger for effekten af nye beskyttelses anlæg, som man gjorde i 1999. Dermed kan det også rimeligvist antages, at en tilsvarende løsning af den man identificerede som den mest omkostningseffektive løsning i 1999 også vil være den mest omkostningseffektive løsning i 2050. Eneste ændring, hvis anlægget skal leve op til de samme målsætninger, vil være dimensioneringen, der skal kunne modstå de forventede klimaændringer i perioden 2050-2100.

Det nuværende anlæg fra 1999 er en kombination af bølgebrydere, sandindpumpning, skræntfodssikring og etablering af banket mellem bølgebryderne. I 2050 skal der tages stilling til en tilsvarende løsning, hvis dimensionering tilpasses de forventede klimaændringer.

## 8.4 Opstilling af case

### 8.4.1 Metode

Der opstilles først et referencescenarium, hvor omkostningerne beregnes som et kystbeskyttelses anlæg, der ikke er tilpasset klimaændringerne. Herefter beregnes prisen for i 2050 at etablere et kystbeskyttelses anlæg, der for de givne klimascenarier lever op til de målsætninger, der blev opstillet for kystforsvaret i 1999.

Der udarbejdes på denne baggrund en cost-benefit analyse, der viser den velfærdsøkonomiske værdi af at anlægge en kystbeskyttelse i 2050, der er dimensioneret i forhold til klimaændringerne. Dernæst udføres en budgetøkonomisk analyse af, hvilke interessenter, der betaler for tiltagets gennemførelse.

Grundejerforeningerne er formelt ansvarlige for at beskytte kysten mod erosion, men de har traditionelt svært ved at organisere en fælles indsats. Grundejerne på første række ud mod kysten har en uforholdsmæssig stor interesse i at beskytte kysten. Det skyldes, at grundejerne i første række udover den fælles værdi ved at bevare stranden også bevarer deres værdier i form af

sommerhusene. De andre grundejere vil omvendt kunne forvente en ejendomsværdistigning, efterhånden som første række eroderer væk. Derfor kan det, som det var tilfældet i 1999, være nødvendigt for myndighederne at intervenere, for at sikre en eventuel velfærdsøkonomisk gevinst ved gennemførelse af en fælles koordineret kystbeskyttelse.

Da der kun er oplyst data for de maksimale vandstandsstigninger i perioden 2071-2100 for henholdsvis A2- og EU2C-scenariet, vil denne periode og disse to scenarier anvendes som udgangspunkt for vurderingerne. Det vil sige, at etableringen af kystbeskyttelses anlæg i 2050 skal dimensioneres efter de forventede klimaændringer i 2071-2100.

#### 8.4.2 Data

De anvendte data er opsummeret i nedenstående tabel 8.1, der for de givne vandstandsstigninger gengiver omfang og værdi af tabet af areal, samt ekstraomkostningerne ved at dimensionere kystforsvaret, så det kan modstå vandstandsstigningerne. Til beregning af nutidsværdien af gevinster og omkostninger er anvendt en 50-års periode fra 2050 til 2100, som svarer til det nye anlægs forventede levetid. Værdierne er holdt i 2005 priser, men beskriver situationen i år 2050, hvor beslutningen om etableringen af det nye kystforsvar skal tages.

Tabel 8.1: Oversigt over data anvendt i analysen

2005 priser	A2 maks.:	EU2C min.:	Middel:
	1,05 m	0,22 m	0,5 m
Referencescenarium			
Tab af areal pr. m kyst	24,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	11,4 m <sup>2</sup>
Samlet tab af areal langs 2,8 km kyst	67.200 m <sup>2</sup>	14.100 m <sup>2</sup>	32.000 m <sup>2</sup>
Procent af første række sommerhusgrunde	39,5 pct.	8,3 pct.	18,8 pct.
Tiltagets gevinster			
Nutidsværdi af det bevarede areal	26,7 mio.kr.	5,6 mio.kr.	12,7 mio.kr.
Nutidsværdi af kommunens bevarede grundskyld	2,2 mio.kr.	0,5 mio.kr.	1,0 mio.kr.
Nutidsværdi af statens bevarede ejendomsværdiskat	1,9 mio.kr.	0,4 mio.kr.	0,9 mio.kr.
Samlede gevinster	30,8 mio.kr.	6,5 mio.kr.	14,6 mio.kr.
Tiltagets omkostninger			
Nutidsværdi af ekstra anlægsomkostninger	12,0 mio.kr.	3,1 mio.kr.	6,0 mio.kr.
Nutidsværdi af ekstra vedligeholdelsesomk.	3,7 mio.kr.	0,9 mio.kr.	2,4 mio.kr.
Samlede ekstraomkostninger	15,7 mio.kr.	4,0 mio.kr.	8,4 mio.kr.

I de følgende afsnit vil hvert sæt af disse data blive præsenteret.

##### 8.4.2.1 Referencescenarium

Referencescenariet for kyststrækningen Liseleje–Hyllingebjerg er en situation, hvor den ændrede maksimalvandstand uhindret eroderer kysten, indtil en ny ligevægtssituation er nået. Som beskrevet ovenfor vurderes det, at denne situation vil føre til, at der eroderes 2,3 m<sup>2</sup> kystareal pr. meter kyst for hver 10 cm havvandstanden stiger, eller 23 m<sup>2</sup> for hver meter havvandstanden stiger.

I klimascenarierne A2 og EU2C-scenariet er der kun oplyst, hvor meget den maksimale vandstand forventes at stige ved Vestkysten, jf. tabel 8.2. I mangel af bedre tilgængeligt datamateriale antages det her konservativt, at vandstandsstigningerne vil være tilsvarende langs Nordsjællands kyst.

Tabel 8.2: Beregnet dansk klimaændring for perioden 2071-2100

2071-2100	A2	EU2C
Maksimum vandstand	+0,45-1,05 m	+0,22-0,51 m

Kilde: DMI

I den videre analyse benyttes yderpunkterne i intervallerne i de to scenarier for maksimum vandstand, dvs. 0,22 og 1,05 m. Endvidere analyseres et scenarium, hvor vandstanden stiger 0,5 m.

I tabel 8.3 angives det forventede tab af areal af de berørte sommerhusgrunde i første række ud til kysten. Disse sommerhusgrunde har et samlet areal på 170.000 m<sup>2</sup>.

Tabel 8.3: Forventede tab af arealer langs kysten

2071-2100	1,05 m (A2)	0,22 m (EU2C)	0,5 m
Tab af areal pr. m kyst (m <sup>2</sup> )	24,0	5,0	11,4
Samlet tab af areal langs 2,8 km kyst (m <sup>2</sup> )	67.200	14.100	32.000

#### **8.4.2.2 Gevinster ved tiltaget**

Tiltagets gevinster udgøres af de omkostninger, der reduceres ved at beskytte kyststrækningen mod den øgede erosion fra klimaændringerne. Derfor vurderes i det følgende værdien af det område, der eroderes væk i referencescenariet.

Størrelsen af tabt land vurderes relativt lille i forhold til Danmarks samlede areal, og tab af land tillægges derfor ikke nogen generel værdi i nærværende analyse. Tab af land prissættes således kun ud fra sommerhusgrundenes markedsomsatte værdi.

Hvis man forestiller sig, at værdien af de bagvedliggende husrækker stiger, efterhånden som første række forsvinder, så bliver det velfærdsøkonomiske tab af at miste første række lig med værdien af sidste række. Man kan for eksempel gå fra at have seks rækker til at have 5 rækker tilbage af den nuværende udstykning. Da man stadig har en første række, bliver det velfærdsøkonomiske tab altså værdien af den sjette række.

Ud fra ovenstående argumentation antages det, at værdien af det mistede sommerhusareal i referencescenariet har værdien af et gennemsnitligt sommerhusareal i Liseleje–Hyllingbjerg-sommerhusområdet frem for den betydeligt højere værdi af grundene i første række. Til gengæld er selve sommerhusene i første række formentligt, uanset deres beliggenhed, af en højere værdi end sommerhusene generelt i området. Det ligger dog udenfor mulighederne for dette projekt at vurdere den individuelle værdi af de i alt 87 sommerhuse på første række, set i forhold til et gennemsnitligt sommerhus. Med en antagelse om, at de 87 sommerhuse på første række har den samme værdi som et gennemsnitligt sommerhus i Liseleje–Hyllingbjerg, undervurderes således formentligt værdien af de tabte sommerhuse.

Ved opslag på Boligsiden.dk er foretaget en beregning af den gennemsnitlige pris på sommerhuse, der er sat til salg i på de mindre attraktive placeringer væk fra vandet i Liseleje–Hyllingbjerg-området. Gennemsnitsprisen for de sommerhuse, der var registreret til salg i maj 2006 var 2,75 mio. kr. Som et forsigtigt skøn baseret på denne gennemsnitsberegning regnes herefter med en

sommerhuspris på 2,5 mio. kr. Dermed kan værdien af 87 sommerhuse i Hyllingebjerg-Liseleje-området opgøres til 218 mio. kr.

Historisk set har huspriserne haft en højere stigningstakt end prisniveauet generelt. Det er imidlertid svært at spå, om det også vil være tilfældet de næste 100 år. Derfor antages huspriserne her, igen som et konservativt skøn, at følge den generelle prisudvikling. Afslutningsvist foretages en følsomhedsanalyse, der ser på resultaterne af analysen ved relativt højere stigningstakter i huspriserne.

Det samlede areal af de 87 sommerhuse i første række udgør ca. 170.000 m<sup>2</sup>, ifølge målinger ved brug af kort fra Scankort A/S. De 87 sommerhuse dækker hele kyststrækningen på 2,8 km. Derfor kan de tabte arealer, der ovenfor blev udregnet for tre forskellige referencescenarier, omregnes direkte til tab af sommerhusarealer. De anvendte data for sommerhusene er opsummeret i nedenstående tabel 8.4.

Tabel 8.4: Gennemsnitlig og samlet værdi af sommerhuse

Antal sommerhuse	Gns. pris	Samlet værdi
87	2,5 mio. kr.	218 mio. kr.

Det antages, at sommerhusene fordeler sig jævnt over sommerhusgrundene, sådan at sommerhusene eroderes væk i samme takt som grundene eroderes. Det vil sige, at når 10% af sommerhusgrundene forsvinder, så forsvinder samlet set også 10% af sommerhusene. Ved gennemgang af kort over de pågældende matrikler, synes denne antagelse meget rimelig. Som følge heraf kan salgsværdierne af sommerhusene, inklusive grunde, direkte anvendes som udtryk for værdien af det tabte land.

Det antages endvidere, at der på nuværende tidspunkt ikke er taget højde for effekterne af klimaændringerne i prisfastsættelsen af sommerhusene i området. På baggrund af samtaler med lokalafdelinger for ejendomsmæglerne Home, DanBolid og EDC vurderes det, at dette er en rimelig antagelse, idet ingen af de adspurgte ejendomsmæglere har hørt om, at klimaeffekter tages i betragtning ved prisfastsættelse.

Den samlede værdi af det tabte land for de tre forskellige vandstandsstigninger kan ses i tabel 8.5.

Tabel 8.5: Værdien af det tabte areal for tre forskellige vandstandsstigninger

	1,05 m (A2)	0,22 m (EU2C)	0,5 m
Tab af areal pr. m. vandstigning pr. m kyst	24,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	11,4 m <sup>2</sup>
Samlet tab af areal	67.200 m <sup>2</sup>	14.100 m <sup>2</sup>	32.000 m <sup>2</sup>
Procent af første række	39,5 pct.	8,3 pct.	18,8 pct.
Nutidsværdi i 2050 af det tabte areal	26,7 mio.kr.	5,6 mio.kr.	12,7 mio.kr.

Kilde: Boligsiden.dk og Scankort A/S

	1,05 m (A2)	0,22 m (EU2C)	0,5 m
Tab af areal pr. m. vandstigning pr. m kyst	24,0 m <sup>2</sup>	5,0 m <sup>2</sup>	11,4 m <sup>2</sup>
Samlet tab af areal	67.200 m <sup>2</sup>	14.100 m <sup>2</sup>	32.000 m <sup>2</sup>
Procent af første række	39,5 pct.	8,3 pct.	18,8 pct.
Nutidsværdi i 2050 af det tabte areal	26,7 mio.kr.	5,6 mio.kr.	12,7 mio.kr.

Kilde: Boligsiden.dk og Scankort A/S

Det samlede tab af areal er for de tre forskellige maksimale vandstandsstigninger beregnet som 2800 m kyst gange tabet af areal pr. meter vandstandsstigning pr. meter kyst. Fra tabel 8.4 fås den samlede værdi af tabet af hele første række af sommerhuse. Det samlede tab af areal ved de forskellige vandstandsstigninger udgør imidlertid kun en del af hele første række, hvorfor værdien af det tabte areal udregnes som værdien af den del af første række, der mistes.

Det antages, at erosionen og dermed tabet af sommerhusgrunde, fordeles sig jævnt over perioden 2050-2100. Derfor er værdien af det tabte areal endeligt regnet ud som en lineær udvikling over de 50 år med en diskonteringsrente på 6%. Nutidsværdien heraf er gengivet i nederste række i tabel 8.5. Det er denne værdi, der er relevant for den velfærdsøkonomiske vurdering af at gennemføre tiltaget i 2050.

Implicit i denne udregning ligger en antagelse om, at sommerhusenes levetid bestemmes direkte af erosionen. Dvs. at så længe et sommerhus ikke er blevet bortroderet, vil det løbende blive vedligeholdt eller udskiftet, sådan at der hele tiden er et brugbart sommerhus til stede på den enkelte grund. Populariteten og værdien af sommerhusene i området - og ikke mindst dem på første række - taget i betragtning, er det meget svært at forestille sig, at der på strækningen vil forekomme negligerede, ikke brugbare sommerhuse. Erfaringer fra området tyder netop på, at folk er villige til at investere i vedligeholdelse af sommerhuse, der ligger meget tæt ved skrænten. Vedligeholdelse af sommerhusene og eventuelle reinvesteringer indgår ikke i beregningerne.

Tabet for husholdningerne svarer til det samlede velfærdsøkonomiske tab. Ejendomsværditabet ved tabet af første række reduceres ved værdigevinsten for de resterende rækker. Der vil dog i sagens natur være en betydelig omfordeling mellem husholdningerne fra ejerne af første række til de bagvedliggende rækker. Ejerne af husene i første række har således et større incitament til at bidrage til betalingen af et kystbeskyttelsestiltag.

Givet at der ikke udstykkes nye sommerhusområder i kompensation for de tabte, vil Frederiksværk Kommune og Frederiksborg Amt miste en grundskyld på samlet 34 promille. Grundskylden beregnes ud fra den vurderede grundværdi, som ifølge 35 stikprøveopslag på Netborger.dk ligger på et gennemsnit på 400.000 kr. i området.

Samtidig mister staten ejendomsværdiskatter på 1% af sommerhusenes ejendomsvurdering. Igen ved opslag i Netborger.dk er der ved stikprøver fundet en gennemsnitlig ejendomsvurdering på 1,2 mio. kr. på sommerhuse i området.

I tabel 8.6 er beregnet det budgetøkonomiske skattetab for henholdsvis kommune, amt og stat for tabet af forskellige procentdele af de 87 sommerhuse på første række. Tallene er opgjort i nutidsværdi.

Tabel 8.6: Budgetøkonomisk Tab af grundskyld og ejendomsværdiskat, nutidsværdi i 2050

For klimaændringer 2071-2100 i 2005 priser	1,05 (A2)	0,22 (EU2C)	0,5 (middel)
Grundskyld, Kommune og Amt	2,2 mio.kr.	0,5 mio.kr.	1,0 mio.kr.
Ejendomsværdiskat, Staten	1,9 mio.kr.	0,4 mio.kr.	0,9 mio.kr.

Et kystbeskyttelsestiltag medfører, at stranden bibeholdes i sit nuværende omfang. Stranden er et kollektivt gode, og har derfor værdi for alle sommerhusrækkerne samt for alle de udefrakommende, der årligt gør brug af stranden. En del af strandens velfærdsøkonomiske værdi vil være afspejlet i sommerhuspriserne i området. Denne del vil derfor kunne prissættes gennem en husprisanalyse. Den resterende del af strandens værdi er et ikke-markedsomsat gode for strandens besøgende, som ikke har sommerhus i området. Den ikke-markedsomsatte værdi af stranden kan for eksempel prissættes ud fra en willingnes-to-pay analyse. Der er ikke fundet gode tilgængelige studier til værdisætning af strande i Danmark, og samtidig ligger de mulige analyser til værdisætning af stranden uden for de ressource- og tidsmæssige begrænsninger af dette studie. Derfor indgår strandens værdi ikke med en pris i denne analyse.

Ejendomspriserne må formodes at afhænge af, hvorvidt stranden eksisterer eller ej. I referencescenariet, hvor stranden er delvist eroderet væk, burde ejendomspriserne derfor nedjusteres. Denne effekt er ligeledes vanskelig at værdisætte, og effekten indgår derfor heller ikke i analysen.

Begge forhold vil bestemt være værd at undersøge nærmere, hvis der i fremtiden skal udføres en mere omfattende undersøgelse af casen. Indtil videre må vurderingen dog begrænses til at konkludere, at gevinsterne ved tiltaget vil være undervurderede som følge af den manglende værdisætning af strandens bevarelse. Strandens værdi vil dog stadig indgå kvalitativt i den samlede vurdering af tiltagets velfærdsøkonomiske værdi gennem en break-even analyse.

#### **8.4.2.3 Omkostninger ved tiltaget**

Hvis de nye kystbeskyttelses anlæg i 2050 skal leve op til målsætningen for anlæggene fra 1999, skal de have den samme relative dimensionering i forhold til den nye maksimale vandstand, som den dimensionering de gamle 1999-anlæg havde i forhold til vandstanden inden klimaændringerne.

De nye bølgebrydere skal som de gamle dimensioneres sådan, at de sikrer, at der er strand af en vis bredde i området bag den enkelte bølgebryder. For at leve op til dette, skal der bygges nye bølgebrydere, der for det første er længere væk fra stranden, for det andet er højere, og for det tredje er længere end de nuværende. Dertil kommer, at skråningsbeskyttelse og sandfodring skal opskaleres tilsvarende ændringerne på bølgebryderne.



Gennem skønsmæssige beregninger er de forventede etableringsomkostninger for nye kystforsvarsforanstaltninger langs Liseleje–Hyllingebjerg-kysten fundet, givet A2- og EU2C-scenariernes forudsigelser for 2071-2100. Overslagsberegningerne er foretaget af NIRAS' eksperter på området. Det vurderes, at det er et solidt skøn, ud fra de givne oplysninger. Et mere præcist estimat kræver imidlertid en mere detaljeret undersøgelse af bundforhold, ønsket design og vanddybde.

Som det fremgår af tabel 8.7 nedenfor, er der foretaget omkostningsestimater for vandstandsstigninger på henholdsvis 1,05 m, (den maksimale vandstandsstigning ifølge A2-scenariet), 0,22 m (den minimale stigning ifølge EU2C-scenariet) samt 0,50 m (ca. den minimale stigning i A2 og maksimal stigning i EU2C-scenariet).

Tabel 8.7: Budgetøkonomiske anlægs- og vedligeholdelsesmeromkostninger ved etablering af kystbeskyttelse

2005 priser	(A2) 1,05	(EU2C) 0,22	(Middel) 0,50
Anlægsomkostninger	12,0 mio.kr.	3,1 mio.kr.	6,0 mio.kr.
Nutidsværdi af vedligeholdelse	3,7 mio.kr.	0,9 mio.kr.	2,4 mio.kr.
Total	15,7 mio.kr.	4,0 mio.kr.	8,4 mio.kr.

De årlige vedligeholdelsesomkostninger udgør ca. 2% af anlægsudgifterne for bølgebrydere, 7% for sandpumpning og 5% for banketten.

Det oprindelige projekt blev finansieret af de lokale grundejere, kommunen og amtet med en tredjedel hver. Det antages, at etableringen af et nyt kystforsvar i 2050 vil blive finansieret ud fra en tilsvarende model, hvor den nye Frederiksværk-Hundested kommune overtager amtets udgifter og således står for to tredjedele af de samlede udgifter.

### 8.5 Velfærdsøkonomisk vurdering (cost-benefit analyse)

Der foretages en cost-benefit analyse for hver af de tre vandstandsstigninger. Omkostningerne til kystbeskyttelsestiltaget er beregnet som ekstraomkostningen ved at dimensionere kystbeskyttelses anlægget til klimaforandringerne frem for som i referencescenariet, hvor kystbeskyttelsen ikke er dimensioneret med klimaændringerne for øje.

Dette sammenholdes med gevinsterne ved at reducere tabet af sommerhuse på første række og værdien af bevarelse af strand. Værdien af strand indgår ikke direkte i beregningen, men bliver behandlet kvalitativt i forbindelse med fortolkning af resultaterne. Skatteforvridningstab er beregnet som 20% af stat og kommunes samlede nettofinansieringsbehov.

Alle beløb er nutidsværdiberegninger i 2005-priser, med en diskonteringsrente på 6%. Nutidsværdien gælder for 2050, da det først er på dette tidspunkt beslutningen skal tages.

Tabel 8.8: Resultat af cost-benefit analyse, nutidsværdi i 2050

2005-priser	Vandstandsstigning 1,05 m (A2)	Vandstandsstigning 0,22 m (EU2C)	Vandstandsstigning 0,5 m (middel)
Omkostning			
Ekstra udgifter til kystbeskyttelse	15,7 mio.kr.	4,0 mio.kr.	8,4 mio.kr.
Inkl. nettoafgiftsfaktor	18,4 mio. kr.	4,7 mio. kr.	10,0 mio. kr.
Skatteforvridningstab	1,5 mio. kr.	0,4 mio. kr.	0,9 mio. kr.
Velfærdsøkonomisk omkostning i alt	19,9 mio. kr.	5,1 mio. kr.	10,9 mio. kr.
Gevinst			
Reduceret tab af ejendomme	26,7 mio.kr.	5,6 mio.kr.	12,7 mio.kr.
Samlet nettogevinst	6,8 mio. kr.	0,5 mio. kr.	1,8 mio. kr.

Skatteforvridningstab er udregnet som 20% af det samlede offentlige nettofinansieringsbehov, som er på 2/3 af det samlede finansieringsbehov minus det reducerede tab af grundskyld og ejendomsskatter (se den budgetøkonomiske analyse nedenfor).

Det kan konkluderes at, der umiddelbart er en nettogevinst ved at gennemføre en udbygning af kystforsvaret i 2050, og at gevinsten er større jo højere den maksimale vandstandsstigning bliver.

Bag resultaterne ligger der et konservativt estimat for huspriserne. Dertil kommer, at værdien af strandens bevarelse, som beskrevet ovenfor, ikke er inkluderet i analysen. Den rekreative værdi af strand er baseret på en positiv effekt på værdien af de omkringliggende sommerhuse samt en positiv værdi for den enkelte bruger af stranden. Strandens værdi taget i betragtning må det således konkluderes, at tiltagets velfærdsøkonomiske værdi på baggrund af denne analyse vurderes at være markant positivt for alle tre stigninger af den maksimale vandstand.

## 8.6 Budgetøkonomisk analyse

Nedenfor vurderes den budgetøkonomiske fordeling af at implementere klimatilpasset kystbeskyttelse for de tre scenarier.

Staten får reduceret sit tab af ejendomsværdiskatter. Kommunen finansierer 2/3 af kystbeskyttelses anlægget, men får til gengæld reduceret et ellers opstået tab af grundskyld. Husholdningerne får reduceret antallet af tabte sommerhuse, men har udgifter svarende til 1/3 af kystbeskyttelses anlægget, og vil ikke få reduceret sine fremtidige ejendomsskatter. Beregningerne er foretaget ud fra en gradvis erosion af sommerhusgrundene på første række og med en diskonteringsrente på 6%. Det antages, at kommunen overtager den del af grundskylden, der hidtil er gået til amtet.

Tabel 8.9: Budgetøkonomisk analyse, NPV i nutidsværdi i 2050

2005-priser i mio. kr.		Stigning 1,05 m (A2)	Stigning 0,22 m (EU2C)	Stigning 0,5 m (Middel)
	<i>Udgifter</i>			
	Ingen	-	-	-
Staten	<i>Gevinster</i>			
	Sparet tab af ejendomsværdiskatter	1,9	0,4	0,9
	Nettogeinst	1,9	0,4	0,9
Kommunen	<i>Udgifter</i>			
	2/3 af ekstra etablerings- og driftsomkostninger	10,5	2,7	5,7
	<i>Gevinster</i>			
	Sparet tab af grundskyld	2,2	0,5	1,0
	Nettogeinst	-8,3	-2,2	-4,7
Husholdningerne	<i>Udgifter</i>			
	1/3 af ekstra etablerings- og driftsomkostninger	5,2	1,3	2,9
	Ejendomsværdiskat og grundskyld af sparet tab af land	4,1	0,9	1,9
	<i>Gevinster</i>			
	Værdi af sparet tab af land	26,7	5,6	12,7
	Nettogeinst	17,4	3,4	7,9

Ifølge den budgetøkonomiske fordelingsanalyse vil kommunen have et nettofinansieringsbehov på mellem 2,2 og 8,3 mio. kr i nutidsværdi, afhængig af den forventede vandstandsstigning. Husholdningerne oplever til gengæld en samlet nettogeinst på mellem 3,4 og 17,4 mio. kr. i nutidsværdi ved en offentlig finansiering på 2/3 af anlægs- og vedligeholdelsesomkostningerne.

## 8.7 Følsomhedsanalyse

Resultatet i grundanalysen vurderes ikke særligt robust, idet beregningen bygger på en række antagelser, som vil kunne ændre sig med tiden. Ligesom de rekreative værdier ikke er medregnet. Endvidere ligger resultatet tæt på nul på trods af relativt store investeringer og gevinster.

Der er foretaget følsomhedsanalyser på tre forskellige parametre:

- Diskonteringsrenten – Der gennemføres følsomhedsanalyse på en lavere diskonteringsrente, henholdsvis 1% og 3%.
- Huspriser – Der gennemføres følsomhedsanalyse for henholdsvis en 25% og 50% stigning i forhold til grundscenariet.
- Anlægsinvesteringer – Der gennemføres følsomhedsanalyser på henholdsvis +/- 15% af anlægsinvesteringerne.

### 8.7.1 Diskonteringsrenten

En lavere diskonteringsrente vil vægte de fremtidige gevinster og omkostninger højere desto lavere en diskonteringsrente, der regnes med. Idet der i denne case foretages en stor investering i år nul og de fremtidige gevinster i form af reducerede tab vil være jævnt fordelt over tidsperioden, vil resultatet i udgangspunktet blive forbedret med en lavere diskonteringsrente, hvilket fremgår af tabel 8.10, hvor der er regnet med diskonteringsrenter på henholdsvis 1 og 3%.

Tabel 8.10: Cost-benefit analyse med 1% og 3% diskonteringsrente, mio.kr. i nutidsværdi i 2050

2005-priser	Stigning 1,05 m (A2)		Stigning 0,22 m (EU2C)		Stigning 0,5 m (Middel)	
	1 pct.	3 pct.	1 pct.	3 pct.	1 pct.	3 pct.
Omkostninger	27,1	23,1	7,0	6,0	15,8	13,1
Gevinster	67,1	43,8	14,1	9,2	32,0	20,8
Nettoresultat	40,0	20,6	7,1	3,2	16,2	7,8

Note: Uoverensstemmelser mellem tallene skyldes, at der er afrundet til nærmeste decimal.

Diskonteringsrenten har som sagt først og fremmest en indflydelse på værdien af det reducerede tab af sommerhuse. Det skyldes, at tab af land er udregnet som et løbende tab over tid. Derfor har en ændring af diskonteringsrenten en stærkere effekt desto større det reducerede tab af sommerhuse, altså scenarium A2. Med en 1 og 3% diskonteringsrente i forhold til 6% er nettoresultaterne klart positive for alle vandstandsstigningerne.

### 8.7.2 Huspriser

Analysen er naturligvis stærkt afhængig af ejendomspriserne. I analysen anvendtes en gennemsnitsværdi på sommerhuse i det relevante område på 2,5 mio. kr., hvilket vurderes at være et realistisk, men forsigtigt skøn. Dertil kommer, at prisudviklingen for fast ejendom historisk er højere end det generelle prisniveau. Derfor må det forventes, at sommerhuspriserne frem mod år 2050 vil følge en højere gennemsnitlig stigningstakt end anlægsomkostningerne. Således er der i analysen anvendt et konservativt estimat for værdien af det i referencesituationen tabte sommerhusareal.

Der gennemføres derfor en følsomhedsanalyse på henholdsvis en 50% og en 100% stigning i huspriserne samtidig med at anlægsomkostningerne holdes uændret, set i forhold til grundanalysen. Det svarer til, at huspriserne udvikles med en stigningstakt på henholdsvis ca. 1 og 2 procentpoint mere end den generelle prisudvikling i perioden fra 2005 til 2050.

Af tabel 8.11 fremgår det, at resultaterne naturligvis bliver mere positive jo højere huspriser. Jo højere stigningstakter i huspriserne desto nemmere burde det derfor være for sommerhusejerne at organisere og finansiere kystforsvaret selv. De vil dog stadig skulle håndtere udfordringen med at finde til enighed på trods af incitamentforskellene internt i grundejerforeningen.

Tabel 8.11: Cost-benefit analyse med 25 % og 50 % stigning i huspriser, mio.kr. i nutidsværdi i 2050

2005-priser	Stigning 1,05 m (A2)		Stigning 0,22 m (EU2C)		Stigning 0,5 m (Middel)	
	50 %	100 %	50 %	100 %	50 %	100 %
Omkostninger	19,9	19,9	5,1	5,1	10,9	10,9
Gevinster	40,0	53,3	8,4	11,2	19,0	25,4
Nettoresultat	20,1	33,5	3,3	6,1	8,1	14,5

Note: Uoverensstemmelser mellem tallene skyldes, at der er afrundet til nærmeste decimal.

### 8.7.3 Anlægsomkostningerne

Beregningen vedrørende anlægsinvesteringerne tager udgangspunkt i et overslag, og der gennemføres derfor en følsomhedsanalyse på, at anlægsinvesteringerne og de tilknyttede vedligeholdelsesomkostninger bliver henholdsvis 15% dyrere eller billigere end skønnet.

Tabel 8.12: Cost-benefit analyse med +/- 15% af anlægsinvesteringerne i nutidsværdi i 2050

2005-priser	Stigning 1,05 m (A2)		Stigning 0,22 m (EU2C)		Stigning 0,5 m (Middel)	
	-15 pct.	+15 pct.	-15 pct.	+15 pct.	-15 pct.	+15 pct.
Omkostninger	16,7	23,0	4,3	5,9	9,2	12,7
Gevinster	26,7	26,7	5,6	5,6	12,7	12,7
Nettoresultat	10,0	3,7	1,3	-0,3	3,5	0,0

Note: Uoverensstemmelser mellem tallene skyldes, at der er afrundet til nærmeste decimal.

Et fald i anlægsomkostningerne gør naturligvis nettoresultatet endnu mere positivt for alle tre vandstandsstigninger. En stigning af de forventede anlægsomkostninger på 15% giver derimod en break-even situation for de to laveste vandstandsstigninger og et mindre markant overskud for den højeste. Break-even-stigningen i anlægsomkostningerne for 1,05 m vandstandsstigningen ligger på 33% i forhold til de forventede udgifter.

## 8.8 Sammenfatning

Klimaændringerne i perioden 2071-2100 forventes ifølge klimascenarierne A2 og EU2C at føre til øget erosion langs Liseleje-Hyllingebjerg-kyststrækningen. På baggrund af tre forskellige stigninger i den maksimale vandstand på henholdsvis 0,22 m, 0,5 m og 1,05 m er der beregnet, hvor stort et tab af kystareal disse vandstandsstigninger vil medføre. Samtidig er der foretaget en vurdering af, hvad det vil koste at forbedre kystforsvaret til at modstå disse vandstandsstigninger, når det nuværende kystforsvar skal fornyes omkring år 2050.

Med baggrund i disse beregninger er der udført en cost-benefit analyse, der viser værdien af at forbedre det nuværende kystforsvar til at modstå en øget maksimal vandstand set i forhold til en referencesituation, hvor kystforsvaret opretholdes med den nuværende dimensionering. Analysen viste et positivt resultat på henholdsvis 6,8, 0,5 og 1,8 mio. kr. nutidsværdi i 2050 for de tre maksimale vandstandsstigninger på 1,05, 0,22 og 0,5 m. Det blev derfor konkluderet at, der umiddelbart er en nettogevinst ved at gennemføre en udbygning af kystforsvaret i 2050, og at gevinsten er større jo højere den maksimale vandstandsstigning bliver.

Bag resultaterne ligger der et konservativt estimat for huspriserne. Dertil kommer, at værdien af strandens bevarelse, som beskrevet ovenfor, ikke er inkluderet i analysen. Strandens værdi taget i betragtning, må det således konkluderes, at tiltagets velfærdsøkonomiske værdi vurderes at være markant positivt for alle tre stigninger af den maksimale vandstand.

Med en tidshorisont på 50-100 år og dertil hørende usikkerheder i prissætning af udgangspunktet er analysen behæftet med væsentlige usikkerheder. Derfor blev der foretaget følsomhedsanalyser på en række af analysens parametre. De viste for det første, at desto lavere en diskonteringsrente desto mere positivt bliver resultatet. Særlig ved den høje vandstandsstigning, hvor tabet af land er størst, betyder en lavere diskonteringsrente et solidt positivt resultat.

Opjusteringer på sommerhuspriserne på henholdsvis 25 og 50% giver også positive resultater af cost-benefit analysen. Igen slår prisjusteringerne kraftigst

igennem for den højeste vandstandsstigning, hvor det største sommerhusområde eroderes væk i referencescenariet.

Endeligt viste følsomhedsanalysen, at anlægsomkostningerne skal stige med mindst 15%, uden at ejendomspriserne stiger yderligere, for at den velfærdsøkonomiske værdi af tiltaget bliver negativt for de to laveste vandstandsstigninger på 0,22 og 0,5 m. For at analysen skal vise et negativt resultat for den høje vandstandsstigning på 1,05 m, skal anlægsomkostningerne stige med mindst 33%. Det er dog som nævnt mere sandsynligt, at ejendomspriserne stiger relativt mere end anlægsomkostningerne, hvorfor resultatet ikke umiddelbart er følsomt over for prisstigninger.

## 9 Konklusion

Samfundsøkonomiske vurderinger er et nyttigt redskab til bestemmelse af omfang og timing af den politisk koordinerede tilpasning til effekterne af et ændret klima. Samfundsøkonomi er imidlertid et helt nyt felt inden for arbejdet med klimatilpasning. Formålet med udarbejdelsen af denne rapport var derfor at gøre metodiske og praktiske erfaringer med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag med henblik på at anvende det som instrument i udviklingen af en dansk strategi for klimatilpasning. I det følgende konkluderes på de erfaringer, arbejdet med den samfundsøkonomiske metode i de fem cases samt screeningen, har ført til. Med hensyn til analysernes resultater henvises til sammenfatningen under de enkelte cases.

Undersøgelsen af andre landes erfaringer inden for dette felt viste tydeligt, at det er et felt i sin tidlige udviklingsfase med meget få brugbare og ingen systematiske erfaringer. Storbritannien har som det eneste land udarbejdet en omfattende metodisk vejledning for samfundsøkonomisk analyse af klimatilpasningstiltag, men der er kun begrænsede erfaringer med vejledningens anvendelse. Andre lande har i bedste fald kun sporadiske erfaringer med metodeudvikling og -anvendelse.

Generelt for alle fem cases har det været problematisk at opstille et fyldestgørende referencescenarium på grund af manglende data for klimaeffekterne og de spontane tilpasninger hertil. Det mangelfulde konsekvensbillede af klimaændringernes effekt på forskellige områder i Danmark gør, at de samfundsøkonomiske analyser er behæftet med store usikkerheder, og i det omfang de overhovedet kan gennemføres, ikke giver et solidt fundament for politisk beslutningstagning. Dette projekt har således klarlagt et behov for at gennemføre konsekvensanalyser, der kan beskrive klimaeffekterne og den spontane tilpasning, således at der kan opstilles pålidelige referencescenarier til vurdering af klimatilpasningstiltag. Forskningsprojektet, Accelerates, der søger at kortlægge klimaændringernes konsekvenser for landbruget, er et godt eksempel på et studie, der kan udgøre grundlaget for samfundsøkonomiske analyser på landbrugsområdet. Der blev ikke identificeret lignende studier på andre områder.

Det indledende arbejde med konsekvensbeskrivelser, der er blevet udført for de 11 hovedområder i Danmark, kan anvendes til at identificere, hvor der er behov for at overveje gennemførelsen af planlagte klimatilpasningstiltag. Det er imidlertid ikke grundigt nok til at udgøre grundlaget for beslutningen, om at gennemføre de enkelte tiltag. Derfor kan der for alle fem cases muligt identificeres mulige klimatilpasningstiltag, men værdien af disse kan ikke vurderes uden yderligere undersøgelser.

Arbejdet med de fem cases har ført til en række metodiske erfaringer, der kan styrke fremtidige analyser. Først og fremmest har den partielle en-periode-tilgang med opstilling af referencescenarier, som tiltagets nettoeffekt holdes op imod, vist sig at være en nyttig metodisk ramme. Ideelt set bør der tages højde for alle afledte effekter af tiltaget. Givet de store usikkerheder for data og kompleksiteten af beregning af afledte effekter, vil sådanne beregninger

imidlertid kunne skabe mere usikkerhed og et mindre klart billede af værdien af de planlagte tiltag.

Valg af diskonteringsrente har stor betydning for resultatet af analyser. Dette skyldes, at de fleste klimatilpasningstiltag giver anledning til en betalingsstrøm, som indledes med en engangsinvestering, som efterfølges af årlige sparede omkostninger, der skal forrente den indledende investering. Som følge heraf bliver diskonteringsrenten i højere grad betydende for beregningen af de enkelte tiltags fordele i forhold til tiltagets omkostninger. Som det ses i følsomhedsanalyserne med diskonteringsrenter på henholdsvis 1 og 3% under de enkelte cases, giver lavere rente markant mere positive resultater for tiltagenes samlede værdi. I Storbritannien anvendes en diskonteringsrente på 3,5%, som gradvist falder, jo længere ud i fremtiden, der skal tilbagediskonteres fra. De fleste andre europæiske lande arbejder med tilsvarende diskonteringsrenter på typisk 3 til 4%, dog for de flestes vedkommende uden gradvise reduktioner. Hvilket betyder, at det kan blive relevant at forholde sig til diskonteringsrenten på 6% i relation til konkrete klimatilpasningstiltag.

Fire af de fem cases bestod i cost-benefit analyser af konkrete tilpasningstiltag, hvilket vil være den oplagte metode i de tilfælde, hvor der ikke er opstillet en klar målsætning for tiltaget. Metoden er imidlertid særligt sårbar over for usikre data, da formålet er at beregne et så nøjagtigt tal for tiltagets nettoværdi som muligt. I det omfang, der på forhånd er givet en målsætning, der skal opfyldes, anbefales det derfor at anvende cost-effectiveness analyser. Her kan hentes metodisk inspiration i det australske studie af beskyttelse af et kystnært vådområde. Fra nærværende projekt er kloak-casen et eksempel på en tilgang, hvor forskellige mulige kombinationer af tiltag sammenlignes på, hvor omkostningseffektivt de løser det formål at gøre kloakerne i stand til at modstå presset fra mere koncentreret nedbør.

Med DMU's generelle overvejelser og de praktiske erfaringer fra nærværende projekt er der skabt et fundament for arbejdet med samfundsøkonomiske vurderinger af klimatilpasningstiltag i Danmark samt en kilde til inspiration for andre lande, der skal i gang med lignende arbejde. Der kan iværksættes grundige konsekvensbeskrivelser inden for de 11 hovedområder, inden der indledes en mere systematisk vurdering af tiltag på de 11 hovedområder. Ikke desto mindre foreligger der nu et solidt udgangspunkt for inddragelsen af samfundsøkonomiske vurderinger i arbejdet med klimatilpasning.



# 10 Referencer

Aakerlund, N. F. (2000): Contingent Ranking studie af danskernes præferencer for skovkarakteristika. AKF Forlaget, SØM publikation, pp. 36, 1-111.

Abildtrup *et al.* (2004): Økonomiske analyser af virkemidler til reduktion af næringsstofbelastningen til Ringkøbing Fjord, Fødevarøkonomisk Institut for Ringkøbing Amt.

Andersen, M.S., *et al.* (2004)., Sundhedseffekter af luftforurening – beregningspriser, faglig rapport fra DMU, nr. 507.

Andersen, M. B. og R. F. Hansen (2003): Stormfaldsforsikringer. En økonomisk analyse af indvirkningen på de skovpolitiske målsætninger. Bachelorprojekt ved Institut for Økonomi, Skov og Landskab, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg.

Anthon, S. og B. J. Thorsen (2002): Værdisætning af skovrejsning. En husprisundersøgelse. Skov- og Naturstyrelsen - 58.

Birr-Pedersen, K. (2002), Prissætning af transportens eksterne effekter - En gennemgang af metoderne til prissætning samt danske og internationale prissætningsstudier, Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøprojekt Nr. 734.

Bjørner, T. B., Hauch, J. og S. Jespersen (2004): Biodiversitet, Sundhed og Usikkerhed – En værdisætningsanalyse ved contingent ranking metoden. Det Økonomiske Råd, 2004:2, p. 1-31.

Boiesen, J. H., Jacobsen, J. B., Thorsen, B. J., Strange, N. og A. Dubgaard (2005): Værdisætning af de danske lyngheder. Arbejdsrapport Skov & Landskab nr. 14-2005.

Cowi (1998): Skjern Å Naturprojekt, Samfundsøkonomisk analyse.  
Dubgaard et al. (2003): Cost-benefit analysis of the Skjern river restoration in Denmark, Fødevarøkonomisk Institut.

Damgaard, C., Erichsen, E. og H. Huusom (2001); Samfundsøkonomisk projektvurdering af skovrejsning ved Vollerup. Skov- og Naturstyrelsen, Haraldsgade 53, 2100 Kbh. Ø.

Danmarks Statistik (2005): Statistikbanken [Online], [Citeret d. 1. januar 2005].  
URL: <http://www.statistikbanken.dk>.

Dansk Skovforening (2006): Skoven, April 2006, 38. årgang. Dansk Skovforening, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C.

Dansk Skovforening (2006): Stormfald. Dansk Skovforenings hjemmeside [Online], [Citeret d. 2. maj 2006].

URL: <http://skovforeningen.dk/default.asp?m=275>.

Dubgaard, A. (1996): Economic Valuation of Recreation in Mols Bjerge. AKF Forlaget, SØM publication, pp. 11, 1-230.

Dubgaard, A. (1998): Economic Valuation of Recreational Benefits from Danish Forests, i Dabbert *et al.* (ed.): The Economics of Landscape and Wildlife Conservation, CAB international, Wallington.

Dubgaard, A. (2001): Værdisætning af Vestskoven. Det Økonomiske Råd, Ref. i Dansk Økonomi, Efterår 2000.

EUFORGEN (2006): Climate change and forest genetic diversity: Implications to sustainable forest management in Europe. Summary report of the workshop, 15<sup>th</sup>-16<sup>th</sup> of March 2006, Paris, France.

Finansministeriet (1999): Vejledning i udarbejdelse af velfærdsøkonomiske konsekvensvurderinger.

Hasler, B., Damgaard, C. K., Erichsen, E., Kristoffersen, H. E. Og J. J. Jørgensen (2002): Rekreative værdier af skov, sø og naturgenopretning. AKF Forlaget.

Holmstrup, M. (2006): Personlig meddelelse. Forstkandidat, Dansk Skovforening, Amalievej 20, 1875 Frederiksberg C

Ibsen, C., Gundermann, J. og H. P. Bruun (2004): Tilpasning til fremtidens klima. Miljø-Tema. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Jacobsen *et al.* (2004): Omkostninger ved reduktion af landbrugets næringsstoffab til vandmiljøet, Fødevarerøkonomisk Institut.  
KVL (2004): "Undersøgelser af Ringkøbing Fjord og opland", Ringkøbing Amt.

Jacobsen, Mads (2006): Personlig meddelelse.

Jensen, A. og H. Meilby (1992): Økonomisk optimal afvikling af ældre bøg på Trolleholm, Speciale, KVL, 86 pp. + bilag.

Kaiser, R. (1999): The clinical and epidemiological profile of tick-borne encephalitis in southern Germany 1994-98 – A prospective study of 656 patients, *Brain*, 122, 2067-2078.

Larsen, J. B. (red.) (1997): Træarts- og proveniensvalget i et bæredygtigt skovbrug. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, 82. årgang, Dansk Skovforening, København.

Larsen, P. H. og V. K. Johannsen (2002): Skove og plantager. Danmarks Statistisk, Skov & Landskab og Skov- og Naturstyrelsen. Danmarks Statistiks trykkeri.

Larsen (red.) (2005): Naturnær skovdrift. Dansk Skovbrugs Tidsskrift, Dansk Skovforening, København.

Larsen & Skov- og Naturstyrelsen (2005): Naturnær skovdrift – idékatalog til konvertering. Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen.

Lindgren, E., Lars Tälleklint og Thomas Pölfeldt (2000): Impact of Climatic Change on the Northern Latitude Limit and Population Density of the Disease-Transmitting European Tick *Ixodes ricinus*, *Environmental Health Perspectives*, Volume 108, Number 2.

Lundhede *et al.* (2005): Værdisætning af genopretningen af natur og fortidsminder i Store Åmose i Vest Sjælland, DMU.

Lundhede, T., Hasler, B. og T. Bille (2005): Værdisætning af naturgenopretning og bevarelse af fortidsminder i Store Åmose i Vestsjælland. Et samarbejdsprojekt mellem Danmarks Miljøundersøgelser, Amternes og Kommunernes Forskningsinstitut og Skov- og Naturstyrelsen. Udgivet af Miljøministeriet.

Lundhede, T. (2006): Personlig meddelelse. Skov & Landskab, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, Frederiksberg.

Martens WJM, Jetten TH, Ficks DA. (1997): Sensitivity of malaria, schistosomiasis and dengue to global warming. *Climate Change* 32(2):145–156.

McMichael AJ, Haines A, Sloff R, Kovats S. *Climate Change and Human Health*. Geneva:World Health Organization, 1996.

Miljøministeriet (2002): Redegørelse for Danmarks natur – ansvaret for at beskytte den og glæden ved at benytte den.

Miljøministeriet (2005): Handlingsplan for naturnær skovdrift i statsskovene. Skov- og Naturstyrelsen, Haraldsgade 53, 2100 Kbh. Ø.

Miljøstyrelsen (2005A): Retningslinier for gennemførelse af samfundsøkonomiske analyser for pilotprojekter for nationalparker.

Miljøstyrelsen (2005B): Samfundsøkonomisk analyse af naturgenopretnings- og kultursikringsprojekt af den østre del af Åmosen, Miljøministeriet, Miljøprojekt nr. 1043.

Møller, F., Andersen, S. P., Grau, P., Huusom, H., Madsen, T., Nielsen, J. og L. Strandmark (2000): Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter. Danmarks Miljøundersøgelser, Miljøstyrelsen og Skov- og Naturstyrelsen.

Neven, K. Z. (1983): Et forsøg på vurdering af det økonomiske tab i forbindelse med stormfald i nåletræ. Hovedopgave, KVL, upubliceret.

Olesen, J. E. et al. (2004): Jordbrug og klimaændringer – samspil til vandmiljøplaner, DJF rapport Markbrug nr. 109.

Olsen, S. B. og T. Lundhede (2005): rekreative værdier ved konvertering til naturnær skovdrift. Specialrapport på forstkandidatstudiet ved Den Kongelige Veterinær- og Landbohøjskole. Akf forlaget, marts 2005.

- Randolph, Sarah E. (2001): The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Phil Europe: Trans. R. Soc. Lond. B 356, 1045-1056.
- Schou, J. S., Hald, A. B., Kaltoft, P., Andersen, C., Vetter, H., og B. H Hasler (2003a): Værdisætning af pesticidanvendelsens natur- og miljøeffekter. Miljøstyrelsen, Bekæmpelsesmiddelforskning fra Miljøstyrelsen, 72, 1-64.
- Schou, J. S., Hald, A. B., Kaltoft, P., Pedersen, N. K., Andreasen, C., Vetter, H., Hasler, B. og C. Petersen (2003b): Værdisætning af pesticidanvendelsens natur- og miljøeffekter. Bilagsrapport. Miljøstyrelsen Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen, 39,1-178.
- Schou *et al.* (2005): Jordrentetab ved arealekstensivering i landbruget, faglig rapport fra DMU, nr. 542.
- Skov- og Naturstyrelsen (2006): Tilskud til privat skovdrift og skovrejsning. Skov- og Naturstyrelsens hjemmeside [Online], [Citeret d. 2. maj 2006]. URL: <http://www.skovognatur.dk/Service/Tilskud/PrivatSkovdrift/>.
- Thorsen, B. J. (1999): Introduction to the Economics of forests and Natural Resources under uncertainty, Department of Economics and Natural Resources, KVL, 51 pp.
- Thorsen, B. J. og N. Strange (2003): Økonomisk vurdering af en konvertering til naturnær skovdrift. Danmarks Skovbrugs Tidsskrift 3-4/03, Dansk Skovforening.
- Toivonen *et al.* (2000): Economic Value of Recreational Fisheries in the Nordic Countries, TemaNord 2000:604, Nordisk Råd
- University of British Columbia (2006): Forecast Ecosystem Model [Online], [Citeret d. 10. maj 2006]. UBC Forest Ecosystem Simulation Research Group, Department of Forest Sciences, Faculty of Forestry, University of British Columbia, Vancouver, BC, Canada. URL: <http://www.forestry.ubc.ca/forestmodels/moddev/forecast/forecast.htm>.
- Wilhelmudvalget (2001): Natur i Danmark – status, mål og midler, rapport fra Wilhelmudvalgets arbejdsgruppe for naturkvalitet og naturovervågning.
- Østergård, J. (1988): Beslutningstagen under usikkerhed – eksemplificeret ved stormfald og svingende priser. Speciale, Sektion for Skovbrug, Institut for Økonomi, Skov og Landskab, KVL.
- Zeman, P. og Cestmir Benes (2004): A tick-borne encephalitis ceiling in Central Europe has moved upwards during the last 30 years: possible impact of global warming?, Int. J. Med. Microbiol. 293, Suppl. 37, 48-54.