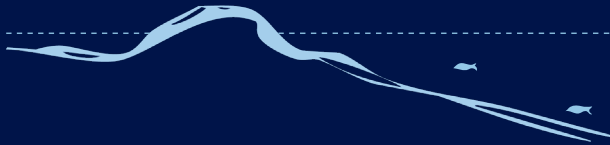


DEN LILLE BLÅ

# PARLØR

OM HAVSTIGNING



AARHUS SCHOOL OF ARCHITECTURE



DEN LILLE BLÅ

# PARLØR

OM HAVSTIGNING

## Kreditering og citation

Ophavsrettigheder til kildemateriale står anført ved de enkelte illustrationer. Hvor ophavsrettigheder ikke er anført, er materialet illustreret af Katrina Wiberg og krediteret til Arkitektskolen Aarhus.

Dato og sted: 2023.02.09, Arkitektskolen Aarhus

Udgiver: Arkitektskolens Forlag

Citation: Wiberg et al. (2022). Den Lille Blå Parlør om Havstigning. Rapport 2023. Lab1, Arkitektskolen Aarhus. 122 s. ill.



Projektet er støttet af Realdania

## INDHOLDSFORTEGNELSE

Forord 8

Afsendere 11

### A

Adaptive strategier 12

### B

Bidragsmodel 14

Biodiversitet 15

Biotoper, habitater og nicher 16

Byudvikling over tid 18

### C

Coastal squeeze og strandenge 20

Cost-benefit-analyser 21

### D

DAP og DAPP- Dynamic Adaptation Pathways 22

Dige effekt 24

DVR90 25

### E

Erosion 26

### G

Gentagelsesperioder og hændelser 27



## H

- Havstigning 28
- Havstigning og stormflod 30
- Hybride (kombinerede) løsninger 32
- Hårde og bløde strukturer 34

## I

- Ikke-fysiske løsninger 36
- Instrumentel og iboende værdi 37

## K

- Klimafremskrivning af sikringsniveauer 38
- Klimatilpasning- beskyt, tilpas, tilbagetræk, undgå 40
- Klimascenarier- IPCC 42
- klimaScenarier- RCP og SSP 43
- Klimatilpasningsplaner 46
- Klimasikring og klimatilpasning 47
- Koter og kurvebillede 48
- Kystbyer 50
- Kystlinje og kystzone 52
- Kystnærhedszone og strandbeskyttelseslinje 54
- Kystsikring og kystbeskyttelse 55
- Kysttyper og stormfloder 56

## L

- Landsænkning og landhævning over tid 58
- Løsningstypologier – eksempeloversigt 60
- Løsningstypologier – bygningsniveau 62
- Løsningstypologier – hårde strukturer 65
- Løsningstypologier – naturbaserede strukturer 68

## **M**

- Merværdi 72
- Mitigation, tilpasning og geo-engineering 73

## **N**

- Natur og kultur 74
- Natura 2000 75
- Naturbaserede løsninger (NbS) 76
- Naturbeskyttelse og havstigning 78
- Naturbeskyttelsesloven 79
- Natursyn 80
- Naturværdi og Naturbegrebet 82

## **O**

- Omkostningseffektivitet af klimatilpasning 84
- Oversvømmelsesrisiko 86
- Oversvømmelsesdirektiv og risikostyringsplaner 88

## **P**

- Planlagt justering af kysten (managed realignment) 89
- Planloven 90
- Planlægning af havet og beskyttelsesbestemmelser 91

## **R**

- Resiliens- evolutionær, teknisk og økologisk 92
- Resiliens i planlægning 94
- Resiliens- social 96

## S

- Statistiske sandsynligheder for hændelser 98
- Stormflodsregioner 100
- Strategier vs scenarier 102
- Synergieffekt mellem tilpasning og mitigation 104
- Søterritoriet og etablering af anlæg 105

## T

- Tidevandszone, littoralzone og riparisk zone 106
- Tilbagetrækning 108
- Tilbagetrækning- katastrofedrevet, markedsdrevet 109
- Tilbagetrækning- planlagt 110

## U

- Undgåelse – avoid og no build zoner 112

## V

- Vand- mange typer og tidsligheder 113
- Vandkredsløbet 115

## Ø

- Økologi og økosystem 118
- Økosystemtjenester 119

## Å

- Åer, grundvand og havstigning 120

## FORORD

### *Samlet viden og dialog*

Ingen kan vide alt, og i tilpasningen af vores kystbyer er der brug for at udveksle viden, samarbejde og gå i dialog. Den Lille Blå Parlør om Havstigning er et bidrag til denne dialog om klimatilpasning og løsningsrum i fremtidens by- og landskabsudvikling. Parløren søger at gå på tværs af viden, fagligheder, interesser, aldersgrupper, ansvarsområder og visioner for på den vis at bidrage til at binde samtalen mellem forskellige interessenter sammen.

### *Forskellige typer af vand og vandets bevægelser*

For at forstå livet på Jorden, er det vigtigt at forstå vandets betydning. Uden vand intet liv på Jorden som det er i dag. Jordens overflade består af ca. 70 % vand, hvoraf langt størstedelen er havvand. Vand spiller en afgørende rolle i forhold til menneskers – og andre levende organismers- udvikling, overlevelse og vækst. Når klimaet ændres, er det centralt at have fokus på, hvordan vandet påvirker omgivelserne, og hvordan der kan skabes tiltag, der tager højde for klimaændringerne og deres konsekvenser. Det er også vigtigt at skelne mellem forskellige typer af vand: havvand, regnvand, vandløbsvand og grundvand. Komplexiteten er høj og de forskellige typer af vand skal samtænkes for at skabe hensigtsmæssige løsninger.

Åer, floder, søer og havene er i evig i bevægelse og har altid 'fyldt' forskelligt. Med klimaændringer findes en større andel af vandet i flydende form frem for som is. Samtidig betyder et varmere klima, at vandet fylder mere. Det bliver derfor yderligere aktuelt, at der skal være plads til, at vandet kan brede sig. At vandet har brug for plads gælder f.eks. ved langvarig eller intens regn, hvor åløb og floder fyldes med vand fra det større vandopland, og langs kysterne hvor havet med det varmere klima vil brede sig ind over land.



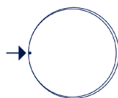
70% af jorden er dækket af vand



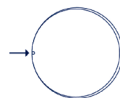
100% jordens vand



97% er havvand



3% er ferskvand



0,5% er tilgængeligt

### *Tværfaglighed og behov for nye praksisser*

Havstigning og hyppigere og kraftigere stormfloder betyder, at der i nær fremtid er behov for at indtænke og implementere nye praksisser inden for klimatilpasning, når kystbyer udvikles. Dette er et komplekst felt med store usikkerheder samt et begrænset erfaringsgrundlag for løsninger. Løsningsmulighederne er i deres tidlige udvikling og kræver brede samarbejder mellem fagfolk og lægfolk, forskellige fagligheder, ansvarsområder og interesser, borgere og politikere, unge som gamle. Disse nye udfordringer byder samtidig på et hav af nye ord, termer og begreber. Ord som endda kan have forskellig betydning alt efter, hvilket fag der taler. Nogle vil være åbenlyse for den ene, men ukendt farvand for den anden. Den Lille Blå Parlører udviklet i et tværfagligt forum, hvor der netop ikke er enslydende forståelser af de samme ord. Det skal der heller ikke nødvendigvis altid være, men det kan være en fordel at få indblik i, hvad andre fagligheder mener for at præcisere dialogen. På denne vis er parløren i sig selv udviklet som en forståelsesramme for, hvad vi mener med de ord vi bruger – og hvad vi hører andre sige.

### *Baggrund, formål og struktur*

Parløren er struktureret som en ABC med en række nøgleord på tværs af tematiske sammenhænge. Her beskrives termer og begreber alfabetisk og flere steder fulgt af illustrationer. Nogle steder udbygges teksten med en note, hvor primære kilder angives eller der gives link til yderligere viden. Mange af termerne knytter sig nært til, eller overlapper med, andre ord og begreber. Tingene hænger sammen, og jo mere helhedsorienteret der arbejdes med klimatilpasning, des mere hænger forskellige begreber og tilgange sammen. Af samme årsag er parløren – ligesom andre parlører – ikke tiltænkt kronologisk læsning.

## FORORD

En del af opslagene handler tematisk set om forholdet mellem vand og land. Dette skyldes, at når vi skal tilpasse vores kystbyer til klimaændringer, er det grundlæggende en forhandling om forholdet mellem vand og land. I dette forhold ligger både en byforståelse, et menneskesyn og et natursyn. Disse har indflydelse på, hvad og hvordan vi værdisætter. Hvad har værdi som kulturarv? Hvilke former for tryghed har værdi? Hvad er natur, og hvilke værdier tillægger vi den? Hvad er forholdet mellem det byggede og det groede, naturens kræfter og menneskets indflydelse? Derfor har vi også valgt at lave en del opslag under temaet natur, f.eks. Naturbegrebet, Natursyn og Naturværdi. Det samme gælder begreber knyttet til Værdi, hvor der er opslag for både Iboende og Instrumental værdi samt Merværdi. Herudover er der opslag, der knytter sig til resiliensbegrebet, de mere planlægnings- og forvaltningsmæssige aspekter af kystudvikling samt opslag om de teknologier, metoder og tankesæt, der kan komme i spil, når der skal handles på klimaudfordringerne.

### *Målgruppe og hvordan bogen kan bruges*

Den Lille Blå Parlør er udarbejdet som formidling til en bred gruppe af både lægfolk og fagfolk, elever og studerende, borgere og politikere, praktikere og forskere. Det er en introduktion til en række kernebegreber og termer, der ofte er vigtige i forbindelse med udvikling af løsninger for havstigning og kraftigere stormfloder i de danske kystbyer. Formålet er at give en overordnet, introducerende viden, som den enkelte kan bruge som enkeltopslag, eksempelvis Bidragsmodel, Kote eller Omkostningseffektivitet, eller som tematiske opslag som f.eks. Løsningstypologier, der spænder bredt med korte beskrivelser af forskellige tilgange. Parløren kan også ses som en overordnet bred introduktion, hvorefter man selv kan søge mere viden. Parløren har fokus på kystbyer i Danmark og det danske klima med referencer til udlandet.

*En særlig tak til Realdania for at muliggøre denne parlør.*

## AFSENDERE

Den Lille Blå Parlør om Havstigning indgår i forskningsprojektet *Kystbyers løsningsmuligheder over tid*, som en tværgående indsats i et overordnet forskningsprojekt: *Danske byers tilpasning til havvandsstigning – nye løsningsrum* der er et tværgående samarbejde mellem Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Københavns Universitet (KU) og Arkitektskolen Aarhus (AAA): Forskningsprojektet, herunder Den Lille Blå Parlør, er støttet af Realdania under indsatsen Byerne og det stigende havvand.

Hovedforfatter: Katrina Wiberg, lektor, PhD, cand.arch. MDL (AAA)

Medforfattere (alfabetisk rækkefølge, efternavne)

Karsten Arnbjerg-Nielsen, professor, Dr Techn., PhD, cand.polyt. (DTU)

Anna Lea Eggert, PhD-stud., cand.polyt. (DTU)

Ole Fryd, lektor, ph.d., cand.polyt. (KU)

Gertrud Jørgensen, professor, PhD, cand.arch. (KU)

Anna Aslaug Lund, adjunkt, PhD, landskabsarkitekt MAA (KU)

Roland Löwe, lektor, PhD, MSc. (DTU)

Kamilla Stener Møller, specialkonsulent, cand.scient.soc.(KU)

Tom Nielsen, professor, PhD, cand.arch. (AAA)

Soo Jung Ryu, PhD-stud., MArch, MSc. (AAA)

Tak til Kristoffer Albris, Adjunkt, PhD, Københavns Universitet, Institut for Antropologi og SODAS, for bidraget *social resiliens*.

Kreditering

Ophavsrettigheder til kildemateriale står anført ved de enkelte illustrationer.

Hvor ophavsrettigheder ikke er anført, er materialet illustreret af Katrina Wiberg og krediteret til Arkitektskolen Aarhus.

Dato og sted: 2023.02.09, Arkitektskolen Aarhus, Danmark

Udgiver: Arkitektskolens Forlag

Citation: Wiberg et al. (2022). Den Lille blå Parlør om Havstigning. Rapport 2023. Lab1, Arkitektskolen Aarhus. 122 s. ill.





## ADAPTIVE STRATEGIER

### *Tilpasningsmuligheder over tid*

Det vil ofte være svært at udvikle en løsning, der fungerer for alle fremtidsscenarier, da det bliver dyrt at sikre sig mod de mest ekstreme scenarier. Derfor kan scenarieanalysen med fordel forbindes med en adaptiv tilgang til sikring. Det vil sige en tilgang, hvor strategier og løsninger kan tilpasses over tid. Eksempelvis ved at starte med et lavere sikringsniveau, men hvor det indtænkes, hvordan sikringen kan opgraderes eller suppleres med alternativer, hvis og når et af de mere ekstreme scenarier bliver til virkelighed.

Alternative løsninger ved f.eks. et ekstremt scenarie kan være at skabe mulighed for gradvis tilbagetrækning eller andre former for tilpasning, så byfunktioner kan fungere med højere havvandsspejl etc. Denne tilgang kan sikre, at de nuværende investeringer ikke er spildt, men også kommer fremtidens samfund til gavn.

Et eksempel på en struktureret, trinvis tilgang til investeringer er DAPP metoden. DAPP-metoden er baseret på at synliggøre, hvorvidt en given løsning giver flere veje at gå over tid. Det vil sige tilpasningsdygtighed overfor udviklingen inden for klimaændringer.

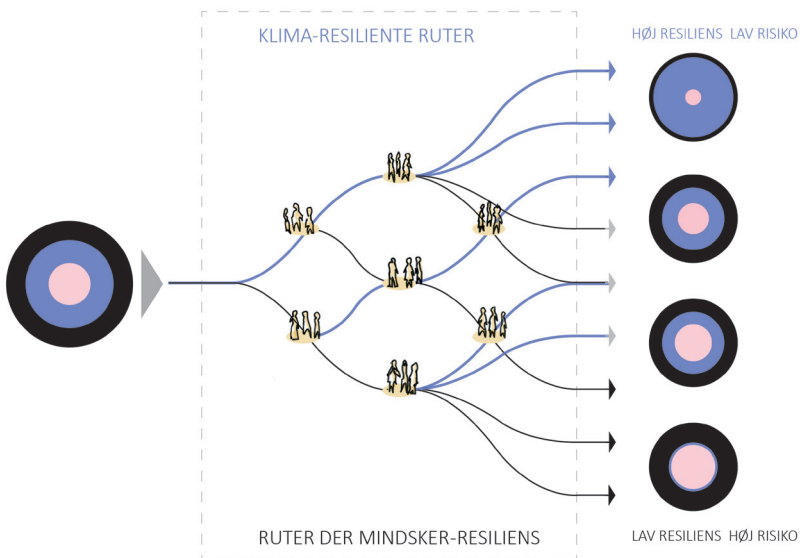
Note: DAPP står for Dynamic Adaptative Policy Pathways



VORES VERDEN

MULIGHEDSRUM

MULIGE FREMTIDER



- Biofysiske stressfaktorer
- Resiliens mulighedsrum
- Sociale stressfaktorer
- Ruter der mindsker resiliens
- Klima-resiliente ruter
- 👤 Beslutningspunkter

Figur 1

Klima-resiliente ruter. Diagrammet- eller metoden- kan give et overblik over de miljømæssige og sociale faktorer, der tilsammen danner mulighedsrummet for løsninger. Her er fokus på at tage 'gode beslutninger' undervejs; som et prisme for at indarbejde bæredygtighed i alle beslutningsprocesser og undgå beslutninger, der senere skaber 'lock-ins'. Beslutningerne skal kunne tilpasse sig nye behov og situationer undervejs, det vil sige en adaptiv, tilpassingsdygtig tilgang. Tilgangen minder lidt om 'doughnut økonomi'. Diagrammet er optegnet på baggrund af 'Climate change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Summary for Policymakers', figur side 29. Link: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgII\\_spm\\_en.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgII_spm_en.pdf)



## BIDRAGSMODEL

*Hvad koster det, hvem skal betale og er det retfærdigt*

Omkostningerne forbundet med anlæg og drift af kystbeskyttelses anlæg vil typisk blive finansieret gennem en form for samfinansiering blandt de interessenter, der måtte få gavn af løsningen. Der kan i den forbindelse være tale om frivillige bidrag såvel som pligtmæssige bidrag. De frivillige bidrag er fra dem, der populært sagt har lyst til at bidrage, fordi de synes, det er en god idé. Det kan f.eks. være gennem fondsbevillinger. De pligtmæssige bidrag er tvungne krav om at være med til at dække omkostningerne, og det er bundet i lovgivningen. Kystbeskyttelseslovens § 9a foreskriver, at ejere af fast ejendom, der har gavn af et kystbeskyttelsesprojekt, herunder ejere af boliger, erhverv og infrastrukturanlæg, kan pålægges bidragspligt. I henhold til kystbeskyttelsesloven skal dem, der har gavn af kystbeskyttelsesprojektet, være med til at betale for projektet. Det sker ud fra et nytte- og proportionalitetsprincip, så bidragsandelen er proportional med den nytte, den enkelte ejer får af projektet. Fordelingsnøglen kan udarbejdes på baggrund af en række forskellige kriterier, eksempelvis ejendommens beliggenhed (f.eks. kote, afstand til kysten), anvendelse (f.eks. bolig, erhverv, sommerhus), størrelse (f.eks. boligareal) eller ejendomsværdien. Der kan også være andre afledte effekter ved et kystbeskyttelsesprojekt, som f.eks. at en virksomheds produktion og omsætning ikke påvirkes af en stormflod.

Kystdirektoratet har udarbejdet en vejledning til bidragsfordeling, hvor der skelnes mellem de materielle værdier (de direkte fysiske skadesomkostninger) og de immaterielle nytteværdier (f.eks. tabt omsætning, beskyttelse af kulturarv eller fremme af rekreativ anvendelse).

Kommuner kan bidrage proportionalt som lodsejer på linje med andre ejere af fast ejendom. F.eks. vil mange veje typisk være kommunal ejendom. Kommuner kan også bidrage med en kommunal medfinansiering, der går ud over det snævre nytteprincip, hvis det vurderes at være til gavn for almenvellet. F.eks. kollektive gevinster som attraktive havnemiljøer, nemmere offentlig adgang til kystområder, sikring af naturinteresser eller fremme af et områdes omdømme. Det er kommunalbestyrelsen i den enkelte kommune, der godkender bidragsmodellen og fastsætter det enkelte bidrags størrelse.

## BIODIVERSITET

### *Artsmangfoldighed*

FN definerer biodiversitet som: "Mangfoldigheden af levende organismer i alle miljøer, både på land og i vand, samt de økologiske samspil, som organismerne indgår i. Biodiversitet omfatter såvel variationen indenfor og mellem arterne som mangfoldigheden af økosystemer". Med andre ord kan alt liv på jorden indgå i begrebet biodiversitet, herunder dyr, planter, svampe, bakterier og andet levende både på land, i vand og i luften. Begrebet biodiversitet fordrer, at der er mangfoldighed og samspil mellem forskellige systemer og processer. Tab eller uddøen af arter er en global krise, der (mindst) er på linje med klimakrisen. Den aktuelle biodiversitetskrise, den sjette masseuddryddelse, forventes at have en restituerings-, reorganiserings- og genetableringsperiode på omkring 50 millioner år. Klimaforandringer og havstigning kan påvirke biodiversiteten negativt, hvis f.eks. områder, der oversvømmes, rummer arter, der ikke kan flytte sig til andre levesteder og dermed trues eller ligefrem uddør.



Figur 2

Biodiversitet som et samspil imellem arter og arts mangfoldighed både under og over jorden, i luften, til vands og til lands. Biodiversitet spiller en kritisk rolle for sunde økosystemer og har dermed betydning for f.eks. rent vand og ren luft, frugtbar jord, fødevarerproduktion og medicinproduktion. Biodiversitet er derfor vigtig for både mennesker og andre arter. Læs evt. yderligere her: <https://mst.dk/natur-vand/natur/biodiversitet/>



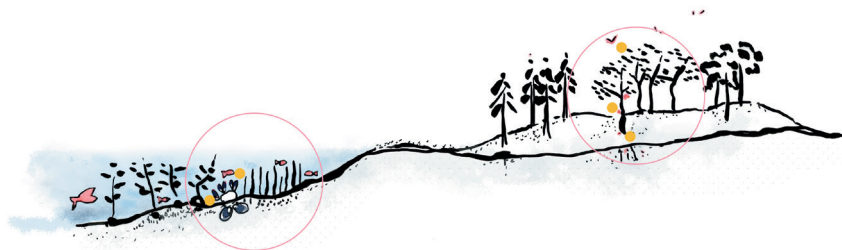
## BIOTOPER, HABITATER OG NICHER

### *Underinddeling af økosystemer*

Økosystemer kan skalamæssigt være en sø, en skov, en hede, en strandeng eller et lavvandet kystområde, hvor dyr og planter har tilpasset sig de specifikke forhold på stedet. Økosystemet er i interaktion med omkringliggende økosystemer, og ultimativt hele Jordens biosfære.

Økosystemet kan skalamæssigt underopdeles nedad i biotoper, habitater og nicher. Ser man f.eks. på en større blandet skov som et økosystem, kan en nåleskov udgøre en biotop, idet den fremstår som en relativt homogen del af skoven. Et enkelt grantræ kan være et habitat inden for biotopen, mens toppen og bunden af grantræet eller inder-siden af barken kan danne en specifik økologisk niche. Det samme gør sig gældende for livet ved kyster og i havet.

'Habitatnaturen', som i EU's habitatdirektiv er en del af grundlaget for udpegningen af danske Natura 2000-områder, afspejler de systemiske betingelser, der skal være til stede for, at områder kan fungere som levesteder for sjældne og sårbare dyre- og plantearter. Viden om økosystemer er derfor vigtig for at kunne forstå udpegningen, lovgrundlaget og forvaltningen af naturområder i Danmark.



Figur 3

Biotoper, habitater og nicher findes både på land og i vand. Biotoper refererer til fysiske og miljømæssige forhold, der definerer et område, f.eks. skove, ørkener og havet. Forskellige arter af planter, dyr, svampe og mikroorganismer kan leve i biotopen. En biotop kan dog også være tomt for levende organismer. Habitater er derimod defineret af de levende organismer, der kan være i en biotop. Habitater er det specifikke sted, hvor arter kan få opfyldt deres behov for føde, beskyttelse og vand. Nicherne, derimod, refererer til den unikke rolle, hver enkelt art spiller i økosystemet. Det vil sige, hvordan den indgår i samspillet med andre arter og det fysiske miljø, eksempelvis om det er et rovdyr højere oppe i fødekæden eller har rollen som bestøver. Et eksempel på en niche er blåmuslingen, der sidder fast på sten eller lignende i tidevandszonen. Samtidig er den selv fødekilde for andre arter. Som klynge skaber den i sig selv også habitater for andre arter som f.eks. små fisk. Dens filtrering af vandet kan også bidrage til at skabe klarere vand og dermed lette sollysets vej ned i vandet til fordel for andre arter. Derved har blåmuslingen også en rolle i det større økosystem.

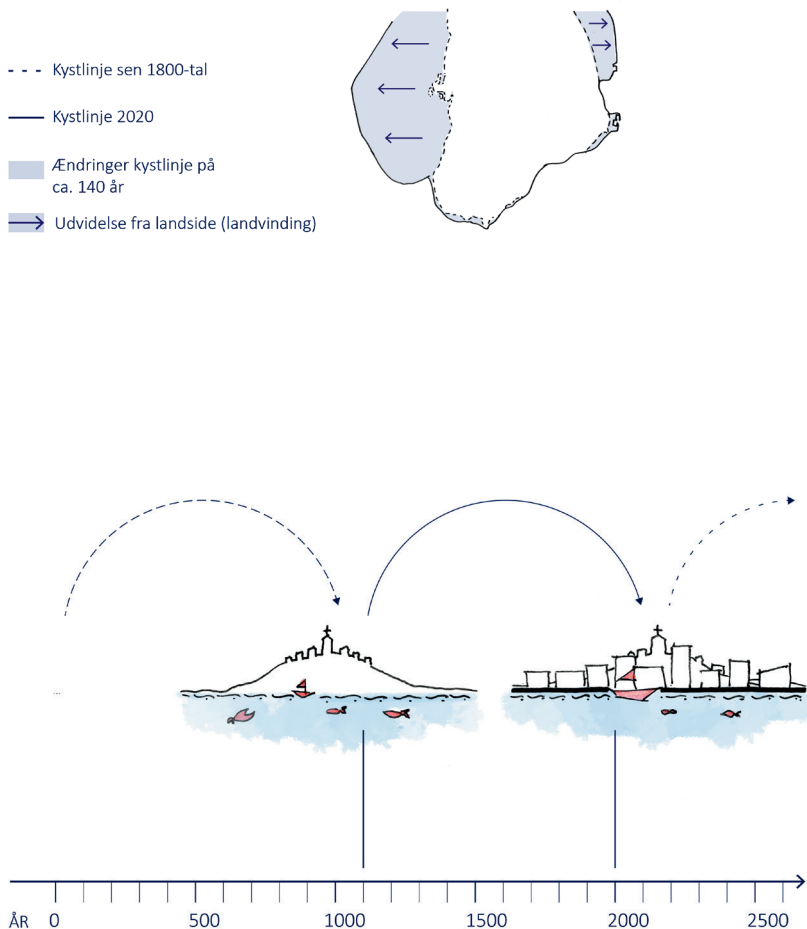


## BYUDVIKLING OVER TID

### *Fremtidens byer er formet af historien*

Havvandsstigninger kommer langsomt men sikkert. Det er ikke muligt at forudsige præcist med hvilken hastighed, eller hvor store de bliver. Det samme kan siges om byer. De fleste større danske byer vokser. Det har de gjort gennem hundreder af år. Udviklingen har været svær at forudse skridt for skridt, men i et langt perspektiv følger den generelt de samme mønstre.

De centrale, og for mange mennesker mest værdifulde dele af byerne, ligger der, hvor de også lå, da købstæderne voksede frem i mid-delalderen. Det må forventes, at dele af byernes strukturer også ligger der om flere hundrede år, når havvandstanden er en helt anden end i dag. Det vil sige de samme bystrukturer - men i et helt nyt landskab. Havstigning rejser spørgsmål omkring, hvor og hvordan byerne skal udvikles fremadrettet og hvilke værdifulde områder, der skal beskyttes. Det er nogle af de centrale spørgsmål, der skal tages stilling til, når nye bydele anlægges og områder klimasikres eller klimatilpasses. Det er derfor vigtigt at se på byudvikling i et meget langt tidsperspektiv. Også selvom der er mange ubekendte. Det stigende havvand udfordrer traditionen med at planlægge byer ud fra et 4 til 12-årigt perspektiv i kommuneplanen.



Figur 4

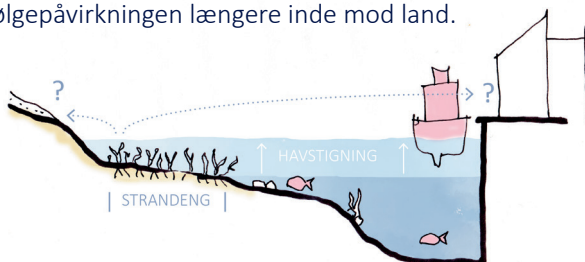
Danmark er et land med kystbyer, hvoraf mange er tidligere købstæder. I kystens købstæder ses ofte en historisk bymidte med en senere udbygning mod havet, bl.a. i form af landvinding. Den historiske bymidte ligger typisk på højere terræn, mens nyere byudvikling, særligt fra 1960'erne og frem, ofte ligger lavt og nu er mere oversvømmelsestruet. Samtidens kystbyer består af nyere strukturer såvel som strukturer, der går f.eks. 1000 år tilbage i tiden. Udviklingen af byens strukturer har derfor meget lange tidsspænd, så når kystbyerne skal tilpasse sig ændringer i klimaet og ændret havniveau, kan det give mening også at tænke både 100 og 300 år eller længere ind i fremtiden.



## COASTAL SQUEEZE OG STRANDENGE

*Når havet stiger er der brug for plads indefter*

Strandenge er lavtliggende flade arealer, der er påvirkede af saltvand fra havet, og som er beliggende mellem havet og det bagvedliggende landskab højere i terrænet. Strandenge udgør omkring 1 % af Danmarks landareal og cirka 10 % af arealet af de §3-beskyttede områder i landet. Samtidig udgør Danmarks strandenge næsten 80 % af hele EU's samlede areal af de såkaldte kontinentale strandenge. Strandenge er således en væsentlig beskyttet naturtype på såvel nationalt og internationalt plan. Inden for de næste 100 år forventes cirka halvdelen af strandengene i Danmark at forsvinde i havet som konsekvens af havvandsstigninger. Årsagen er, at strandengene er meget lavtliggende, og de bliver derfor permanent oversvømmede, når havet stiger. Strandengene kan ikke altid 'flytte' sig ind i landet pga. højden på det bagvedliggende land. Det kan skyldes en naturlig terrænskråning, et dige eller måske en eksisterende bymæssig bebyggelse, der danner en bagkant og begrænsning for, hvor langt økosystemet kan flytte sig ind i landet. Når havet stiger og det lave forland indskrænkes, vil der i fremtiden være mindre af den beskyttede kystnatur tilbage. Dette fænomen kaldes "coastal squeeze". I lavtliggende områder kan strandengene flytte sig landværts ind i ådale og nor. Det er dog ikke problemfrit, da det vil fortrænge andre §3-beskyttede områder, så som ferske enge, søer og moser, hvor saltpåvirkningen ved højvande og stormflod vil være decideret giftig for dyr og planter. Disse får derfor behov for plads og tid til ligeledes at kunne trække sig indefter. Samtidig kan strandenge have betydning som naturlig kystbeskyttelse, der kan mindske bølgepåvirkningen længere inde mod land.



Figur 5

Coastal Squeeze og baglandets højder og karakter. Når kysten presses både indad og op af stigende havvand, vil der være arter, der ikke længere kan overleve på deres nuværende areal, fordi vanddybden bliver for stor. Her bliver det vigtigt, hvordan sådanne arter kan etablere sig på nye områder, dvs. hvilken 'kant' og forhold de møder.





## COST-BENEFIT-ANALYSER

### *Hvordan måles værdi?*

Cost-benefit-analyser kan bruges til at udføre en økonomisk afvejning af, om en investering i oversvømmelsesbeskyttelse, flytning af byområder e.l. kan betale sig. I analysen opgøres om de tab, der er forbundet med løsningen (f.eks. investerings- og driftsomkostninger, tab af naturområder eller reduceret herlighedsværdi), modsvarer de gevinster, der opnås igennem løsningen (reduktion af oversvømmelseskade, forbedret luftkvalitet, monetær værdi af inddæmmede land, nye rekreative arealer, m.fl.). Analysens styrke er, at den kan komme med et resultat selv om f.eks. goder og ulemper forekommer på forskellige tidspunkter. Som første skridt i en cost-benefit-analyse skal beslutningstagerne forholde sig til, hvilke planlægningsmål der potentielt påvirkes af et tiltag, og hvilke tab og gevinster der derfor skal medtages i analysen.

Cost-benefit-analyser udføres typisk ved at sammenligne forskellige scenarier med et laissez-faire (gør ingenting) scenarium for at vurdere, hvilke løsninger der er økonomisk bæredygtige, og eventuelt hvilken der er samfundsmæssigt optimal. For at skabe et så fyldestgørende overblik skal ikke-markeds-omsatte goder (f.eks. trafik-forstyrrelser efter oversvømmelser, forbedring af luftkvalitet, værdi af naturarealer) medtages i analysen, selvom deres værdisætning er behæftet med væsentlige usikkerheder.



## DAP OG DAPP - DYNAMIC ADAPTATION PATHWAYS

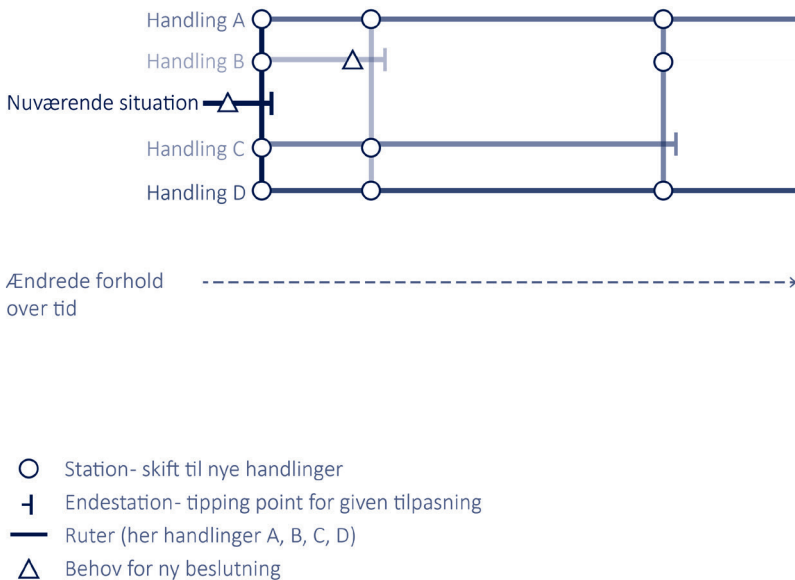
### *Ruter for tilpasning – muligheder eller lock-ins over tid*

En måde at gøre strategisk planlægning mere operationel kan være gennem en pathways tilgang (DAP), der følger forskellige udviklingsspor og valg over tid. Helt kort handler det om at identificere de beslutninger, der skal tages nu, og hvilke der kan tages i fremtiden, at prioritere investeringer, og måske vigtigst af alt, at vurdere hvor længe en bestemt løsning er tilstrækkelig, og hvornår det er nødvendigt at revidere planerne. Ud fra dette kan en dynamisk pathways-tilgang tydeliggøre, om løsninger over tid kan give muligheder for alternative løsninger eller om en given løsningstype over tid kommer til at skabe 'lock-ins'. Lock-ins vil sige, at man potentielt binder sig og fastlåser sig i forhold til muligheden for at tilpasse eller omgøre løsningen over tid. Inden for en parthways-tilgang, beskriver begrebet 'tipping point' det punkt i tid eller påvirkning, hvor en bestemt indsats ikke længere er nok til at opnå et bestemt mål eller afværge en bestemt trussel, og hvor en ny indsats eller politik må iværksættes, hvis målet stadig er relevant. Helt grundlæggende bør interessenterne inddrages i hver faseovergang. Dynamic Adaptive Policy Pathways beskrives som en metode til at gennemføre strategisk planlægning på en organiseret og struktureret måde. Også her er fokus på at holde muligheder åbne så længe som muligt og mulighed for at ændre planen baseret på nye udviklinger eller indsigter som forudsætning for en fleksibel og robust plan.

Fire trin i en tilpasningsproces:

- 1) Sætte mål
- 2) Vurdere 'tipping point' for eksisterende politik under forskellige scenarier
- 3) Undersøge mulige, nye tiltag for deres 'tipping point'
- 4) Kombinere det foregående til en række alternative 'stier' eller udviklingsspor, som hver for sig kan cost-benefit vurderes.

Note: DAP står for Dynamic Adaptation Pathways og DAPP står for Dynamic Adaptive Policy Pathways. Læs mere om Zandvoort et al. 2017 og deres fire trin i en tilpasningsproces: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1462901116309339>, læs om forskerne Haasnoot et al. i forhold til DAPP og at holde muligheder åbne: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095937801200146X>



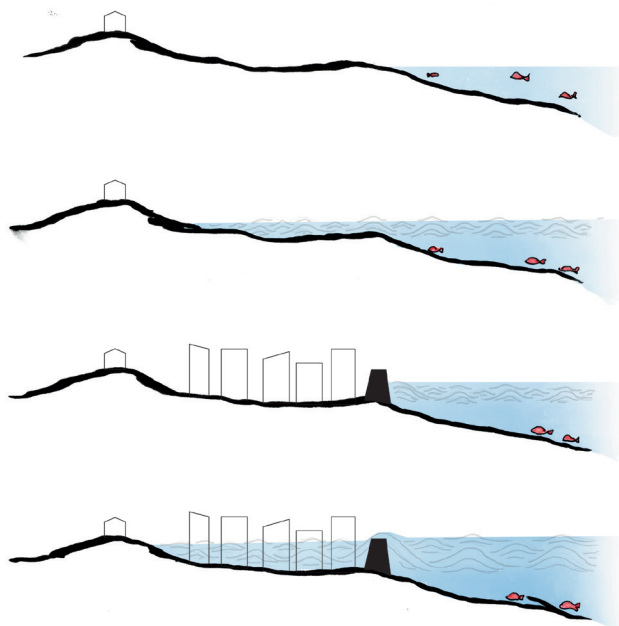
Figur 6

DAPP er en ramme der kan bruges til at undersøge og sammenligne, hvordan forskellige tiltag til klimatilpasning virker på et givet område, herunder ikke mindst, hvornår nogle tiltag ikke længere virker. Fokus er på at afdække muligheder og usikkerheder over tid for at kunne identificere fleksible og resiliente løsninger, så beslutninger og handlinger kan baseres på den bedst mulige viden på det pågældende tidspunkt.

### *Diger kan give en opfattelse af tryghed*

Begrebet 'dige effekt' (levee effect) betegner den situation, hvor en hård struktur, som f.eks. et dige eller en dæmning, giver så stor tryghedsfølelse, at det virker som incitament til yderligere bebyggelse i risikoområder og dermed øger konsekvenserne ved et digebrud.

'Når noget er sikret, kan der bygges': Det betyder, at området vil opleve færre oversvømmelser pga. sikringen, men i de sjældne hændelser, hvor sikringsniveauet overskrides, vil skaderne til gengæld ofte være store, fordi værdierne i området er større. I ekstreme tilfælde medfører sikringen derfor ikke en risikoreduktion i forhold til eksponering og sårbarhed, og den samlede risiko kan derfor være større end uden sikring. Dige effekten er observeret i hele verden, men er især tydelig i Holland.



Figur 7

Principsnit for dige effekt. Oppefra og ned illustreres, hvordan lavtliggende områder i risiko for oversvømmelse kan blive attraktive for yderligere byggeri, hvis der etableres f.eks. større diger, som giver indtryk af sikkerhed. Hvis diget fejler, eller der kommer en større hændelse end forventet, så er risikoen højere, end før diget blev bygget.

## DVR90

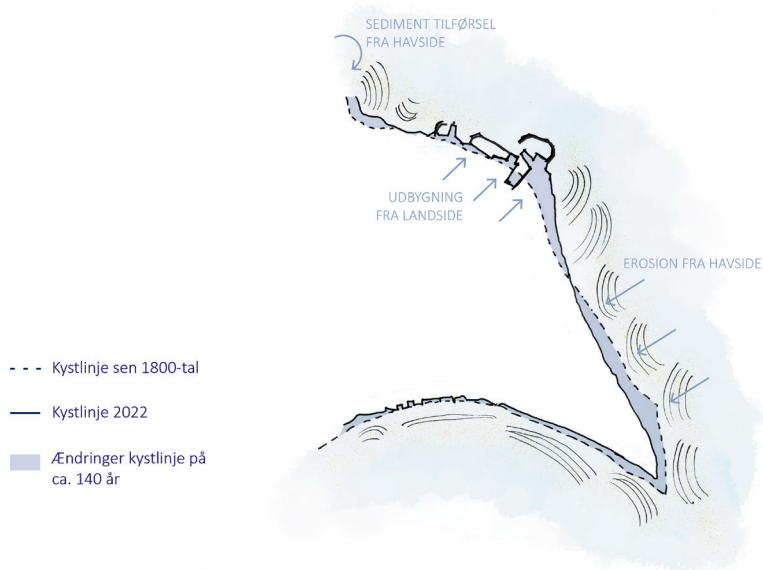
### *Dansk Normal Nul*

I Danmark bruges en fælles reference i forhold til, hvor højt noget ligger. Danmark har ét fælles hovedfikspunkt (normal højdepunkt). Det er påsat den østvendte gavl på Aarhus Domkirke. Havvandstanden angives relativt til det gennemsnitlige havniveau i år 1990. Dette fælles højdesystem justeres med tiden, idet terrænet stiger (landhævning) i nogle områder og synker (landsænkning) i andre, samtidig med at havet generelt stiger. Det fælles højdesystem kaldes DVR90 for at kunne skelne fra tidligere systemer. DVR90 står for Dansk Vertikal Reference. Højdesystemet afløste det, som tidligere hed Dansk Normal Nul (DNN). På grund af ændringer i havvandstanden er den gennemsnitlige havvandstand i Danmark i dag nogle cm højere end nulpunktet i DVR90.

### Akut og kronisk sedimenttransport

Alle kyster udsættes for bølgepåvirkning og strøm, som medfører at der enten fjernes eller aflejres sand m.v. Udkommet afhænger af flere processer og nogle steder påvirkes kystlinjen meget, mens der i andre områder stort set ikke er ændringer. Ved stormfloder kan der være kraftig, akut erosion, der afgørende ændrer på kystlinjen. I Danmark er den kroniske erosion mest udtalt ved Vestkysten samt de nordlige kyster på Sjælland og Bornholm. Generelt foregår erosion i et spil mellem kystprofilen og bølgepåvirkning. Der skelnes mellem forskellige typer af erosion:

- Akut erosion –f.eks. ved en storm.
- Kronisk erosion –f.eks. den løbende sedimenttransport væk fra området grundet bølger og strøm



Figur 8

Eksempel på ændringer af kystlinjen, skabt af både naturlige og menneskabte processer. Kystlinjen er dynamisk og flytter sig ud og ind over tid. Noget skyldes sedimenttransport pga. bølger og vind, hvor havet enten lægger ekstra materiale på kysten eller fjerner materiale (erosion). Andre dynamikker er f.eks. byudvikling ved kysten og ud i havet som f.eks. landvinning eller hård kystsikring, der påvirker havets sedimenttransport. Læs lidt om forskellige typer af erosion her: [https://denstoredanske.lex.dk/erosion\\_-\\_geologisk\\_proces](https://denstoredanske.lex.dk/erosion_-_geologisk_proces)

## GENTAGELSESPERIODER OG HÆNDELSER

### *Omfang og hvor ofte det statistisk sker*

I arbejdet med klimatilpasning bruges ofte begreberne hændelse kombineret med gentagelsesperiode. En hændelse er en begivenhed, som kan gives en præcis beskrivelse af en fare og dens tilhørende sandsynlighed. En fare kan f.eks. være en oversvømmelse af områder under kote 1.83 meter eller kombinationen af 30 mm nedbør på 2 timer og en havvandstand i kote 1.65 meter.

Man benytter ofte gentagelsesperioder til at beskrive, hvor hyppigt en bestemt type hændelse kan tænkes at forekomme i fremtiden. Gentagelsesperioden er den gennemsnitlige tid mellem hændelser. En 100-årshændelse har 1% sandsynlighed for at forekomme årligt, mens en 20-års hændelse har 5% sandsynlighed for at forekomme årligt. Hvis klimaet er konstant, vil der i gennemsnit være 100 år mellem to 100-årshændelser. Man kan dog ikke forudsige, hvornår de enkelte hændelser forekommer. Som eksempel kan nævnes de meget alvorlige hændelser med stormflod i 1825 og 1872, der i gennemsnit forekommer sjældnere end hvert 100. år. Der var under 50 år imellem disse hændelser. Til gengæld er der nu gået 150 år siden sidste meget store stormflod, uden en tilsvarende hændelse er observeret. Hændelser bliver oftere og kraftigere.

Da klimaet ikke er konstant, og klimaændringerne spiller en øget rolle, må det antages, at storme i fremtiden vil blive kraftigere og komme hyppigere. Med andre ord stiger sandsynligheden for en given fare (f.eks. en stormflod med en given kote) en smule hvert år, og derfor vil der i fremtiden være væsentligt kortere mellem en bestemt fare, f.eks. en 100-årshændelse, i nutidens klima. På et tidspunkt i fremtiden vil denne hændelse være en 20-årshændelse og endnu senere i fremtiden en 5-årshændelse. Når man vælger en sikring til et bestemt niveau, eksempelvis en 100-årshændelse, forventer man, at der generelt ikke vil ske skader under dette niveau. En sjældnere hændelse vil derimod stadig give en skade. Størrelsen af denne skade vil afhænge af den løsning man har valgt. Derfor er det vigtigt ikke kun at diskutere hvilken gentagelsesperiode, man ønsker at sikre sig til, men også hvad der sker, når det tilsvarende niveau overskrides.



## HAVSTIGNING

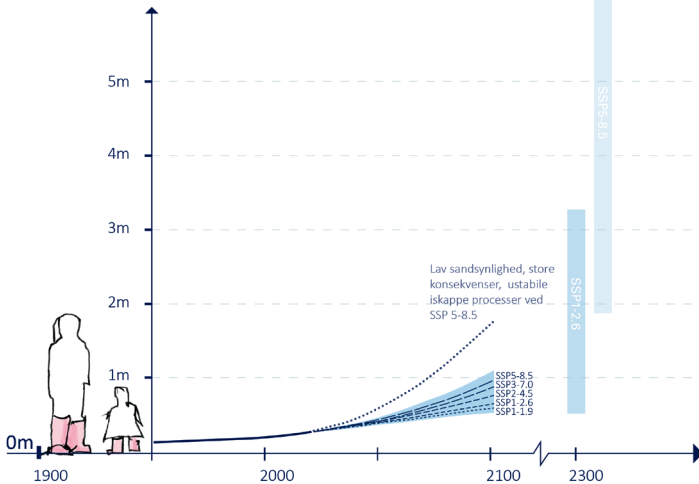
### *Global opvarmning giver havstigning*

Havstigning skyldes Global opvarmning indebærer bl.a. afsmeltning af indlandsis og gletsjere der får havet til at stige. Samtidig får de højere temperaturer havvandet til at udvide sig og derved fylde mere. De lokale konsekvenser vil være forskellige grundet forskellig demografi, befolkningstæthed, bystrukturer, naturgrundlag, geomorfologi, kulturelle værdier, kulturarv, økonomiske værdier. Herunder også forskelle omkring areal- og terrænmæssige muligheder for at trække sig tilbage, administrative grænser, socio-økonomiske forhold og samfundsstrukturer generelt. Havspejls- eller havniveaustigning betegnes ofte som havstigning, forkortet SLR (Sea Level Rise). Når man taler om havstigning, vil det i sagens natur altid være i forhold til et tidligere niveau; dvs. den havvandstand/det havniveau der måles op imod. Derfor bruges begrebet relativt havniveau og havstigning (Relative Sea Level/RSL). Havet omkring Danmark er i gennemsnit steget 220 mm siden år 1880. Her er der regionale forskelle, idet den nordlige del af Jylland oplever landhævning og den sydlige del af Jylland landsænkning. En fjerdedel af stigningen de sidste 140 år er sket de sidste 15 år, idet stigningen her er beregnet til 3,7 mm/år.

Beregning af den fremtidige havstigning er behæftet med store usikkerheder både i forhold til, hvilket havniveau kloden er på vej imod, samt på hvilke tidspunkter forskellige niveauer af havstigning vil ske. Havvandsstigninger er det man kalder en 'slow-burner', hvilket betyder, at selv hvis den globale udledning af CO<sub>2</sub> bliver reduceret hurtigt, vil havet fortsætte med at stige i de kommende århundreder. I de mest optimistiske scenarier forventer man, at stigningen bliver mindre sidst i århundredet, mens de mest pessimistiske scenarier forventer, at stigningen i havvandspejlet vil være mere end 10 mm/år sidst i århundredet. I år 2400 forudsiger mange scenarier stigninger på mere end 3 meter i forhold til niveauet nu. De store usikkerheder omkring hvor meget og hvornår havet stiger til et kritisk niveau betyder, at der skal foretages en række valg omkring, hvad som skal indtænkes nu eller først om mange år.

De store usikkerheder omkring omfang og hastighed af havstigning gør det er svært at vurdere om f.eks. kystbyer skal sikres, hvilket niveau der skal sikres til og med hvilken fremskrivningshorisont.





Figur 9

Den globale havvandstandsstigning fremskrevet for de 5 SSP scenarier frem til hhv. år 2100 og 2300. Jo længere fremme i tiden, desto større usikkerheder. Som det fremgår forventes omkring 70 cm stigning frem til år 2100, men op til 200 cm kan ikke afvises. Øverst på denne side ses en lysegul cirkel, der indikerer en 15 meter stigning i år 2300, som beskrives som usandsynlig, men ikke kan udelukkes ved høj udledning af drivhusgasser.

Grafen er optegnet på baggrund af IPCC 2021, R6 Technical Summary, Figure Box TS. Her: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcjglclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf)



## HAVSTIGNING OG STORMFLOD

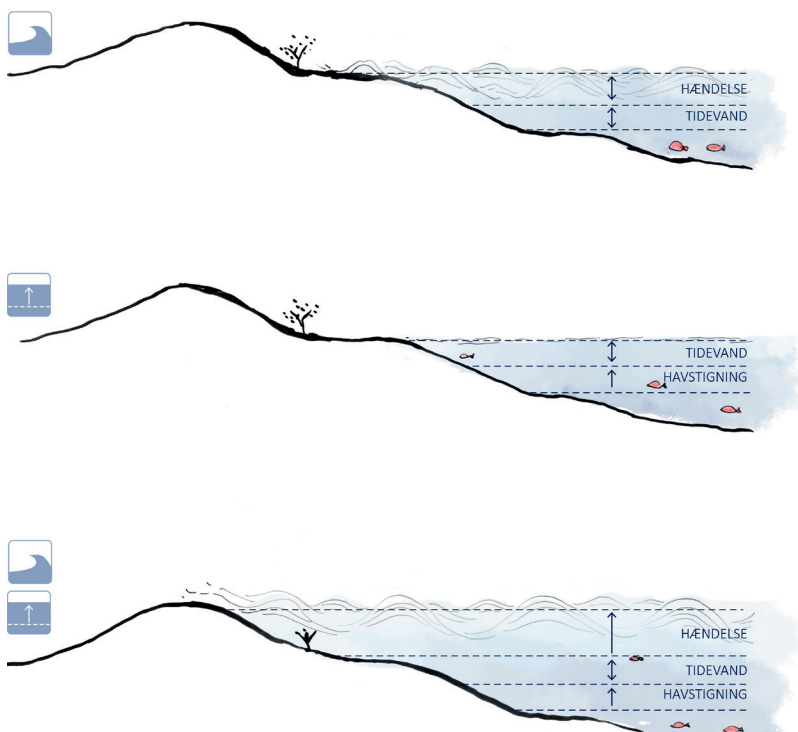
### *Forskellige udfordringer kan kræve forskellige løsninger*

Havstigning og stormfloder kan have forskellige konsekvenser. Havstigning giver et permanent (og øget) tryk ind over land og giver dermed behov for løsninger, der kan imødekomme en ændret situation over længere tid. Dette står i modsætning til stormfloder og ekstreme højvande, som har en kort varighed (timer og dage), hvorefter genopbygning kan begynde. Det vil sige, at hvor havstigning giver et permanent pres, så er stormflod umiddelbart voldsommere, men midlertidig. Dette har også indflydelse på, hvilke løsninger der vælges. Er det f.eks. en løsning der en gang imellem kan lukke af og skærme mod en stormflod, eller er det løsninger der skal afhjælpe et højere havniveau?

Samtidig har kystbyers indplacering i landskabet betydning, da nogle landområder er mere udsatte end andre. F.eks. er Tøndermarsken ikke alene lavtliggende, men også beliggende ud til Vadehavet. Når havniveauet stiger, vil det terrænnære grundvand nær kysten ligeledes stige. Det betyder blandt andet, at selvom der etableres diger, så vil det terrænnære grundvand stige inden for diget.

### *Historiske erfaringer og nye udfordringer*

Historisk set er stormfloder velkendte, og lavtliggende områder er traditionelt blevet beskyttet med især diger. Havniveauet stigning er derimod en relativt ny klimaudfordring i Danmark, der skaber nye udfordringer og rejser en række spørgsmål til bosætning ved kysterne. De mest egnede løsninger til stormflod afhjælper ikke nødvendigvis udfordringer ved havstigning. Et eksempel kan være sluseporten, der kan lukkes ved stormflod, men som ikke holder permanente havvandsstigninger ude. Når en kystby tilpasses klimaændringer til stigende havspejl og flere og større stormfloder, er det vigtigt at skelne mellem hvorvidt tiltagene er tiltænkt stormflod og/eller havstigning. Kombinationen af stormflod og havstigning kan derfor give behov for kombinerede løsningsmodeller, der kan adressere forskellige udfordringer over tid.



**Figur 10**

Der er forskellige konsekvenser af havstigning og hændelser som stormfloder. Stormfloder er historisk velkendte og har en tidslighed på et par dage. Havstigning giver derimod et permanent øget pres på kyster og kystbyer. Med klimaændringer og havstigning bliver hændelserne i sig selv større og oftere forekommende. Kombinationen af havstigning og stormflod er derfor en ny situation for kystbyerne.



## HYBRIDE (KOMBINEREDE) LØSNINGER

### *Kan én løsning stå alene?*

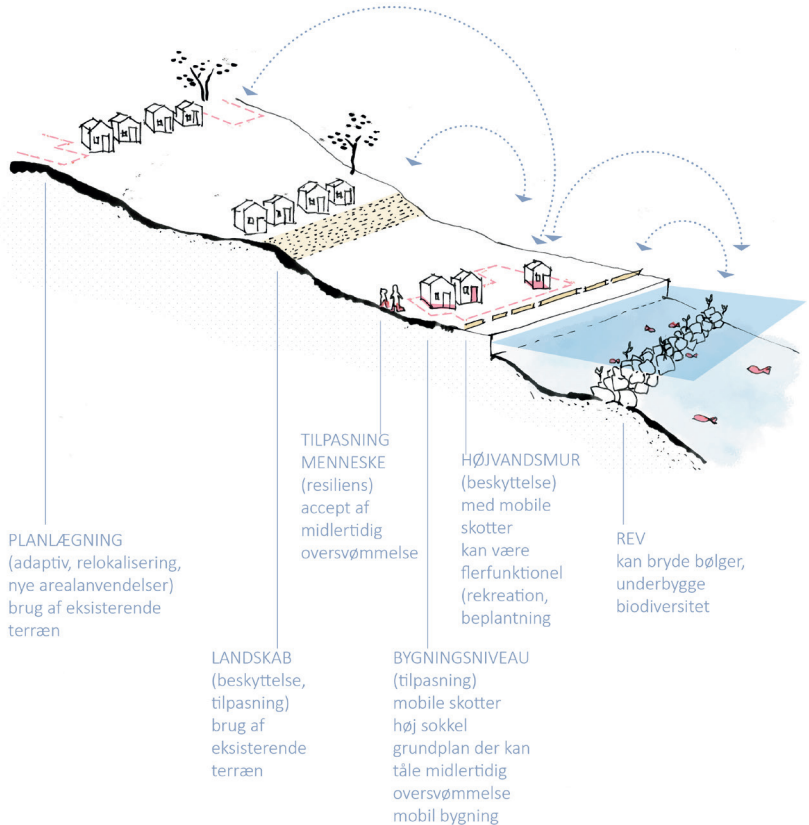
I tæt bebyggede byområder er den mest hensigtsmæssige klimatilpasning i visse tilfælde en kombineret (hybrid) løsning, der gør brug af flere delelementer. F.eks. ved at gøre brug af landskabselementer (naturligt højere terræn) og eksisterende byggede elementer. Til dette kan tilføjes hårde strukturer, naturbaserede strukturer og mobile løsninger samt planlægningsmæssige greb såsom zoner hvori der undgås nyt, permanent byggeri. Hertil kommer kombinationsmuligheder over tid. Eksempelvis kan fysiske løsninger kombineres med mobile løsninger, og områder kan måske på den helt lange bane få flyttet sine funktioner til højereliggende områder.

Kombinerede løsninger har gavn af at tage afsæt i stedsbundne kvaliteter og karakteristika; f.eks. indplacering i forhold til landskabets træk, bygningsværdier og andre lokalt forankrede forhold.

Et bygget eksempel på en kombineret løsning inden for regnvands-håndtering er Klimakvarteret på Østerbro i København, som bl.a. bruger regnbede sammen med muligheden for overløb til kloak. Et eksempel på en kombineret løsning i forhold til havvand er Katwijk Diget i Holland som er en digekonstruktion i beton med et 'landskabslag' udenpå. Udover at beskytte en by mod havstigning og erosion, har diget flere funktioner. Bl.a. underjordisk parkering der faciliterer strandturisme samtidig med, at området fortsat kan fungere som rekreativt trækplaster. Katwijk Diget er dog også en omkostningstung konstruktion med et stort CO<sub>2</sub> aftryk. Løsningen har desuden været afhængig af, at byen, som den beskytter, i forvejen var højtliggende, og at der var mulighed for at 'slutte til' eksisterende høje diger.

I forhold til tilpasning af kystbyer kan et eksempel på en kombineret løsning være at kombinere barriereøer med bagvedliggende strandeng eller en lavere højvandsmur i selve byen med foranliggende strandeng.

Eksempler på kombinationsmuligheder disse kan også ses som kombinationer der effektueres over tid. Nogle af løsningerne kan dog kun afbøde stormflodshændelser, men ikke optage større havstigninger



Figur 11

Eksempler på hybride løsninger. Nogle løsninger kan måske stå alene i en periode, men som havet stiger, vil der over tid blive behov for nye løsninger. Som udgangspunkt kan forskellige løsninger kombineres. Eksempelvis kan en højvandsmur eller et dige til beskyttelse mod stormflod gøres lavere, hvis bølgerne brydes (fx i form af et rev) før de rammer muren. Muren kan også bruges til at købe tid, mens der planlægges udbygning på højere terræn eller opbygges naturbaserede løsninger. Fleksible bygninger og civilt beredskab kan indgå i sådanne løsningskombinationer. Flere af løsningerne er dog mest velegnede til stormflod og er mere udfordrede af havstigning på den længere bane.



## HÅRDE OG BLØDE STRUKTURER

### *Hard & soft engineering*

Fysiske løsninger omtales ofte som hhv. hårde strukturer og bløde strukturer (hard engineering og soft engineering). Hvor begrebet hårde strukturer ofte dækker over lidt større konstruktioner som diger, sluser og dæmninger, kan det også være i den mindre skala som f.eks. lokale højvandsmure. Bløde strukturer er ofte synonym med naturbaserede løsninger. Der er en række grundlæggende forskelle mellem hårde strukturer og naturbaserede løsninger i forhold til hvad de afhjælper og deres afledte effekter. Hårde konstruktioner er velbeskrevne og kan intuitivt fremstå mere sikre, end de reelt er. En hård struktur bygget til at kunne klare en 100-års hændelse er dog ikke mere sikker, end at den kan være nyttesløs ved en 110-års hændelse.

### *Hårde strukturer – statiske*

Hårde strukturer kan både være dynamiske og statiske. De statiske er eksempelvis et dige eller en højvandsmur og vil i princippet beskytte både mod stormflod og havstigning (hvis konstruktionerne vel at mærke gøres høje nok). Eksempler er Det Lollandske Dige eller Det Fremskudte Dige ved Tønder, som er permanent lukkede og derved både beskytter mod stormfloder og havstigning. Dette kræver dog pumper/sluser, som eksempelvis Vidåslusen ved Tønderdiget, da åvand og regnvand fra det bagvedliggende opland også skal kunne komme ud. Hårde, statiske strukturer vil, hvis ikke der tilpasses yderligere ud mod havet, give yderligere erosion på det kystlandskab der måtte være i forvejen. I mange tilfælde vil de hårde statiske strukturer lukke af for vigtige økosystemer, og vandets bevægelse mellem indland og hav. Dette har i sig selv negative konsekvenser, der så igen skal afhjælpes med bl.a. pumper, arealer til vandparkering eller etablering af økologiske korridorer (f.eks. fisketrapper). De hårde statiske strukturer kan have en række negative sideeffekter i forhold til bl.a. biodiversitet, CO<sub>2</sub> aftryk og ressourcebrug (f.eks. ved større betonkonstruktioner), oplevelsesmæssige kvaliteter, store omkostninger til vedligehold eller behov for at øge højden med havets stigning samt risiko for digeeffekt. Samtidig afhjælper de ikke, at det terrænnære grundvand indenfor f.eks. et dige fortsat vil stige sammen med havet og derfor give behov for pumper eller andre foranstaltninger.

### *Hårde strukturer –dynamiske*

En sluse er ligeledes en hård struktur, men det er samtidig en dynamisk struktur. Med dynamisk menes, at den tages i brug og lukkes som beskyttelse ved ekstremhøjvande og stormflod i et kortere tidsrum for derefter at åbnes igen. Eksempler er Thames Barrier i England, Maeslantkering i Holland samt MOSE projektet, der skal beskytte Venedig mod ekstremhøjvande. MOSE er placeret for enden af lagunen, lidt væk fra byen, hvorimod mindre sluser ofte placeres ved å-mundinger, der typisk ligger midt i byen, suppleret med tilhørende højvandsmur eller dige. Fordelen ved de dynamiske løsninger som f.eks. sluser er, at de kan tillade udveksling mellem økosystemer på daglig basis. Til gengæld beskytter de ikke i sig selv mod havstigning- her skal der suppleres med andre løsninger – medmindre det er en kammersluse (dobbelt sluse), som man kender fra skibsfarten. Kammersluser er dog mere omfattende og væsentligt dyrere. Her afskæres økosystemer og vandets forbindelser ligeledes og vil give behov for pumper.

### *Bløde strukturer*

Bløde strukturer er typisk naturbaserede som f.eks. klitter, forlande, strandenge, mangrove, barriereøer, rev og tangskove (se oplag Naturbaserede Løsninger). Disse strukturer kræver ofte mere areal og lidt længere tidsperspektiver. De har gerne en række positive afledte effekter i form af biodiversitet, potentialer for CO<sub>2</sub> optag samt rekreation og udendørs aktiviteter

### *Kombinationer af hårde og bløde strukturer*

Hårde- og bløde strukturer kan kombineres til hybride (kombinerede) løsninger. En hård struktur kan godt have en naturbaseret løsning 'udenpå' f.eks. til at forbedre biodiversitet eller mindske bølgeenergien, således at den hårde struktur kan gøres lavere i højden. En naturbaseret løsning kan også være baseret på en 'hård kerne'. Det vil i så fald være en kombineret løsning, der alt efter opbygning kan have forskellige vægtninger mellem en hård- eller naturbaseret struktur. Uanset om det er en 'ren' naturbaseret løsning eller et greb uden på en hård kerne, så ligger der gerne også rekreative og æstetiske begrundelser i dette.



## IKKE-FYSISKE LØSNINGER

*Planlægning, lovgivning og beredskab er også en del af løsningsmulighederne*

Ikke-fysiske løsninger (non-structural measures) dækker over planlægning, lovgivning, økonomiske incitamenter samt typer af resiliens som social sammenhængskraft, træning af civilt beredskab, telefonkæder med videre.

Sociale tiltag kan være uddannelse, træning, øvelser og forberedelse. Dette står i modsætning til at reducere risikoen ved at reducere ud-satheden, hvilket oftest er gennem fysisk-strukturelle tiltag, som f.eks. at bygge et dige eller flytte en bebyggelse. Ikke-fysiske løsninger handler også om opbygning af social resiliens. At lære at leve med vandet. En oversvømmelse er ikke nødvendigvis en katastrofe, hvis man er forberedt på det. Venedig er et eksempel på, hvordan livet i århundreder er gået videre trods højvande i gaderne, nogle dage med gummistøvler og midlertidige gangbroer som fortove.

Ikke-fysisk risikoreduktion (uden byggede tiltag) kan også være oplysning, ændret adfærd og styrkelsen af det civile beredskab eller økonomiske incitamenter til at klimatilpasse en bygning.



## INSTRUMENTEL OG IBOENDE VÆRDI

### *Forskellige typer af værdi*

Værdi kan opdeles i to hovedgrupper: instrumentel værdi og iboende værdi. Ting eller handlinger, der har instrumentel værdi, kan bruges som middel til at nå bestemte mål. Noget nyttigt, noget funktionelt, noget instrumentelt. Det kan f.eks. være en højvandsmur, der skal sørge for at holde vandet ude, når der er optræk til storm. Hvis højvandsmuren blev etableret på toppen af en bakke bagved byen ville den ikke have nogen nytte og ingen instrumentel værdi. Man ville nok mene, at det var meningsløst og spild af penge at bygge den på den placering. Formålet mangler. Nyttetværdien er væk.

Når det gælder naturområder, kan den instrumentelle værdi relatere sig til den nytte, mennesker har af naturgoderne, hvad enten det er i form af fødevarer, bomuld, sandrevler der bryder bølgerne eller attraktive naturområder, hvor man kan gå tur i weekenden.

Modsat kan et uberørt naturområde uden offentlig adgang være uden instrumentel værdi, men det kan fungere som et levested for sjældne dyre- og plantearter. Det kan i dette tilfælde være relevant at fremhæve den iboende værdi ved disse arter og sige, at alle levende organismer har ret til at eksistere uafhængigt af, om de er direkte til gavn for mennesker eller ej. Den norske filosof Arne Næss bruger begrebet dybdeøkologi (deep ecology), hvor naturen anses for at have en iboende værdi i sig selv, med eller uden mennesker på jorden. De forskellige værdiopfattelser kan komme til udtryk blandt en bred gruppe af aktører i forbindelse med f.eks. et naturbeskyttelses- eller kystbeskyttelsesprojekt. En tydeliggørelse af værdiopfattelserne kan være med til at forbedre forståelsen af, hvordan forskellige aktører vægter og fortolker værdier.

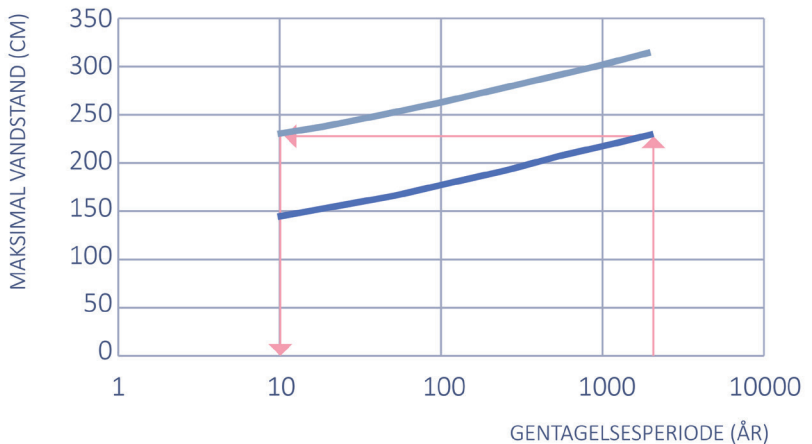


## KLIMAFREMSKRIVNING AF SIKRINGSNIVEAUER

### *Stormfloder bliver kraftigere*

Havvandsstigninger medfører en stigning af middelvandstanden, og dermed vil moderate stormfloder i fremtiden medføre vandstande svarende til stormfloder, der kun meget sjældent forekommer i dag. En anden måde at formulere det på er at sige, at et givent højvande forekommer meget hyppigere i fremtiden. I praksis betyder det, at en oversvømmelsessikring, der set i dagens klima, statistisk har 1% sandsynlighed for at blive oversvømmet i ethvert år, i fremtidens klima vil have f.eks. 5% sandsynlighed for at blive oversvømmet. Skal et område (f.eks. kulturarv) eller en funktion (f.eks. plejehjem eller metro) sikres mod en 100-, 500-, 1.000- eller 10.000-årshændelse, er det væsentligt at tage højde for, at den statistiske sandsynlighed for at hændelsen opstår og øges i takt med klimaændringerne.

Den simpleste måde at "beregne" ændringer i en gentagelsesperiode er at anvende f.eks. Kystdirektoratets stormflodsstatistikker. Ændringer i stormfloden kan grafisk aflæses ved, at den stigende havvandstand flytter akser med stormflodens niveau. Ud fra en antagelse om at havvandet stiger med 11 cm frem til 2055, kan man se at med en stigning i havvandstanden på 11 cm vil det nu kun kræve en stormflod på 0,93 m at nå 1,04 m over dagligt vande i dag. På figuren kan man aflæse, at det så vil ske med en gentagelsesperiode på ca. 5 år. Altså en stigning i sandsynligheden for oversvømmelse på 20 gange – baseret på en stigning på blot 11 cm.



Figur 12

Figuren illustrerer forskellen i stormflodshøjden for forskellige gentagelsesperioder mellem 2017 og 2117, og at ændringen medfører at en hændelse der statistisk kun sker en gang hver 2000. år i dag, vil forekomme cirka hver 10. år ved udgangen af dette århundrede. Figuren er optegnet efter fra COWI's 2017 rapport (figur 6-4, side 48) her: <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/byernes-udfordringer-med-havvandsstigning-og-stormflod>

# K

## KLIMATILPASNING - BESKYT, TILPAS, TILBAGETRÆK, UNDGÅ

### *Fire kategorier med forskellige løsningstypologier*

Der ligger nogle strategiske valg til grund for løsninger til klimatilpasning ved kysterne. Helt overordnet kan de inddeles i kategorierne beskyttelse, tilpasning, tilbagetrækning. Her til kommer 'undgå' (avoid) som i ny byudvikling i princippet kan overflødiggøre de andre tre kategorier. Indenfor kategorierne er der store forskelle på udgangspunkter og tidsperspektiver og de rejser hver især en række spørgsmål. Hvis man f.eks. vælger at beskytte noget frem til en vis hændelse, vil et naturligt spørgsmål vil være, hvad der skal gøres hvis, eller når, der bliver højere vandstand end dette.

- Beskyttelse; her vil man oftest søge at holde vandet helt ude.
- Tilpasning (accommodation); her vil man ofte finde måder at afbøde skader og måske acceptere, at områder nogle gange bliver våde. Tilpasning kan måske mere retteligt kaldes imødekommelse.
- Tilbagetrækning; her vil man vil flytte sig fra risikoen.
- Undgåelse (avoid); her undlader man at bygge i risikoområder så der ikke er brug for de foregåede kategorier.

Kategorierne har hver en lang række forskellige løsninger. Disse kan ses som typologier med forskellige udformninger, funktioner, materialer og økonomier tilknyttet. De kan også placeres forskellige steder – fra indlands, nær eller ude i havet. Nogle typologier inden for f.eks. beskyttelse kan være 'hårde strukturer', dynamiske som sluser eller statiske som et dige. Andre beskyttelsestypologier kan være bløde strukturer og naturbaserede. kategorierne tilbagetrækning og undgå er for en stor del planlægningsmæssige. I Danmark har der frem til nu, for en stor del været benyttet hårde beskyttelsestypologier som diger og sluser.

Note: Sprogligt har vi måske en blind vinkel i Danmark; på engelsk hedder overkategorien climate adaptation, som dækker over alle kategorierne (protection, accommodation, retreat, and avoid). Det engelske ord accommodation kan oversættes til imødekommelse, hvilket kan være sigende for hvilke løsninger der tales om. På dansk bruger vi dog ordet klimatilpasning for både climate adaptation og accommodation hvilket kan være misvisende.

KATEGORIER	EKSEMPLER
<p>BESKYTTELSE</p>  	<p>Diger (opført tørt areal, landside)  Dæmning (vanddækket areal)  Højvandsmure  Sluser (kammersluse, sluse)  Høfder- Vinkelret på kystlinjen  Bølgebrydere- Parallelt med kysten  Kystfodring  Barriere øer  Skråningsbeskyttelse  Klitlandskab  Vådområder, strandenge</p>
<p>TILPASNING</p>  	<p>Høje indgangskoter  Retrofitting af byrum eller bygninger  Skotter (bygninger, andre strukturer)  Mobile bygninger  Flydende bygninger  Terrænniveau der kan tåle oversvømmelse  Mobile barrierer (watertubes, sandsække)</p>
<p>TILBAGETRÆKNING</p> 	<p>Planlægning- af flytning af byggeri eller funktioner ved et bestemt niveau for havstigning eller ændring i arealanvendelse indenfor bestemte årrækker</p>
<p>UNDGÅELSE</p> 	<p>Planlægning  Byudviklingsstrategi</p>

Figur 13

Kategorien Tilbagetrækning er for en stor del baseret på planlægning, men kan dog også have andre typologier tilknyttet, f.eks. midlertidige funktioner eller flytbare bygninger. Tilbagetrækning kan ses som en ændring i arealanvendelse over tid. Kategorien Undgå er en strategisk, planlægningsmæssig kategori, der dog også kan kombineres med funktioner, som f.eks. kan flyttes eller tåle vand. Baseret på s.30-31 her: <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/havspejlsstigning>



## KLIMASCENARIER - IPCC

### *IPCC scenarier - mulige fremtider og usikkerhedsspænd*

FNs klimapanel IPCC, arbejder med forskellige scenarier for klimaændringernes omfang, og nationalt er det Danmarks Meteorologiske Institut, DMI, der arbejder med at fremskrive lokale ændringer. Samlet set er en af de største effekter af klimaændringerne i Danmark, at der bliver øget risiko for oversvømmelser. Det vil sige at klimaændringernes effekter i Danmark relaterer sig mest til vand: hyppigere og kraftigere skybrud og stigende havniveau giver øget risiko for oversvømmelser fra regn eller havvand. På langt sigt giver stigende havvand den tydeligste, kraftigste og mest langvarige økonomiske effekt af klimaændringer i Danmark. Det betyder bl.a., at forhøjede vandstande i fremtiden vil opleves som en stormflod i lavtliggende områder. For at undgå det, må der arbejdes med omfattende kystsikring eller transformation af kysten, hvor by- eller boligområder må udvikles anderledes end i dag eller over mange år gives tilbage til naturen. Herudover vil klimaændringer i sagens natur give mange andre afledte negative effekter som tørkeperioder, pres på fødevareproduktion og biodiversitet, mv. Der er stor usikkerhed forbundet med, hvordan klimaet udvikler sig. Det skyldes især usikkerhed forbundet med, hvor stor den globale udledning af drivhusgasser bliver i de kommende årtier, og metodiske usikkerheder. Fremskrivninger af klimaet udføres derfor for flere scenarier, der tilsammen angiver et forventet realistisk spænd af mulige fremtider, uden at det ene scenarie nødvendigvis er mere sandsynligt end et andet. IPCC har historisk benyttet sig af en række scenarier, der tager afsæt i forskellige niveauer af udledninger af drivhusgasser samt vurderet forskellige samfundsmæssige udviklinger.

Note: IPCC står for Intergovernmental Panel on Climate Change. RCP-scenarierne repræsenterer udvalgte koncentrationer (ikke udledninger) af drivhusgasser frem mod år 2100. Feedback mekanismer: Når jordoverfladen bliver varmere eller koldere, sker der også andre ændringer i klimasystemet. Ændringerne kan forstærke eller dæmpe opvarmningen eller afkølingen. Det kaldes en feedback- eller på dansk- tilbagekoblingsmekanisme. Læs fra DMI her: <https://www.dmi.dk/klima/temafor-side-energiens-rejse-i-klimasystemet/tilbagekoblingsmekanisme/>. Læs om udledningsscenarier her [/www.dmi.dk/fileadmin/user\\_upload/Bruger\\_upload/Raadgivning/Vejledning\\_i\\_anvendelse\\_af\\_udledningsscenarier.pdf](https://www.dmi.dk/fileadmin/user_upload/Bruger_upload/Raadgivning/Vejledning_i_anvendelse_af_udledningsscenarier.pdf)

## KLIMASCENARIER - RCP OG SSP

I den nyeste IPCC rapport (2021-22) gøres brug af det, der benævnes SSP-scenarier til at beskrive forskellige mulige globale samfundsudviklinger. Her kombineres udledningsniveauer med samfundsudviklinger, som tilsammen danner hvert enkelt scenarie. Det vil sige, at scenarier, udover at angive udledningsniveau, samtidig udpeger, hvordan menneskets beslutninger og handlinger over tid kan lede til forskellige niveauer af udledninger og dermed forskellige niveauer af global opvarmning. Tilsvarende er der udviklet RCP-scenarier, der beskriver, hvordan jordens klimasystem reagerer på disse udledninger. Tilsammen beskriver de forskellige mulige fremtider.

### *RCP-scenarier - koncentration af drivhusgasser og global opvarmning*

Til brug for modellerne af klimaet er der udarbejdet scenarier for ændringen i energibalancen. Disse benævnes Representative Concentration Pathways, RCP. I 2011 definerede man scenarierne RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 6.0 og RCP 8.5, hvor tallet refererer til ændringen i energi i forhold til præ-industrielt niveau, målt i W/m<sup>2</sup>. Jo større ændring i energi desto større klimaændringer må alt andet lige forventes. I den nyeste IPCC rapport er der suppleret med RCP 1.9 og RCP 7.0. I klimatilpasning i Danmark er der indtil nu primært arbejdet med RCP 4.5 og RCP 8.5, hvor anbefalingen har været generelt at bruge RCP4.5 mens RCP 8.5 anvendes til projekter med lang fremskrivningshorisont og hvor der er stort krav til robusthed af løsningen. RCP-Scenarierne vises ofte som en graf med fire linjer, hvert med et interval for fremtiden, der er ret bredt og som overlapper mellem de forskellige scenarier. Man ikke kan tage midten, medianen, af et enkelt scenarie eller vælge et mellemscenarie (RCP 4.5 eller RCP 6.0) og forvente, at dette er det mest sandsynlige. I IPCC-rapporterne fra 2021-2022 er kurverne beskrevet i form af en kombination af SSP og RCP scenarier. (I rapportererne benævnt SSP1-1.9) og viser, at det med den kombination kan opvarmningen holdes under 1,5 grader i forhold til år 1800, altså en yderligere opvarmning på under 0,4 grader i forhold til i dag. De andre kombinationer af scenarier medfører højere temperaturstigninger, de fleste væsentligt mere end 2 grader.

### *SSP scenarier - samfundsudvikling og udledningsniveauer*

I IPCC's rapporter fra 2021-22 bruges forskellige scenarier, der karakteriserer, hvordan forskellige globale samfundsudviklinger kan lede til forskellige udledningsniveauer og dermed forskellige koncentrationer af drivhusgasser i atmosfæren. De benævnes Shared Socio-economic Pathways, SSP. De viser fem veje, som verden kan tage. Sammenlignet med tidligere scenarier giver disse et bredere syn på en "business as usual"-verden uden fremtidig klimapolitik, med global opvarmning i 2100, der spænder fra et lavpunkt på 3,1°C til et maksimum på 5,1°C over det førindustrielle niveau. De viser, at det ville være meget lettere at afbøde og tilpasse sig klimaændringer i nogle versioner af fremtiden end i andre. De antyder for eksempel, at en fremtid med "genopstået nationalisme" og en fragmentering af den internationale orden kunne gøre Paris-målet "godt under 2°C" umuligt. Scenarie 4 og 5 er specielle, idet SSP4 forudsætter stærk afhængighed af fossile brændsler hvor der er meget store uligheder i samfundet både lokalt og på verdensplan. Omvendt skyldes et højt niveau af udledning af drivhusgasser i SSP5, at der er mange aktiviteter til at forbedre forhold for mennesker lokalt i form af sundhed, uddannelse, luftforurening mv. Scenarierne kan navngives som følger:

SSP1: Sustainability (Taking the Green Road)

SSP2: Middle of the Road

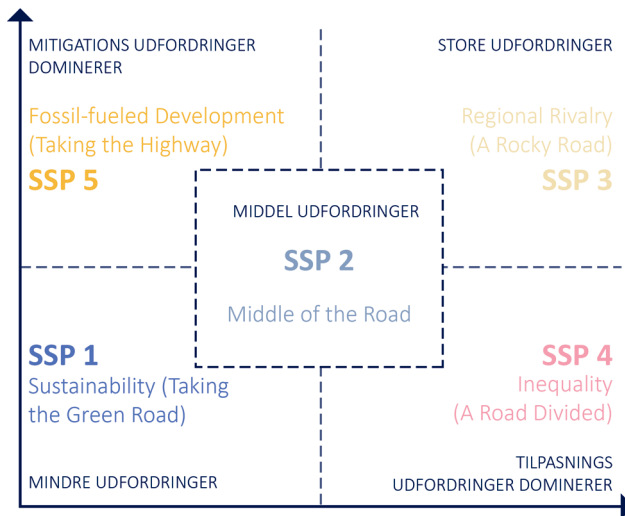
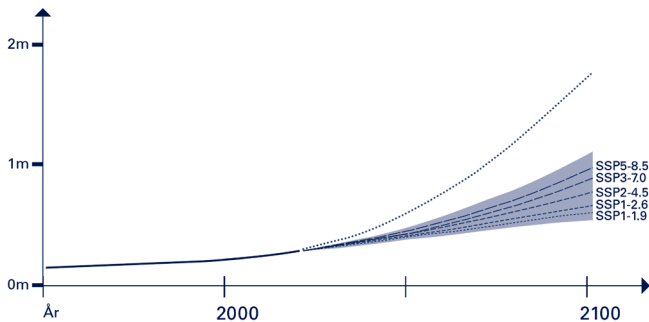
SSP3: Regional Rivalry (A Rocky Road)

SSP4: Inequality (A Road divided)

SSP5: Fossil-fueled Development (Taking the Highway)

Det er overordnet sådan, at det er nemmest at håndtere klimaændringerne i SSP1 og sværest i SSP5 for både klimatilpasning og reduktion af udledninger. Det er derfor man kan se udfordringerne stige mellem SSP1, SSP2 og SSP3 i figuren, fordi udfordringerne generelt vokser for både klimatilpasning og imødegåelse. For SSP4 vil den store ulighed medføre, at klimatilpasning er meget vanskelig at udføre, fordi det er en meget stor udfordring og dermed kræver et samarbejde, som ikke kan opnås på baggrund af den store ulighed. Tilsvarende vil SSP5 primært have udfordringer med at reducere drivhusgasser, fordi der via samarbejder lokalt, skal findes løsninger på klimatilpasning.





Figur 14

Øverste figur er en forsimplet optegning af denne: IPCC 2021, R6 Technical Summary, Figure Box TS. Her: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGII\\_SummaryForPolicymakers.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_SummaryForPolicymakers.pdf)

Nederste figur illustrerer de fem SSP-ruter i forhold til tilpasning, mitigation og udfordringer. Note: SSP står for Shared Socio-economic Pathways og RCP står for Representative Concentration Pathways.



## KLIMATILPASNINGSPLANER

### *Klimaet og kommuneplaner*

Siden 2013 har det været et krav, at alle kommuner skal udarbejde en klimatilpasningsplan som en del af kommuneplanen. Klimatilpasningsplanen omfatter typisk en risikokortlægning af oversvømmelses- og erosionsudsatte områder og en handlingsplan med en prioritering af klimatilpasningsindsatsen i den enkelte kommune. I mange tilfælde er dette suppleret af en visionsbeskrivelse for klimatilpasning i sammenhæng med andre kommunale udviklingsmål og en konkretisering af de økonomiske rammer og finansieringsmuligheder. Planen omfatter såvel klimatilpasning i forhold til regnvand, grundvand og havvand, ligesom den omfatter andre klimatilpasningsaspekter, der vurderes at være relevante for kommunen. Det er en national prioritering, at kommunerne arbejder på at forebygge skader ved oversvømmelse og erosion. Til at understøtte dette arbejde stiller staten data og kortmateriale til rådighed for kommunernes planlægning.

## KLIMASIKRING OG KLIMATILPASNING

### *Kan man sikre sig mod klima?*

Som udgangspunkt handler klimatilpasning om at ændre praksisser og derigennem tilpasse sig til en ny virkelighed. Eksempelvis ved at lave højvandsmure, bygninger som kan tåle oversvømmelser, lære at leve med oversvømmelser eller placere bygninger højere i landskabet.

Ofte bruges ordene klimatilpasning og klimasikring som udskiftelige begreber, der kan dække det samme. Ordet sikring kan dog give en opfattelse af, at der beskyttes mod en fjende, her havet, og at kystlinjen skal holdes, hvor den er i dag. Kystlinjen har dog altid været under forandring og et fokus på en bestemt kystlinje kan give risiko for, at ikke alle løsningsmuligheder inddrages i overvejelserne. Ordet sikring, kan også give den opfattelse, at løsninger skal være noget, der sikrer det eksisterende, som det er i dag, til trods for at både byer og landskaber udvikler og ændrer sig over tid. Ordet sikring bruges også til at indikere, at det handler om beskyttelse af en række værdier mod klimaændringerne. Det kan være et særligt område, naturværdier, kulturarv, tekniske anlæg, rekreative værdier eller en bestemt levevis med f.eks. havudsigt.

Et andet opmærksomhedspunkt er, at vi som samfund kan opfatte os som klimasikrede, hvis vi har lavet en klimasikringsløsning med en bestemt sikringskote. Men der kan jo principielt stadig indtræffe en hændelse, som er sjældnere end den gentagelsesperiode løsningen er dimensioneret efter, og som dermed overstiger sikringsniveauet. For eksempel hvis 100-års hændelsen i stedet bliver en 105 års hændelse. Noget af det samme gør sig gældende for begreberne kystsikring og kystbeskyttelse. Her åbner ordet tilpasning mere op ved at indikere, at måske er løsningerne ikke altid at fortsætte med at gøre, som vi gør i dag. Måske skal der tænkes nyt og ændres praksisser. Eksempelvis har en by som Venedig historisk set været tilpasningsdygtig til højvander.

# K

## KOTER OG KURVEBILLEDE

### *Højde over havet*

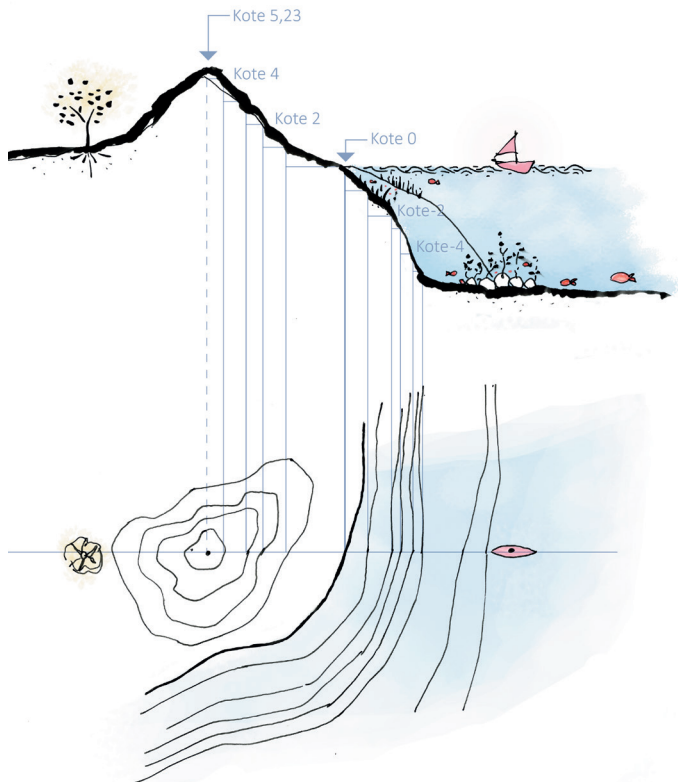
For at kunne kortlægge geografiske højdeforskelle sættes landområders niveau (eller højde) i forhold til den gennemsnitlige havvandstand. Højden et givent sted benævnes kote. Koter er fastlagt med afsæt i udvalgte, faste punkter i terrænet, hvis højde angives i forhold til højde over havet (DVR90). Eksempelvis angives Himmelbjergets tinde som liggende i kote 147 m, hvilket betyder, at punktet ligger 147 meter over den relative normale vandstand. Hvis et område har en negativ kote, f.eks. minus 1 m., betyder det, at området ligger under havets niveau. Det vil sige, at det vil være oversvømmet af havet, hvis det ikke var beskyttet af f.eks. omgivende bakker eller diger.

Holland er nok det mest kendte europæiske eksempel på et land med landområder, der ligger under havniveau. Her ligger mere end 25% af landområderne under havets overflade, dvs. under kote 0 m. Eksempelvis ligger hollandske Zuidplaspolder nede i kote minus 6,75 m, omkranset af diger og dæmninger som beskyttelse. Al vandet skal således pumpes ud fra området. Tøndermarsken er et eksempel på et lavtliggende dansk område beskyttet af diger. Området er med årene kommet til at ligge i endnu lavere kote pga. omfattende afvanding (dræning), der har betydet, at jorden komprimeres. Nogle bruger ordet "sikringsniveau" til at beskrive det højdeniveau, hvor det vurderes, at en kystsikring er tilstrækkelig til at undgå væsentlige skader. Den fastlægges gennem en afvejning af risiko for oversvømmelse og omkostning ved sikringen. Eksempelvis kan et sikringsniveau omtales som kote 2.4 m, f.eks. i form af en højvandsmur. Hvis højvandsmuren placeres ved byens kant i terrænhøjden kote 1.0 m, betyder det at selve muren skal være 1.4 meter høj.

### *Kurvebilleder på kort kan vise højdeforskelle*

Nogle topografiske kort angiver kurvebilleder (også kaldet højdekurver). Et kurvebillede forbinder punkter i samme kote til en sammenhængende linje (konturlinje), f.eks. som en linje mellem punkter, der ligger i kote 2,5 m. Ved at se på afstanden mellem højdekurverne i et givent område, f.eks. fra strandkanten og indefter, kan man aflæse, hvor stejlt terrænet er det pågældende sted. Når linjerne ligger tæt, er der stejlt. Hvis der er langt mellem linjerne, er området derimod mere

fladt eller blødt stigende/faldende. Som eksempler kan nævnes de stejle klinter på Møn, der på kort kan ses som en række af tætte linjer, hvorimod der er længere mellem linjerne på den midtjyske hede. I forbindelse med kystbyer og havspejlsstigning er højdekurver velegnede til at give en forståelse af en by eller bygningers placering i forhold til oversvømmelsesrisiko. Eksempelvis kan man ved hjælp af kurvebilleder få øje på 'åbninger' mellem to bakker, bygningværker eller åmundinger, hvor vand kan komme længere ind i baglandet.



Figur 15

Eksempel på kurvebillede. Nederst i plan, hvor de tætte, blå linjer til højre viser, at terrænet er stejlere under havoverfladen. Øverst vises landskabet i snit. Terræn over havets overflade kaldes topografi og under havets overflade bathymetri. Tilsammen hedder de topobathy.

# K

## KYSTBYER

### *De bebyggede kyster*

Danmark er et kystland med en meget lang kystlinje set i forhold til landets areal. De fleste og de største danske byer ligger ved kysten. Indtil sidste halvdel af 1800-tallet var vandvejene langt de mest effektive og sikre til transport over længere strækninger, og blandt andet derfor blev de fleste byer etableret ved kysterne. Mange danske byer ligger yderligere, hvor vandveje fra baglandet møder havet.

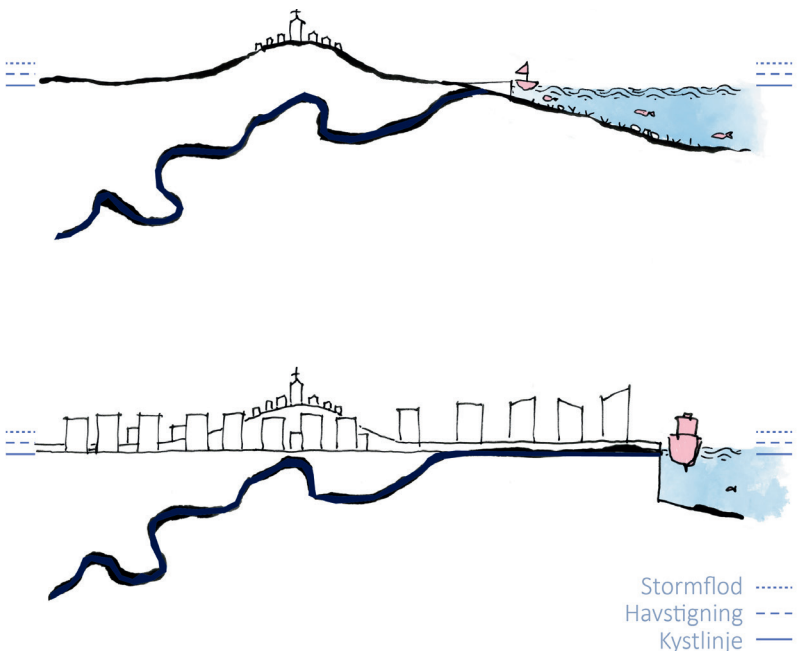
Den grundlæggende bystruktur fra middelalderen med købstæder, fiskerbyer og ladesteder ved kysten blev i løbet af 1900-tallet suppleret med nye forstadsbebyggelser og langstrakte sommerhusområder langs kysten. Sommerhusområderne øgede kraftigt den andel af kyststrækningerne, der var bebygget, og det skaber i forhold til havvandsstigningerne i dag en stor forøgelse af de bebyggede områder, som kommunerne og deres beboere ønsker at beskytte mod stormflod og stigende havvand. Mange af landets største værdier inden for kulturarv, infrastruktur og boliger ligger ved kysterne. Siden 1990'erne har mange byer transformeret tidligere havne- og industriområder ved kysterne til boligområder eller blandet by. Byerne er derved på en måde rykket endnu tættere på kysten.

### *Omdannelse af industriens havnearealer og nye arealer til bebyggelse i kystområder*

I mange kystbyer ses omdannelse af erhvervshavne til by-formål med f.eks. boliger, restauranter og kulturinstitutioner. Det muliggøres gennem planlægningen af byudviklingsområder, hvor ny bebyggelse kan etableres og tages i anvendelse, i takt med at eksisterende virksomheder flytter ud og under hensyntagen til de lokale støj- og trafikforhold. I havneområder er det samtidig muligt at anvende vandområdet til byomdannelse, f.eks. i form af husbåde.

Det er ligeledes muligt for kommunerne at udlægge nye arealer til bebyggelse i oversvømmelses- og erosionstruede områder. Det kræver, at der i lokalplanen stilles krav om etablering af afværgeforanstaltninger. Eksempelvis som etablering af dige eller højvandsmur hvis dette vurderes at være nødvendigt. Bygningsreglementet indeholder vejledninger vedrørende klimasikring af byggeri og etablering af nyt byggeri i områder med risiko for oversvømmelse. Når et område er omfattet af

Oversvømmelsesloven, kræves det, at der er udarbejdet en risikostyringsplan, som den nye bebyggelse skal forholde sig til. Det er under visse betingelser og i begrænset omfang muligt at udlægge nye sommerhusgrunde og feriecentre inden for kystnærhedszonen. Dog må sommerhusgrundene ikke ligge i naturbeskyttede områder, f.eks. på arealer der er omfattet af strandbeskyttelseslinjen og klitfredningslinjen. Samtidig skal de udstykkede områder være tilknyttet eksisterende bebyggelse med en lignende karakter og anvendelse.



Figur 16

Øverst illustreres, hvordan historiske bymidter ofte blev placeret højere i terrænet. Flere af de historiske kystbyer i Danmark er anlagt cirka i kote 2,4 meter over havet som beskyttelse mod bl.a. (historiske) stormfloder. Nederste illustration eksemplificerer en byudvikling, særligt siden byggeboomet i 1960'erne, hvor de lavere og ofte våde områder er bebygget med større bygninger, og mange byer er udvidet mod havsiden.

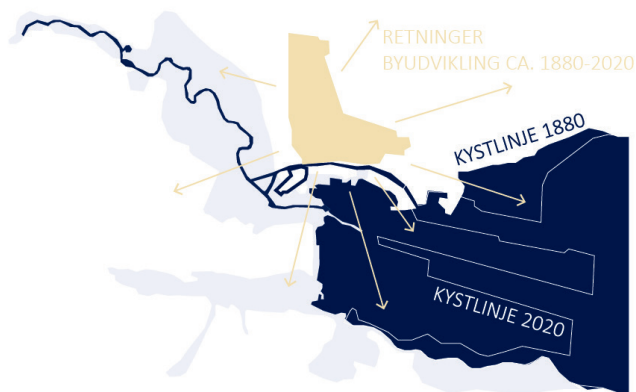
# K

## KYSTLINJE OG KYSTZONE

*Kystlinjen er en administrativ linje*

Danmark har ca. 8.750 km kystlinje- alt efter hvor detaljeret der måles. Erosion og aflejringer ændrer også løbende på kystlinjens længde. Kystlinje er en opdeling, der både bruges begrebsligt og administrativt i planlægningen og i definitionen af territorier, fx når strandbeskyttelseslinje og kystbeskyttelseslinje defineres. I virkeligheden findes der ikke én fysisk linje, der definerer kysten: en kystlinje er udelukkende noget, der tegnes på kort af praktiske og forståelsesmæssige årsager; en administrativ linje, der reelt er placeret i en zone i konstant bevægelse, og hvor havvand og land mødes. I virkeligheden er kystlinjen en kystzone, altså det område der er direkte påvirket af vandets bevægelse.

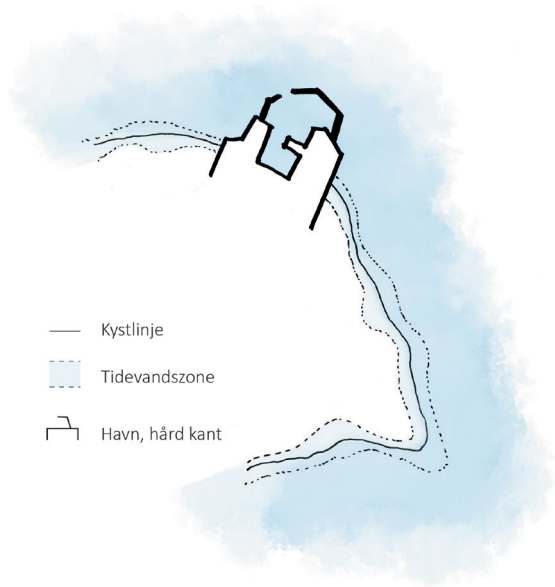
Som eksempel ramte nyheden i 2014 de danske medier, at Danmarks kystlinje var blevet ca. 1.400 km længere – fra 7.314 km til 8.750 km. I praksis handlede dette om skala; man var gået fra at måle kystlinjen i 1:100.000 til det mere detaljerede 1:10.000. Hvis den var blevet målt i 1:1000 var kystlinjen blevet endnu længere. Dette ville dog næppe give mening set fra et nationalt niveau, idet kystlinjen er dynamisk og ændrer sig, hvilket er tydeligst meget lokalt, på den lille skala.



Figur 17

Principplan, over den byggede udvidelse af kystlinjen i en dansk kystby fra sidst i 1800-tallet og frem til 2020.





Figur 18

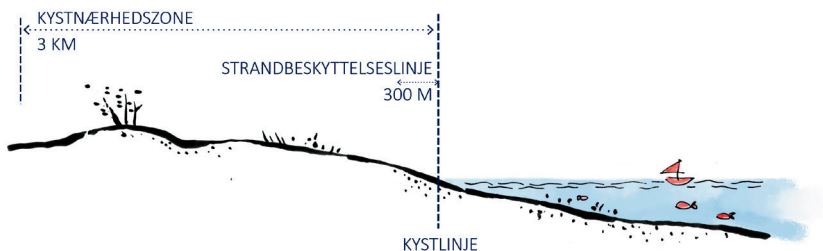
Principplanen illustrerer kystlinjen sammen med tidevandszonen. Ved havnen med hårde kanter fremgår tidevandszonen ikke, da vandets bevægelse fortrinsvist kan ske vertikalt. Langs de 'blødere' kyster omkring havnen fremgår tidevandszonen, idet der er plads til ændringer i både højden og udbredelsen indover land.

## KYSTNÆRHEDSZONE OG STRANDBESKYTTELSESLINJE

### *Frednings- og beskyttelseslinjer*

Kystnærhedszonen er en planlægningsdefinition der omfatter alle kystområder som et ca. 3 km bælte fra kystlinjen og ind i landet. Kystnærhedszonen har til formål at beskytte kystnære landskaber og naturområder mod uhensigtsmæssig udbygning og forvaltes gennem planloven af kommunerne, som i deres fysiske planlægning skal tage hensyn til de kystnære landskaber. Kystnærhedszonens beskyttelsesbestemmelser omfatter sommerhusområder og det åbne land, men ikke byområder.

Klitfredningslinjen (langs den jyske vestkyst) og strandbeskyttelseslinjen (langs de øvrige kystområder) er en skærpet version af kystnærhedszonen, og den strækker sig fra strandbredden og cirka 300 meter ind i landet, dog typisk kun 100 meter i sommerhusområder. Der må i udgangspunktet ikke foretages ændringer af den eksisterende tilstand i dette område. Der er dog visse undtagelser i byområder og områder udlagt til havneformål.



Figur 19

Kystnærhedszonen er planlægningsmæssigt defineret af en bestemt afstand til kystlinjen. Den er en administrativ beskyttelse, men ikke direkte relateret til specifik kystnatur, der ofte vil være afhængig af landskabets karakter.

## KYSTSIKRING OG KYSTBESKYTTELSE

### *Sikring og beskyttelse vil have afledte effekter*

Det er næppe muligt at beskytte en kyst helt mod forandringer, da kyster i sagens natur er dynamiske. Hvis kysten er helt sikret, vil det sandsynligvis betyde, at havet er afskåret fra land, og dermed er der skabt en ny type kyst, sandsynligvis ved at ændre den oprindelige kysts kvaliteter markant i forhold til f.eks. biodiversitet, udveksling mellem land og vand, udsigter, mv. Ofte vil tiltag, der bruges til kystsikring, også betyde, at der flyttes dynamiske påvirkninger til andre dele af kysten, som ikke nødvendigvis er ønskelige. Sat lidt på spidsen, kan man sige, at hvis kysten sikres så meget som muligt, så vil den 'oprindelige' kyst, man ville beskytte, ikke længere eksistere.

Ud fra dette kan man diskutere, om begrebet kystsikring skal nuanceres, så det både dækker over sikring, beskyttelse og mere adaptive tilgange. Når der tages beslutninger om kystsikring/kystbeskyttelse, er der behov for at diskutere, hvad der skal beskyttes, hvad som har værdi, og hvilke prioriteringer der skal foretages (se scenarier og strategi). Grundlæggende vil begrebet klimatilpasning åbne mere op for en vurdering af forskellige strategier og scenarier.

Note: Køge Bugt Strandpark er et eksempel på en kunstig kystbeskyttelse, hvor der er bygget sammen med naturen, fordi der naturligt sker sedimentation på den kyststrækning.



## KYSTTYPER OG STORMFLODER

### *Kysternes grundlæggende træk*

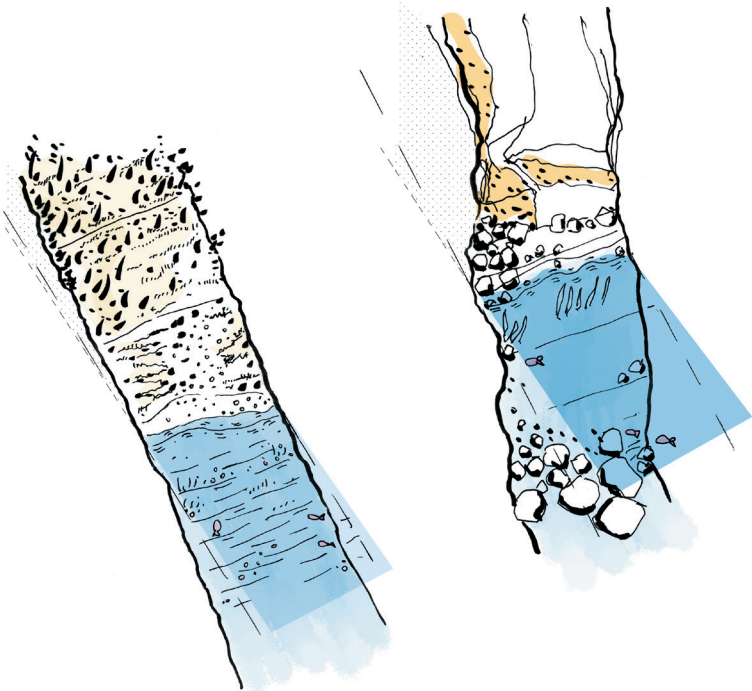
Der er mange og detaljerede måder at beskrive kysternes grundlæggende træk på. En måde at beskrive kysterne på, der har betydning for stormfloders påvirkning af kystbyer, er en overordnet opdeling i fire karakteristiske kysttyper og typologier. Lidt forsimplet har kystlandskaberne altså nogle overordnede 'grundtræk', der kan findes flere steder. Forskellige kysttypologier og en bys placering kan have stor betydning for, hvordan en stormflod rammer, og hvilke konsekvenser det har. Ligeledes kan det have stor betydning for hvilke løsninger, der kan sættes i spil. F.eks. om kysten er en stejl skrænt med byen ovenfor som ved Hanstholm, eller om byen ligger i et lavtliggende område med fladt bagland som i Nakskov.

De fire karakteristiske kysttyper set som typologier, der er vigtige i forhold til stormflod:

- 1) Skrænt
- 2) Fjordmunding med bagvedliggende åløb
- 3) Bredning med hævet bagland
- 4) Bredning med fladt bagland.

Hertil kommer selve typen af kyst. Kystdirektoratet inddeler de danske kyster i ni kysttyper der har afsæt i bl.a. terrænhøjder, materialer og beplantning:

- Klintekyst uden klitter på toppen
- Klintekyst med klitter på toppen
- Barrierekystr uden klitter
- Barrierekystr med klitter
- Barrierekystr med strandvolde
- Delta
- Tilgroningskyst
- Marsk og vade
- Klippekystr (udelukkende Bornholm)



Figur 20

Illustrationen viser, grundtyperne fladkyst og steilkyst. Forskellige typer kyster (skrænt, bredning, delta) og terrænhøjder giver forskellige situationer for bebyggelse. De fire kysttyper beskrevet på foregående side er udviklet af COWI, og man kan læse mere i rapporten "Byernes udfordringer med havandsstigning og stormflod" (2017). Link: [chrome-extension://efaidnbnmnncipcajpcglclefindmkaj/https://www.klimatilpasning.dk/media/1362619/rapport\\_realdania\\_stormflod\\_v06.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnncipcajpcglclefindmkaj/https://www.klimatilpasning.dk/media/1362619/rapport_realdania_stormflod_v06.pdf). Kystdirektoratet har en oversigt over de ni kysttyper: <https://www.youtube.com/@smukkerekyster> og små film med beskrivelser: <https://viewer.ipaper.io/kystdirektoratet/undervisning-2021/de-ni-kysttyper-i-danmarkpdf/?page=1>



## LANDSÆNKNING OG LANDHÆVNING OVER TID

### *Landet bevæger sig over tid*

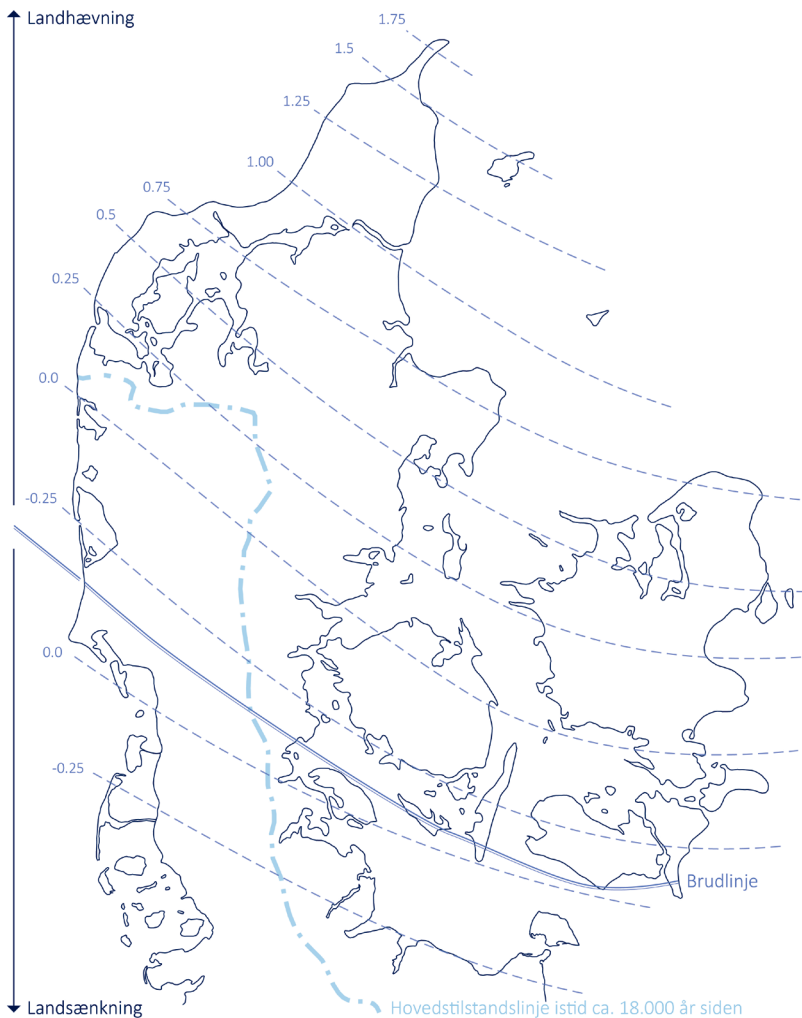
Landsænkning og landhævning betegner hvorvidt et område synker eller stiger i forhold til den fastlagte skala for havvandstand (se DVR90). Dette kan ske på forskellige måder, forskellige skala (fra et hjørne i baghaven til store landområder) og forskellige tidshorisonter (årsbasis, tusindvis af år). De vigtigste fænomener er oftest:

1. Når jorden komprimeres og jorden sænker sig. F.eks. ved dræning, brug af grundvandsmagasiner eller tunge byggematerialer
2. Glacial isostatisk justering
3. Naturlige sammenbrud som synkehuller eller optøende permafrost
4. Underjordisk minedrift
5. Jordskælv / tektoniske plade-bevægelser
6. Erosion

Glacial isostatisk justering er årsag til, at Skandinavien stadig hæver sig efter ismassernes tryk under sidste istid. Danmark ligger på grænsen, kaldet vippeaksen, til denne landhævning. Det betyder, at det nordøstlige Danmark hæver sig en smule, mens det sydvestlige Danmark ikke påvirkes af processen. På grund af det stigende havvandspejl sænker hele Danmark sig dog nu set i forhold til havvandstanden.

I Danmark er det især nr. 1 og 2 på listen, der er vigtige. Dræning af områder til brug for landbrugsjord medfører generelt landsænkninger, mens de dele af Danmark, der ligger nordøst for israndslinien er udsat for proces 2.

Note: Glacial isostatisk justering er den landhævning og landsænkning som langsomt har fundet sted siden seneste istid som reaktion på at vægten fra de tunge ismasser forsvandt.



Figur 21

Kortet illustrerer, hvordan Danmark stadig hæver sig mod nord og synker mod syd (glacial isostatisk justering) som reaktion efter seneste istid for mere end 10.000 år siden. Den lyserøde linje indikerer israndslinjen, hvor isen stoppede ved seneste istid.

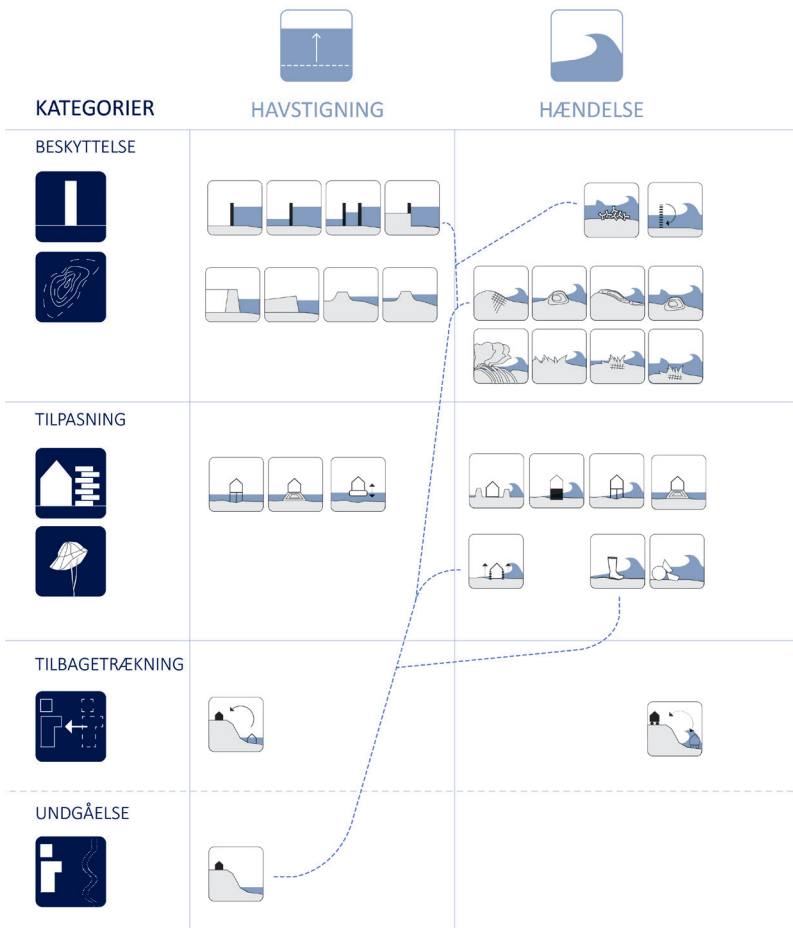


## LØSNINGSTYOLOGIER – EKSEMPELOVERSIGT

### *En bred palette af muligheder*

Mange af typologierne til kystbeskyttelse er historisk velkendte. Med øget urbanisering, klimaændringer og havstigning er kompleksiteten dog øget, og det kan være vigtigt at genbesøge forskellige løsninger. Et særligt fokus kan være på hvordan de kan fungere i forhold til usikkerheder over tid, om de kan bruges sammen med andre typologier, om de kan suppleres med andre løsninger over tid, eller om de bliver spildte indsatser, hvis f.eks. havet stiger mere og hurtigere end forventet. Løsningstypologierne kan diskuteres ud fra mange vinkler, eksempelvis; skal løsningerne gøre mere end blot at beskytte? Er biodiversitet en prioritet? Hvilke rum skaber løsningen i en bysammenhæng? Er der stadig visuel forbindelse til havet? Kan en vis del vand accepteres? Kan løsningen kombineres med andre løsninger – f.eks. over tid? Hvad etableres i vores samtid, hvad overlades til kommende generationer?





Eksempler på kombinationsmuligheder

Figur 22

Matricen viser en oversigt med eksempler på løsningsstypologier. De er her inddelt ud fra, om de har en funktion i forhold til havstigning eller udelukkende har funktion ved stormfloder. Herudover vil der også være vurderinger af løsninger i forhold til erosion, da det er en generel præmis, der skal tages stilling til. Typologierne er fordelt i kategorierne beskyttelse, tilpasning (imødekommelse) samt tilbagetrækning / undgåelse. Matricen er ikke udtømmende, men kan give et billede af hvor bred en løsningspalette, man kan arbejde med i klimatilpasningen. De lyseblå linjer viser, at løsningerne kan kombineres. Typologier og matricer er baseret på <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/havspejlsstigning>



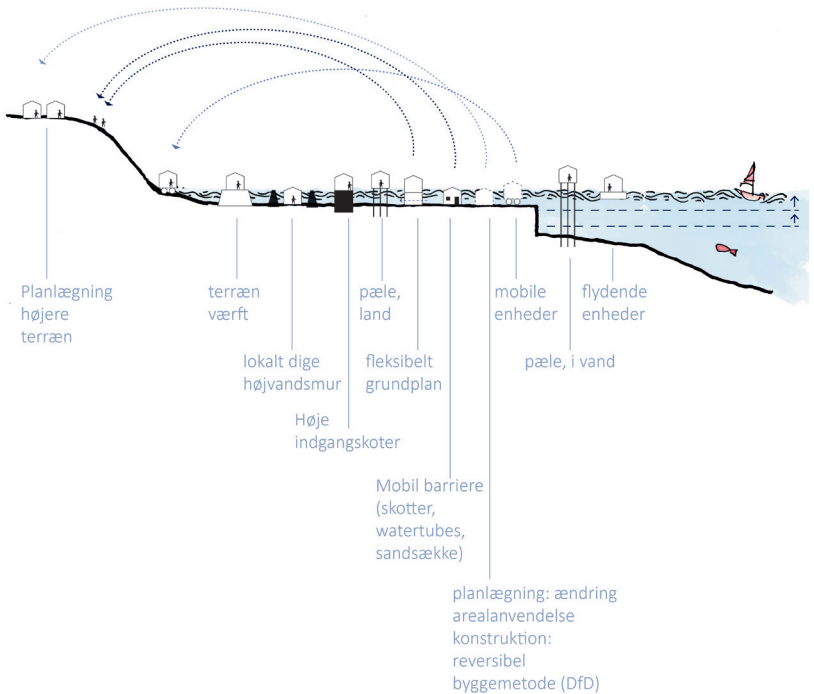
## LØSNINGSTYOLOGIER – BYGNINGSNIVEAU

### *Tiltag for eksisterende eller nye bygninger*

På bygningsniveau kan løsningstypologier både være retrofitting af eksisterende bygninger eller tiltag ved nybyggeri i form af beskyttelse og tilpasning (imødekommelse). Der er mange velkendte typologier som eksempelvis mobile bygninger, bygninger på pæle og flydende bygværker. Her kan der også være forskel på om det udelukkende er den enkelte bygning der har et eller flere tiltag, eller om flere bygninger eller et kvarter er samtænkt. Nedenfor gives en række eksempler på typologier, nogle er statiske og andre dynamiske, nogle er egnede til at retrofitte eksisterende bygninger og andre fordrer nybyggeri hvor tiltag indtænkes fra start. Typologierne vil ofte kunne kombineres, enten samtidigt eller over tid. Eksempelvis er Venedig bygget på pæle, bygninger har ofte skotter og nogle stueetager kan tåle vand i en kortere periode, ligesom gaderne tidligere transformeredes til fodgængerstier vha bænke ved oversvømmelse.

- **Værfter**  
Værfter (terp mounds) er en typologi, der har været udbredt i Vadehavsområdet. Her bygges forhøjet terræn som mindre øer hvorpå enkeltbygninger eller klynger kan placeres på højere grund. Det kan sammenlignes med historiske byggepraksisser hvor bygninger placeredes på naturligt højere terræn.
- **Indgangsniveau**  
Høje indgangskoter for enkeltbygninger eller bebyggelser er en meget lokal beskyttelse. I en by sammenhæng, kan overvejelser være tilgængelighed samt at oplevelsen af byrum langs sådanne bygninger kan fremstå afvisende. Hertil kommer, at hvis bygningen har underjordisk parkering eller kælder, er der behov for at indtænke alternative løsninger, f.eks. sandsække, skotter, eller lignende for at beskytte kælderniveauet. Ofte vil høje indgangskoter være tiltænkt stormflod, men ikke en større havstigning med en permanent forhøjet vandstand.
- **Mobile konstruktioner**  
Mobile bygninger vil typisk være mindre bygværker med funktioner, der ikke er følsomme eller kræver for mange faste installationer således at de kan flyttes ved f.eks. stormflodsvarsling.

Teksten fortsættes på næste opslag



**Figur 23**

Bygninger i oversvømmelsestruede områder kan udformes forskelligt hvad angår konstruktion, materialer, tidslighed og funktion. Bygninger på et kunstigt, højere terræn er f.eks. beskyttet mod oversvømmelse indtil en vis højde af havstigning. Da flere af typologierne er placeret højt eller i vandet, giver de også anledning til overvejelser om infrastruktur (vand, strøm, kloak) og tilgængelighed. Det afhænger også af, om det er enkelte bygninger, der bruger typologien eller et helt kvarter. For en stor del af bygningstypologierne gælder det, at de fortrinsvis er egnede til hændelser og ikke til en større havstigning. Planstrategisk kan der arbejdes med kombinationer af disse over tid.



## LØSNINGSTYOLOGIER – BYGNINGSNIVEAU

- **Design for Disassembly**  
Design for Disassembly (DfD) er en anden form for mobilitet, hvor en bygning konstrueres, så den kan skilles ad og enten samles andetsteds, eller materialerne kan bruges til noget andet når havet stiger og bygningerne skal flyttes. DfD kan være et alternativ i f.eks. lavtliggende områder, hvor bygninger på sigt kan forventes at skulle flyttes.
- **Bygninger på pæle og flydende bygninger** er velkendte typologier- også i nyere havneområder. Bygninger på pæle kan både placeres i vand eller på land. I en dansk sammenhæng kræver bygninger på pæle på land en del overvejelser i forhold til tilgængelighed og installationer. Ligeledes vil et eventuelt nedre uderum risikere at blive mørkt eller forblæst. Flydende bygninger er robuste i forhold til havstigning. De medfører dog også overvejelser omkring installationer, tilgængelighed samt den bagvedliggende bys møde med og adgang til havet.
- **Fleksible funktioner og robuste materialer**  
Imødekommelse som tilpasning af bygninger kan bestå i, at sørge for at funktioner, materialer og installationer i terrænniveau kan tåle vand og interiør kan hæves eller flyttes ved varsling om en hændelse.
- **Skotter**  
Skotter på bygninger er en velkendt mobil løsning, der kan lukkes ved behov. Løsningen virker kun i forhold til hændelser og ikke ved havstigning. Skotter kan design-integreres med bygningen eller være en ekstern foranstaltning, der påsættes ved behov. Skotter er en tilpasningsdygtig løsning, der også kan have potentiale for eksisterende bygninger.
- **Højvandslukke**  
Højvandslukker sikrer, at kloakvand ikke løber tilbage ind i bygningen ved f.eks. skybrud, hvor pladsen i kloakker er under pres. De er også aktuelle ved stormflod.
- **Sandsække og watertubes**  
Mobile løsninger kræver et velfungerende, eventuelt civilt, beredskab. Disse løsninger kræver en stor og velkoordineret indsats i situationen samt forberedelse og strategiske overvejelser i forhold til om de mobile enheder skal beskytte et større område eller udelukkende åbninger ved enkelte bygninger.

## LØSNINGSTYOLOGIER – HÅRDE STRUKTURER

### *Hårde strukturer - de velkendte typologier*

Eksempler på hårde strukturer er typisk i kategorien beskyttelse og velkendte historisk såvel som i vores samtid. Alligevel kan der være forskel på hvordan de historisk har været brugt og den nuværende situation, hvor havstigning også skal indtænkes.

- **Dige**  
Et dige er typisk en vold af jord med en kerne af sand eller ler, der skal forhindre et lavtliggende landområde i at blive oversvømmet, fx ved højvande eller stormflod. Diger placeres inde på land. Det kan også være andre faste materialer. Diger vil typisk give behov for at pumpe pga stigende grundvand bag diget. Overflade og hældninger kan være forskellige og give meget forskellige afledte effekter, f.eks. hvis der arbejdes med udformning og biodiversitet.
- **Havdige**  
Havdiger er typisk brugt til landvinding, hvor tidligere havbund inddrages eller som stormflodssikring i lavtliggende områder med stor forskel i tidevandet. Eksempelvis langs de danske, tyske og hollandske vadehavskyster.
- **Dæmning**  
Dæmning er et bygningsværk, der regulerer vandstanden i en flod eller sø ved at forhindre, at vandet løber ud, eller at der løber for meget vand til.
- **Højvandsmure**  
Sammenhængende forløb af lavere vægge der kan placeres nær kajkanter eller trækkes mere ind i byen. Højvandsmuren har ligesom diget brug for at knytte til højere terræn eller lign. Kombineres ofte med rekreative tiltag som siddepladser, mv.. Materialerne kan være alt fra metal, spanter og små di-geopbygninger med vegetation. For at bevare tilgængeligheden ses højvandsmure ofte med åbninger, hvor der aktivt skal lukkes ved f.eks. stormflod.
- **Super levee**  
En såkaldt super levee er en større opbygning af terræn, der fungerer som beskyttelse og samtidig bruges det nye terræn til f.eks. bebyggelse.

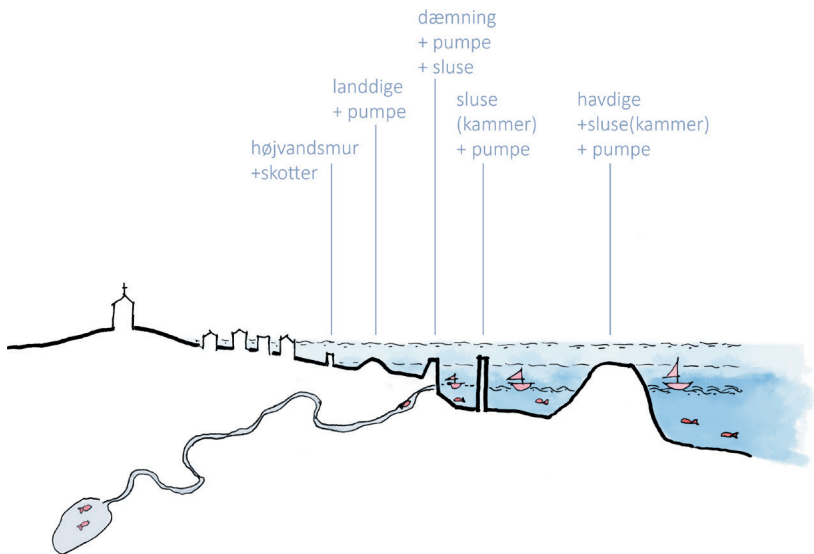
Teksten fortsættes på næste opslag.



## LØSNINGSTYPOLOGIER – HÅRDE STRUKTURER

- **Sluser**  
En sluse er et bygningsværk, der ved hjælp af en port el.lign. regulerer vandgennemstrømningen og dermed vandstanden i f.eks. en flod, sø eller kanal, og til en given overløbskote.
- **Kammersluse**  
En kammersluse er en dobbeltsluse (to kamre) særligt brugt inden for skibsfarten i f.eks. kanaler for at mediere mellem forskellige vandstande.
- **Afvandingssluse**  
En afvandingssluse kan være indbygget i havdiger for at muliggøre afledning af vand fra åer og floder mod havet (vand der ellers ville være fanget bag diget), og som lukkes, når havvandstanden er højere end f.eks. vandstanden i åen. Disse er derfor også en form for højvandslukke.
- **Bølgebrydere og høfder**  
Bølgebrydere er ofte mindre enheder, der etableres i et forløb langs en kyststrækning. Bølgebrydere er ofte lavet af sten eller betonblokke indesluttet mellem rækker af pæle; de er placeret i havet parallelt med kysten. Bag dem ophobes typisk sediment, hvorimod nedstrømskysten påvirkes, idet der her modtages mindre sediment, hvilket kan give behov for kystfodring. Høfder går vinkelret på kysten inde fra land, over stranden og ud i havet. De er typisk opbygget af sten eller beton. De blokerer for noget af den langsgående sedimenttransport og giver derfor bredere strand opstrøms og smallere strand nedstrøms (som ikke modtager det sand de ellers ville have gjort), hvorfor der kan blive brug for sandfodring nedstrøms. Se skitse på følgende sider.

Note: Kystdirektoratet har en række beskrivelser af kystbeskyttelse her <https://kyst.dk/kyster-og-klima/kystbeskyttelse/>



Figur 24

Hårde strukturer kan ligge forskellige steder i forhold til kyst og bebyggelse: på land, ved kystlinjen eller ude i vandet. Fælles er, at lukkede strukturer skaber behov for at kunne opmagasinere og pumpe vand ud fra landsiden, og at de også lukker af for økosystemers udveksling mellem landside og havside. Det betyder, at hårde strukturer ofte følges af en række tiltag til afhjælpning som pumper, sluser, mulighed for forsinkelse/vandparkering, fisketrapper, mv. Ligeledes gør helt lukkede strukturer på havsiden det nødvendigt med sluser til fortsat adgang for skibe.



## LØSNINGSTYOLOGIER – NATURBASEREDE STRUKTURER

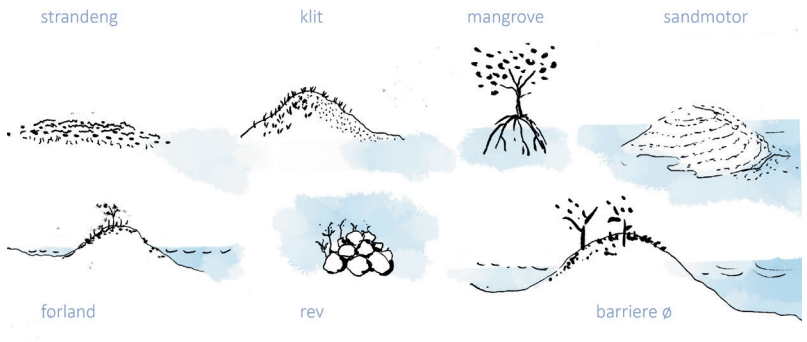
### *Areal og tid*

Generelt kræver de naturbaserede løsninger plads og tid til at gro. Til gengæld har de en række positive afledte effekter i form af biodiversitet, rekreation og muligheder for CO<sub>2</sub>-optag. De rent naturbaserede løsninger, som f.eks. strandeng og (åbne) barriereøer, kan afbøde stormfloder, men er mere udfordrede i forhold til en hurtigere havstigning. Løsninger som (lukkede) forlande vil give behov for pumper og f.eks. fisketrapper. Det kan være aktuelt at se på kombinerede løsninger og forskellige grader af 'naturbaseret'. Naturbaserede løsninger kan indplaceres både på landside og havside.

- **Landskabslæsning**  
Helt grundlæggende kan en aflæsning af landskabets karakteristika virke afhjælpende i sig selv. Eksempelvis ved indplacering af bygninger på højere terræn
- **Vådområder**  
Vådområder i overgangszonen mellem hav og land som f.eks. strandenge og marsk kan beskytte mod noget af energien fra f.eks. en stormflod. Disse kræver dog relativt store arealer og tid til at gro. Til gengæld kan de også gro i højden over tid. Sådanne områder har store potentialer i forhold til biodiversitet, rekreation og mitigation. I troperne er pendanten mangroveskove der både kan kystbeskytte, underbygge en høj biodiversitet og har kysterhervv tilknyttet.
- **Klitlandskaber og forlande**  
Klitlandskaber kan bygges vha. store mængder sand og herefter beplantes med f.eks. hjælme og marhalm. Klitter kan beskytte bagvedliggende arealer og har en række rekreative værdier. Vand kan dog trænge igennem klitterne, og som med diger stopper de ikke grundvandsstigning. Idet klitter naturligt vil vandre indefter, hvis en kystlinje eroderer, kan sandfodring være nødvendig for at bevare klitterne. Forlande der ligger som forhøjninger i zone mod havet kan også etableres som beskyttelse med en række muligheder for biodiversitet.

Teksten fortsættes på næste opslag



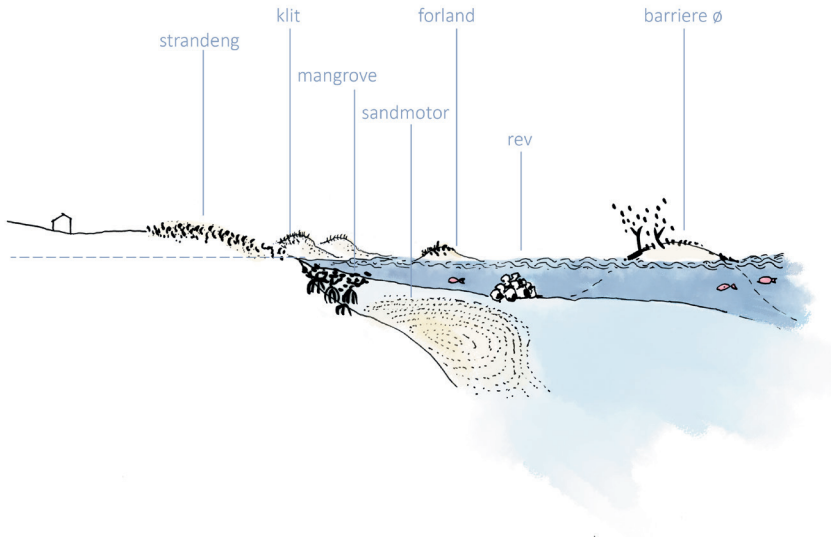


Figur 25  
Eksempler på naturbaserede løsninger.



## LØSNINGSTYOLOGIER – NATURBASEREDE STRUKTURER

- **Mangrove**  
Mangrove er træer der gror i tidevandszonen og som kan danne en buffer mod erosion og storme fra havsiden. de er samtidigt del af vigtige økosystemer.
- **Kystfodring og sandmotor**  
Kystfodring med sand er en udbredt praksis for at bibeholde (beskyttende) strandarealer. Det har dog også en række afledte konsekvenser, idet sandet tages fra havbunden andre steder. En sandmotor er en anden måde at sandfodre på, hvor en stor mængde sand placeres ved kysten opstrøms. Over tid flytter hav og vind sandet, der fodrer kysten nedstrøms. En sandmotortilgang skaber tilsyneladende mindre forstyrrelse af økosystemer end traditionel sandfordring.
- **Barriereøer**  
Barriereøer ligger parallelt med kysten og skaber en forpost mellem hovedkysten og det større hav i form af en lagune eller bugt. Barriereøer kan beskytte ved at afværge noget af bølgeenergien før den rammer kysten. Her er væsentlige potentialer for biodiversitet samt rekreative- og erhvervsrelevante muligheder.
- **Stenrev**  
Stenrev ligger ligeledes parallelt med kysten, dog fortrinsvis under vandet. Der forskes i potentialerne for kystbeskyttelse sammen med potentialer for biodiversitet, erhverv og rekreation. Sten på havbunden har været naturligt forekommende i Danmark nord og øst for israndslinjen. Dog er væsentlige mængder sten fjernet fra havbunden til byggeri og anlæg.
- **Søgræs og tang**  
Større arealer med tangskove kan mindske bølgeenergien. Større arealer med søgræs kan holde på sand og dermed mindske kysterosion. Ålegræs og tang har store potentialer for mitigation (CO2 optag) og er vigtige for biodiversitet i havet. Det er oplagt, at integrere tang og ålegræs i NbS løsninger, da det vil kunne tilføre yderligere, væsentlige værdier. Disse planter er dog afhængige af bl.a. vandkvaliteten og dermed også afhængige af f.eks. udledning af næringsstoffer, mv fra vandoplandet.



Figur 26

Eksempler på hvordan forskellige naturbaserede løsninger er indplaceret forskellige steder i forhold til kystlinjen og havets overflade.



## MERVÆRDI

### *Mere af hvad?*

Begrebet merværdi bruges ofte til at udtrykke fokus på at etablere nogle positive afledte effekter. Merværdi er et bredt begreb, der kan dække over forskellige værdier. Det, som har merværdi for én inter-essent, er ikke nødvendigvis det samme for en anden. Merværdi bruges ofte som et samlende begreb om intentioner og visi-oner uden dog nødvendigvis at udspecificere, hvilke værdier der er tale om. Det vil sige, at det bruges til at italesætte en fælles intention om, at et tiltag skal skabe noget ekstra udover dets primære funktion.

Begrebet merværdi bruges ofte i forbindelse med klimatilpasnings projekter, hvor der er fokus på (positive) afledte effekter udover den funktion, der skal løses. Når der tales merværdi i sammenhæng med byer og klimatilpasning, er det f.eks. muligheder for sociale aktiviteter som ophold og steder at mødes, sundhedsfremmende tiltag i form af motionsmuligheder eller reducere af stress igennem udeliv og naturoplevelser. Miljømæssige merværdier kan være øget biodiversitet, mindre udledning af CO<sub>2</sub> og miljøbelastende stoffer eller optag af drivhusgasser. Til dette kan nævnes æstetiske merværdier som smukke uderum, sanselige oplevelser og multifunktionelle byrum. Merværdi bruges i en dansk klimatilpasningskontekst gerne som det engelske begreb Multiple Benefits og er dermed knyttet til en instrumentel værdi (se afsnit om Instrumentel værdi). Når der tales om merværdi kan det være nødvendigt at være præcis om hvilke værdier der tales om.

Note: Begrebet har også andre betydninger. Inden for politisk økonomi og finansanalyse er merværdi defineret som prisen på et produkt eller en service fratrukket produktionsomkostninger. Her vurderes merværdi som noget positivt i en monetær værdibetragtning (f.eks. som overskud), hvorimod etiske, eksterne omkostninger for miljøet ikke nødvendigvis indregnes eller modregnes i merværdien.

## MITIGATION, TILPASNING OG GEO-ENGINEERING

### *Reduktion, imødekommelse og et wild card*

Overordnet kan der opstilles tre tilgange til at reducere eller tilpasse sig klimaændringerne:

- Mitigation (afbødning af klimaforandringer)- er indsatser med det formål at mindske udledningen af drivhusgasser (f.eks. fravalg af fossile brændstoffer og omstilling til vedvarende energikilder, mindske udledning fra transport- og byggesektoren) samt optagelse af CO<sub>2</sub>.
- Tilpasning- har til formål at moderere konsekvenserne af klimaændringer ved at tilpasse systemer og samfund, det vil sige en ændring i praksisser (f.eks. beskyttelse og reetablering af vådområder, placering af nye bebyggelser i højere terræn).
- Geoengineering- er en eksperimentel tilgang med sigte på at manipulere klimaet (jordens systemer) fysisk, kemisk eller biologisk. Eksempler på forskellige, overordnede tilgange inden for geo-engineering er (1) mindske jordens opvarmning (f.eks. ved at opsætte solspejle i rummet, indsætte reflekterende partikler i atmosfæren, ændre på omfanget eller karakteristika på skyer) (2) opsuge drivhusgasser (f.eks. ved at udlægge næringsstoffer i havet) (3) stor-skala manipulationer der skal mindske klimaændringerne (f.eks. ved at bygge rør i havet der skulle kunne trække varme nedad). De afledte, utilsigtede effekter af sådanne tiltag er dog usikre, og dét at ville manipulere jordens systemer yderligere må siges at repræsentere en risiko i sig selv.



## NATUR OG KULTUR

### *Mennesket og jordens systemer*

Vi er i det, der kaldes den Antropocæne tidsalder, hvor menneskelig aktivitet påvirker jordens naturlige systemer og processer i ekstrem grad, eksempelvis ved skovrydning, intensivt landbrug, minedrift, brug af fossile brændstoffer, udledning af miljøfremmede stoffer og drivhusgasser, udryddelse af arter, habitater og ødelæggelse af økosystemer. Omfanget af disse aktiviteter ændrer hele klodens biokemiske balancer, klimaet og biodiversiteten.

Der kan stilles spørgsmål ved den velkendte opdeling mellem kultur og natur i den Antropocæne tidsalder: Uberørt natur eksisterer næppe længere – og samtidig kan man også betragte alt på planeten som en del af naturen og dens processer. I det biodiversiteten er under massivt pres, bliver det ekstra vigtigt at tage stilling til, hvilken natur der tales om, og hvordan denne påvirkes af klimatilpasningstiltag.

Klimatilpasning i form af kystsikring vil altid påvirke naturen lokalt enten positivt eller negativt, og af og til også i større afstand fra anlægget. Eksempelvis som høfder der påvirker sedimentaflejringer, diger der påvirker udvekslingen af liv mellem vand og land, eller nogle typer af naturbaserede løsninger der kan bidrage til CO<sub>2</sub> optag.

Note: Geologisk tidsskala er en måde at inddеле og navngive perioder i Jordens historie på. Tidsaldrene baseres på jordlag og defineres af geologer. Antropocæn epoke er den geologiske tidsalder der efterfølger Holocæn der går fra seneste istid for ca. 12.000 år siden. Antropocæn epoke foreslås at starte midt i 1900-tallet, omend start tidspunktet stadig udredes. Antropo + cæn betyder menneskets nye tid og begrebet blev opfundet af Eugene Stormer og gjort kendt af Nobelprismodtager Paul Crutzen.



## NATURA 2000

### *Europæiske, beskyttede naturområder*

Natura 2000 henviser til naturområder i hele EU, der er beskyttet efter ensartede retningslinjer udstukket i EU's naturbeskyttelsesdirektiver (Habitat og Fuglebeskyttelse). Natura 2000-områderne omfatter levesteder for sjældne og truede vilde dyre- og plantearter eller naturtyper, der er karakteristiske for medlemslandene, og hvor det derfor er af international interesse, at naturområderne beskyttes, bevares og evt. genoprettes. Natura 2000-områderne omfatter såvel fuglebeskyttelsesområder, habitatområder og såkaldte 'Ramsar'-områder. Nogle Natura 2000-områder er både fuglebeskyttelses-, habitat- og Ramsar-område på én gang.

- Fuglebeskyttelsesområderne dækker blandt andet yngle- og rasteområder for yngle- og trækfugle. Mange af de beskyttede fuglearter er vandfugle. Derfor ligger en stor del af fuglebeskyttelsesområderne i kystområder eller på havet.
- Habitatområderne omfatter særligt truede dyre- og plantearter og naturtyper, der risikerer at forsvinde fra deres naturlige udbredelsesområde. Dette omfatter bl.a. strandenge og de strengt beskyttede Bilag IV-arter med dyr som bl.a. spidssnudet frø og stor vandsalamander.
- Ramsarområderne er vådområder, der har international betydning som levested for vandfugle, og omfatter blandt andet flere lavvandede dele af de indre danske farvande og Vadehavet.

Natura 2000-områderne er primært sikret ved implementering af EU-direktiverne i den eksisterende natur- og miljølovgivning, herunder naturbeskyttelsesloven. Reguleringen er suppleret af nogle særligt stramme anvisninger om, hvad der kan gives tilladelse til af aktiviteter og anlæg i Natura 2000-områderne, så beskyttede arter og naturtyper ikke forstyrres unødigt. Det betyder blandt andet, at etableringen af kystbeskyttelses anlæg kan være i konflikt med Natura 2000-områdernes beskyttelsesbestemmelser. I Natura 2000-områderne er der krav om overvågning og afrapportering af naturens tilstand, og der skal være en aktiv indsats for at sikre og genoprette naturen, hvilket gøres gennem de såkaldte Natura 2000-planer. Natura 2000-områder tager ikke højde for havstigninger, der kan ændre på, hvorvidt det beskyttede område i fremtiden fortsat kan fungere som habitat.



## NATURBASEREDE LØSNINGER (NBS)

### *At bygge med naturen*

Der er mange forskellige typer af naturbaserede løsninger (NbS), og ofte ligger de i kategorien beskyttelse. Naturbaserede løsninger omfatter beskyttelses- og afværgeforanstaltninger, der udnytter landskabet og naturlige kystprocesser. I design sammenhæng bruges NbS ofte i relation til begreber som f.eks. Building with nature, Design with Nature.

### *At planlægge med landskab og naturlige processer*

En naturbaseret løsning kan også være at 'læse landskabet' og undgå nybyggeri i de områder, hvor der er stor sandsynlighed for oversvømmelse. Det vil sige en landskabsbaseret planlægning for byudvikling, der tager udgangspunkt i strategier til at undgå fremtidige problemer.

### *Inspireret af naturlige processer*

Grundlæggende tager de naturbaserede løsninger afsæt i naturlige processer og er inspireret af, hvad som naturligt er forekommende. Løsningerne kan både indplaceres i vand og på land samt kombineres. Da det grundlæggende er en tilgang, hvor naturlige processer indtænkes, betyder det også, at der et element af, at løsningen kræver mere areal end en højvandsmur. Ved naturbaserede løsninger med beplantning, kommer tidsperspektivet ind i billedet, da det er vigtigt, at de har tid til at gro sig stærke og robuste – og måske skal hjælpes på vej efter en stormflod. I så fald er det vigtigt hele tiden at være på forkant.

### *Det byggede og det groede*

NbS kan både være bygget og groet og indgå i hybride løsninger, der kombinerer natur og teknik. Her kommer naturopfattelsen også ind i billedet; er det en hård struktur med natur på ydersiden eller 'gror' hele løsningen naturligt i form af f.eks. strandenge? Er det en dynamisk struktur som den hollandske Sandmotor, som er skabt ved at placere store mængder sand som over en årrække skal tilføre sand til nedstrøms kyster, eller er det en statisk struktur som det hollandske Katwijk-dige, der består af en betonkerne med parkeringshus beklædt med sand og klitvegetation?



### *Potentialer for 'merværdier'*

Naturbaserede løsninger har store potentialer i forhold til positive afledte effekter ud over beskyttelse, idet NbS kan bidrage med miljømæssige, sociale og økonomiske fordele. F.eks. at styrke biodiversitet, underbygge havbaserede erhverv, CO<sub>2</sub>-optag og dermed både bidrage til tilpasning og mitigation. Her til kommer en bred vifte af rekreative potentialer, sundhed og æstetiske kvaliteter. NbS tager ofte afsæt i økosystemtjenester, der både kan styrke biodiversitet samt direkte og indirekte kan bidrage til menneskets velbefindende. Dette betyder også, at det er løsninger, der kan gøre gavn uanset om området udsættes for en stormflodshændelse eller ej.

### *Havstigning og stormflod*

Klitter og forlande (hvis de indgår i et samlet, lukket forløb) kan aflaste ved både stormflod og havstigning. Dog vil havstigning kunne betyde øget påvirkning af disse strukturer i form af erosion. Lukkede systemer kan dog også her give behov for pumper og sluser, herunder afskære naturlige økosystemers bevægelse mellem indland og havet. Eksempler på naturbaserede løsninger er strandenge og rev, som kan beskytte ved ekstremhøjvande og storme. Strandenge kan dog også være følsomme over for havstigning, hvis de ikke har mulighed for at gro op- eller indefter, enten på grund af at der er bebyggelse i baglandet, stejle skrænter eller hvis havet stiger for hurtigt.





## NATURBESKYTTELSE OG HAVSTIGNING

### *Kystnatur under pres*

De danske kyster, der ofte møder havet i en flad kystzone med strande, klitter eller strandenge, er artsrige, men også sårbare over for stigninger i havspejlet. De store udledninger af næringsstoffer fra landbruget presser artsrigdommen, særligt i fjorde og lavvandede bugter. Kystbeskyttelse påvirker biodiversiteten på land og i vand i det lokale område, positivt eller negativt. Eksempelvis kan et område afgrænset af et dige påvirke arters bevægelse fra å til hav negativt, og et kunstigt stenrev kan designes så det fremmer biodiversitet.

Op mod en tredjedel af landets nuværende beskyttede naturområder (naturbeskyttelseslovens §3-områder og Natura 2000-områder) kan blive så massivt påvirket af havstigninger og stormfloder, at de risikerer at gå tabt i år 2120. Samtidig vil en del af de økologisk mest værdifulde og artsrige naturtyper i Danmark blive påvirket af fremtidens havvandsstigninger og stormfloder med tab af naturarealer- og naturværdier til følge. Kysternes naturområder er særligt udsatte. Det drejer sig om et estimeret tab på 11 % (360 km<sup>2</sup>) af Danmarks Natura 2000-områder og 9 % (326 km<sup>2</sup>) af de områder, der er beskyttet efter naturbeskyttelseslovens §3. Til sammenligning forventes det nuværende landbrugsareal at blive reduceret med ca. 1,5 % (369 km<sup>2</sup>), mens omkring 0,5 % (16 km<sup>2</sup>) af de eksisterende by- og sommerhusområder risikerer at være permanent under vand i 2120 som følge af havvandsstigninger.

I arbejdet med planlægningen og forvaltningen af kystområder er der derfor behov for at indtænke havniveaustigninger fra både et naturbeskyttelsesperspektiv og et by- og landskabsudviklingsperspektiv.

Note: Danmark har en række arealer med beskyttede naturområder, som har forskellige typer af beskyttelse og betegnelse, f.eks. fredede områder, §3-områder og Natura 2000 områder. Der kan læses mere om særligt udsatte naturområder i rapporten 'Havvandsstigningernes betydning for kystnaturen' (COWI, SDU 2022) [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.klimatilpasning.dk/media/1896065/rapport-havstigningernes-betydning-for-kystnaturen-cowi-og-sdu-komprimeret.pdf](https://www.klimatilpasning.dk/media/1896065/rapport-havstigningernes-betydning-for-kystnaturen-cowi-og-sdu-komprimeret.pdf)

## NATURBESKYTTelsesLOVEN

### *Beskyttelse og fredning*

Arbejdet med at sikre det sammenhængende åbne danske kystlandskab har været en gennemgående prioritering i dansk lovgivning i mere end 100 år. Hovedformålet har været at begrænse ny bebyggelse i kystområder, beskytte kystnaturen og samtidig sikre offentlig adgang til kysten. Historisk set er meget af denne beskyttelse sikret gennem naturbeskyttelsesloven. Naturbeskyttelsesloven har til formål at beskytte naturen og forbedre forholdene for vilde dyr og planter samt de natur- og kulturhistoriske værdier, der knytter sig til landskabet, samtidig med at der sikres offentlig adgang til naturen.

Der er forskel på beskyttelse og fredning, hvor fredning er den mest vidtgående mulighed for at beskytte og bevare naturen og kan have en ekspropriationslignende karakter. Fredninger kan jf. naturbeskyttelseslovens §33 omfatte landarealer og ferske vande. Fredninger, der omfatter havarealer, sker som bekendtgørelsesfredninger eller "statsfredninger" jf. naturbeskyttelseslovens §51.

Strandbeskyttelsen, klitfredningen og den offentlige adgang til kysten sikres gennem bestemmelser i naturbeskyttelsesloven. På samme vis er bl.a. strandenge omfattet af beskyttelse gennem naturbeskyttelseslovens §3. Naturbeskyttelsesloven kan dog i visse tilfælde blive "overtrumpet" af kystbeskyttelsesloven, når det f.eks. gælder anlæg af diger og høfder, der vurderes at være vigtige for beskyttelsen af ejendomme med videre.



## NATURSYN

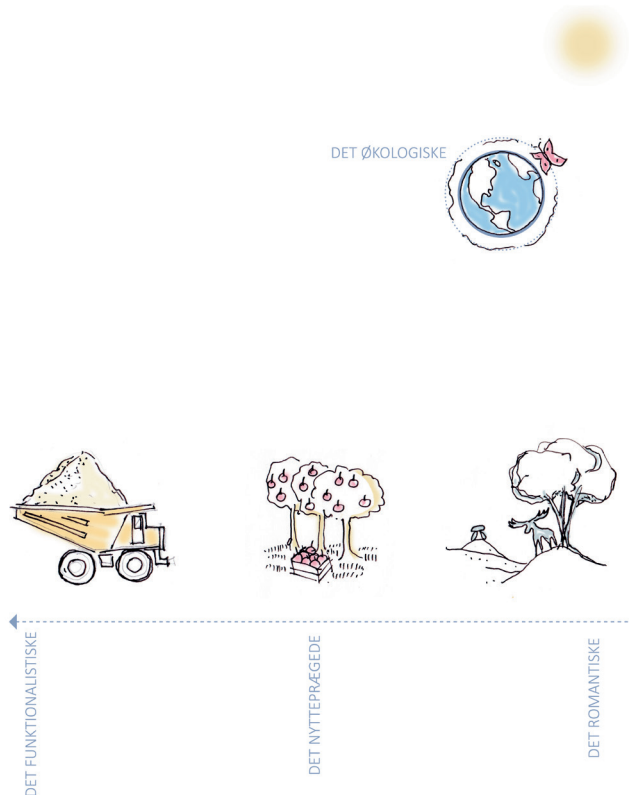
### *Naturen som funktion eller system eller?*

Naturbegrebet kan forstås gennem forskellige betragtninger om natursyn. En måde at betragte det på, er som den danske sociolog Jens Schjerup Hansen der opdeler natursyn i fire hovedkategorier: det nytteprægede, det romantiske, det funktionalistiske og det økologiske natursyn. De tre første natursyn afspejler en antropocentrisk miljøetik, det vil sige med mennesket i centrum. Det fjerde natursyn er primært funderet i en biocentrisk miljøetik, det vil sige, at alt levende tillægges værdi.

- Det nytteprægede natursyn. Naturen er en ressource som ud fra en materialistisk forståelse kan og bør udnyttes til gavn for mennesket. Det kan ske igennem jagt, fiskeri, skovbrug, landbrug, industriel kødproduktion, minedrift, sandsugning med videre. Det nytteprægede natursyn trækker bl.a. tråde til den franske filosof René Descartes humanisme og 'Cartesianske tænkning' fra 1600-tallet.
- Det romantiske natursyn. Naturen ses som noget unikt, smukt, måske uberørt og oprindeligt, som besidder immaterielle værdier og kvaliteter, der rækker ud over naturens nøgterne fysiske tilstedeværelse og eventuelle nytte. Det romantiske natursyn med den sanselige og følelsesmæssige tilknytning til naturen var især fremherskende i digtningen og billedkunsten i Europa i starten af 1800-tallet, samt i de engelske landskabshaver.
- Det funktionalistiske natursyn. Naturen bruges praktisk og funktionelt til at levere konkrete materielle og immaterielle goder for den brede befolkning, og naturens rekreative værdi er i fokus. Det funktionalistiske natursyn vandt frem i Europa og Nordamerika i slutningen af 1800-tallet i kølvandet på den stigende industrialisering og urbanisering. Antageligt også som en del af en demokratiseringsproces som en ramme for menneskelig udfoldelse. Der etableres byparker og tænkes i by- og boligformer, der er tættere på (eller i hvert fald i stiliseret form afspejler kvaliteterne ved) naturområderne, landbrugslandet og landsbysamfundet uden for bykernen.

Note: Der kan læses mere her: Hvad er natur <https://newsroom.au.dk/nyheder/vis/artikel/hvad-er-natur/> Olafsson et al (2021). <https://www.jaaktuelt.dk/momentum/2021/nr-3/den-menneske-lige-faktor-i-landskabet/>

- Det økologiske natursyn. Naturen, i forståelsen hele jordkloden, Gaia (med dyr, planter, mikroorganismer og mineraler), skal respekteres og ikke udnyttes for menneskelig vinding. Dels er der grænser for, hvor meget naturen og jordkloden kan bære i forhold til menneskets påvirkning. Dels har naturen en selvstændig egenværdi, som går ud over forestillingen om en pengeværdi og de logikker, mennesket har opstillet omkring pengesystemet. Samtidig skal naturen have lov til at passe sig selv, og vil netop kunne regulere og opretholde sig selv, uden menneskelig indblanding. Det økologiske natursyn vandt især frem med miljøbevægelsen i 1970'erne og fremefter.



**Figur 27**

Illustrationen er en fortolkning af Schjerups forklaring af natursyn. Den horisontale linje illustrerer forskellige grader af forventning om, eller oplevelse af, menneskelig styring af naturen. Det økologiske natursyn ligger sig på et andet niveau hvor mennesket ikke er i centrum.



## NATURVÆRDI OG NATURBEGREBET

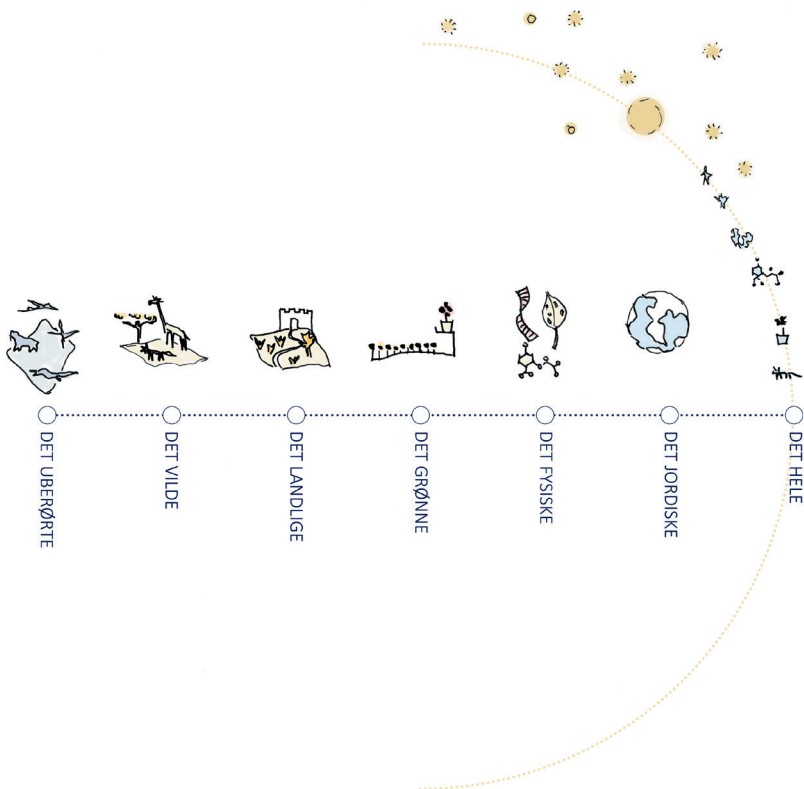
### *Forskellige værdibetragtninger*

Naturens værdi kan ikke alene forstås ud fra en monetær værdibetragtning, men indeholder en bred vifte af materielle, immaterielle og relationelle værdier, der bidrager til menneskers liv og velbefindende. Naturen afspejler en mangfoldighed af værdier og værdiopfattelser. Men natur kan også have værdi i kroner og øre, f.eks. når der fanges fisk i havet, og de sælges hos fiskehandleren. Naturen kan have en rekreativ værdi, kulturhistorisk værdi og en oplevelsesværdi. Der kan også være en herlighedsværdi og en merværdi, måske en mersalgpris, hvis en ejendom ligger i et naturskønt område. Det kan tillægges en værdi, at naturen bidrager med frisk luft og ilt, så vi helt fundamentalt kan trække vejret, at det regner, så markerne får vand, at bierne bestøver æbletræerne, og at mangroveskove fungerer som en buffer for oversvømmelser. Endelig kan det have en værdi i sig selv, at naturen findes.

### *Taler vi om det samme?*

Selv om der ofte tales om natur som ét begreb, har det mange forskellige betydninger. Selvom man taler om natur, kan begrebet dække over meget forskellige ting. De forskellige naturforståelser betyder, at der kan være forskellige måder at vurdere naturens værdier på og forskellige ønsker til, hvordan naturen bruges. Derfor har naturforståelser også stor betydning for politiske beslutninger omkring natur. Som eksempel, kan naturen ifølge filosofen Hans Fink, forstås på syv måder:

- Naturen som det uberørte: det, der er helt upåvirket af mennesket
- Naturen som det vilde: natur som det, der ikke er aktivt udnyttet, dyrket og kultiveret af mennesket
- Naturen som det landlige: det, man finder ude på landet – som forskellen mellem land og by
- Naturen som det grønne: alt det, der lever og vokser organisk f.eks. i haver, i parker, på landet, i havet
- Naturen som det fysiske: alt det, det kan forklares naturvidenskabeligt
- Naturen som det jordiske: alt det fysiske, sociale og kulturelle, der foregår i symbiose på planeten Jorden
- Naturen som det hele: naturen er alt og overalt, det er hele universet, kosmos.



Figur 28

Figuren illustrerer de syv forskellige naturforståelser, som beskrevet af Hans Fink. Her er de sat op på en stiplede linje for at indikere, at naturforståelse ikke nødvendigvis er en fast størrelse og sandsynligvis vil bevæge sig mellem de syv forståelser, alt efter hvad der tales om.

Note: Opstillingen på modsatte side er baseret på AU <https://newsroom.au.dk/nyheder/vis/artikel/hvad-er-natur/> samt artiklen af Hans Fink: "Et mangfoldigt naturbegreb" fra Naturens værdi: Vinkler på danskernes forhold til naturen. Gad, 2003. Artiklen af Hans Fink kan læses her: [chrome-extension://efaidnbnmnbbpcajpcglclefindmkaj/https://www.byplanlab.dk/sites/default/files/Et\\_mangfoldigt\\_naturbegreb\\_Fink.pdf](chrome-extension://efaidnbnmnbbpcajpcglclefindmkaj/https://www.byplanlab.dk/sites/default/files/Et_mangfoldigt_naturbegreb_Fink.pdf)



## OMKOSTNINGSEFFEKTIVITET AF KLIMATILPASNING

*Er prisen rimelig i forhold til effekten?*

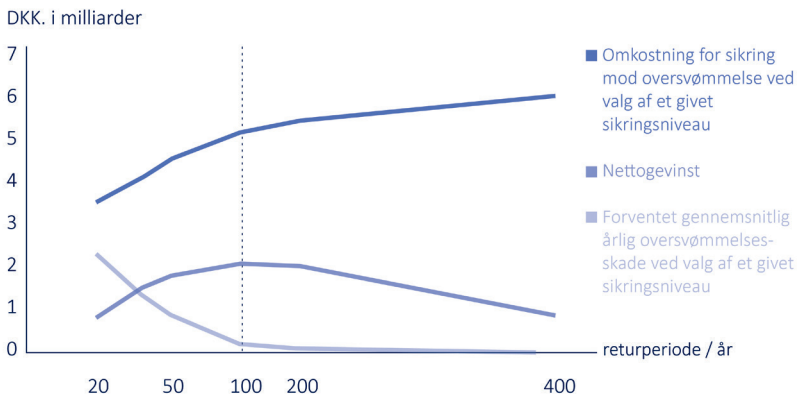
Omkostningseffektivitet er et vigtigt kriterie, når man designer tiltag til klimatilpasning. Det overordnede princip er, at en investering i beskyttelse skal være rimelig i forhold til den beskyttelseseffekt, der opnås.

Vil man beskytte sig mod meget sjældne hændelser, stiger omkostninger for beskyttelse typisk, fordi man f.eks. skal bygge højere diger eller større bassiner. Samtidig er det ofte sådan, at den skadesreduktion, man opnår, bliver mindre jo højere et beskyttelsesniveau, man vælger. Dette er fordi, de store hændelser kun forekommer meget sjældent.

Princippet er illustreret i Figur 28, som blev udarbejdet i forbindelse med Københavns Kommunes Skybrudsplan. I det konkrete tilfælde er det tydeligt, at man ikke opnår en tydelig bedre beskyttelseseffekt, når man designer løsninger, der kan håndtere en 400-års hændelse, end når man designer til en 100-års hændelse, hvilket er betydeligt billigere, fordi løsningerne kan gøres mindre. Det er vigtigt at nævne, at der i forbindelse med kystbeskyttelse kan opstå livsfarlige situationer, der sætter begrænsninger for de økonomiske principper. Eksempelvis at menneskeliv prioriteres anderledes, eller ved oversvømmelse af metroen i København.

Derudover er det vigtigt at fremhæve rollen af byplanlægning, der enten kan fungere som "gratis" oversvømmelsessikring, når man byudvikler udenfor risikoområder (se afsnit om Tilbagetrækning), eller omvendt hvor byudvikling i risikoområder kan forøge de potentielle skadesomkostninger og som følge deraf kræve større investeringer i beskyttelse. Endelig er det også muligt at medtage "bløde" værdier såsom adgang til rekreative arealer, kulturarv og biodiversitet i regnestykket (se afsnit om Økosystemtjenester og Cost-benefit analyser). Tallene for kulturarv og biodiversitet er stadig behæftet med usikkerhed, hvilket gør det sværere at vurdere sådanne beregninger.





Figur 29

Figuren illustrerer hvordan omkostninger for sikring mod oversvømmelse stiger jo højere et sikringsniveau man vælger. Den forventede oversvømmelseskade falder samtidig, fordi oversvømmelser forekommer sjældnere. Nettogevinsten (defineret som omkostning minus forventet skadesreduktion) vil typisk have et maksimum. De mest ekstreme hændelser forekommer kun meget sjældent og bidrager dermed ofte kun i begrænset omfang til den gennemsnitlige, forventede oversvømmelseskade, mens omkostningen for sikring bliver ved med at stige jo højere man vælger sikringsniveauet. Sikring mod meget ekstreme hændelser vil derfor ofte ikke være omkostningseffektivt. Grafen er optegnet ud fra "The City of Copenhagen Cloudburst Management Plan" 2012, side 12, Figur 1: Net gains from flood defence measures in Frederiksberg and the City of Copenhagen. The amounts are present-day values over a period of 100 years". Her: [chrome-extension://efaidnbnmninibpcajpcglclefindmkaj/https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph - cloudburst\\_management\\_plan.pdf](chrome-extension://efaidnbnmninibpcajpcglclefindmkaj/https://en.klimatilpasning.dk/media/665626/cph - cloudburst_management_plan.pdf)



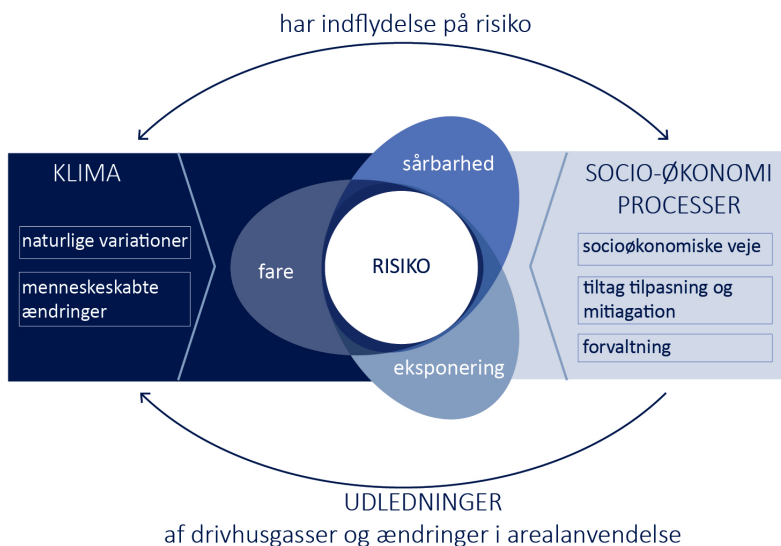
## OVERSVØMMELSESRIKIO

### *Fare, eksponering og sårbarhed*

Ved at lave oversvømmelseskort vises det, hvilke områder som potentielt er eksponeret for oversvømmelser. Herefter kan det vurderes, hvor stor risikoen er i disse områder for oversvømmelse. Kritisk infrastruktur i form af hospitaler, plejehjem, transformatorstationer, metro og lignende vurderes som særligt sårbare, forurenede grunde er ligeledes et risikoparameter, ligesom der kan opstilles særlige krav til f.eks. kulturarv. Sårbarheden opgøres ofte i form af skadeskurver eller skadesfunktioner, der opgør en skade pr. eksponering pr. sårbar ting. Ofte udarbejdes også værdikort, som angiver den maksimale skade, som en værdi pr. område teoretisk kan blive påvirket af, uanset om eksponering er mulig eller ej.

Oversvømmelsesrisiko består af tre komponenter:

- Fare: Hvor ofte overstiger havvandsstand (eller regnintensitet) et kritisk niveau, så et område oversvømmes?
- Eksponering: Er der værdier i et oversvømmelsestruet område, der kan skades (f.eks. huse, landbrugsarealer, skov)?
- Sårbarhed: Bliver værdierne skadet, når de oversvømmes (f.eks. vil et hus med oversvømmelsessikring typisk ikke blive skadet ved en oversvømmelse, landbrugsarealer vil næsten altid blive skadet af saltvand, mens oversvømmelser med saltvand er del af den naturlige livscyklus for et marskområde).



Figur 30

Oversvømmelsesrisiko er et resultat af interaktionen mellem farer (f.eks. hvor høj er vanddybden og hvor ofte sker det) og den konsekvens som denne fare kan medføre i form af at der er værdier (f.eks. bygninger eller mennesker) der kan blive eksponeret overfor faren, og at disse værdier er sårbare, dvs. at de rent faktisk lider skade som følge af denne eksponering. Faren påvirkes af klimaet (herunder stigende havvandstand og ændringer i storme), mens eksponering og sårbarhed er konsekvenser af socioøkonomiske processer i samfundet, der enten kan forstærke eller reducere risikoen. Fra IPCC (2014), Dig. SPM1, side 3. Link: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5\\_wgll\\_spm\\_en.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar5_wgll_spm_en.pdf).



## OVERSVØMMELSESDIREKTIV OG RISIKOSTYRINGSPLANER

### *EU's oversvømmelsesdirektiv*

Som følge af EU's oversvømmelsesdirektiv er de danske myndigheder pålagt at udarbejde risikostyringsplaner for områder, der på nationalt plan er identificerede til at have særlig stor risiko for oversvømmelse. Der er aktuelt udpeget i alt 14 geografiske risikoområder i sammenlagt 27 kommuner, hvoraf langt størstedelen er tætbebyggede kystområder. Risikostyringsplanerne beskriver, hvilke initiativer kommunerne kan iværksætte for at reducere skaderne i tilfælde af ekstreme oversvømmeshændelser, herunder hvordan evt. fysiske og planlægningsmæssige klimatilpasningstiltag er koordineret med beredskabet. I planhierarkiet er risikostyringsplanerne overordnet kommuneplanen og de kommunale sektorplaner. Det betyder, at risikostyringsplanen sætter rammer og bindinger for den øvrige kommunale planlægning, herunder klimatilpasningsplanen. Da flere af de nationalt udpegede risikoområder går på tværs af kommunegrænser, er der ofte behov for et koordineret samarbejde mellem kommuner i forbindelse med udarbejdelsen af risikostyringsplanerne.



Figur 31

Kortet viser Danske områder (linjer) og byer (cirkler) der er udpeget i EU's oversvømmelsesdirektiv. De mørkeblå er fra planperioden 2010-15 og de mellemlå er fra planperioden 2016-20.

## PLANLAGT JUSTERING AF KYSTEN (MANAGED REALIGNMENT)

### *Tilpasninger langs kysten*

Sedimenter langs kysten er i konstant bevægelse, og det, vi kalder kystlinjen, flytter sig derfor løbende. For eksempel pga. af erosion, sediment der lægger sig på, høfder der bygges for at holde på sediment, men som fordrer erosion nedstrøms, ved storme, mv. Den engelske term Managed Realignment tager netop afsæt i kystens bevægelse og ligger sig som en strategi imellem tilpasning og tilbagetrækning. Ved managed realignment accepteres det, at kystlinjen er en dynamisk zone, der har brug for plads, og at det nogle steder kan være hensigtsmæssigt at afgive dele af 'tørt' land til kyst og hav. For eksempel ved at trække en højvandsmur lidt længere inde mod byen og afgive plads til en bufferzone ved havet med naturbaserede løsninger som f.eks. strandeng der kan mindske bølgekräften og derved sinke erosion. Herved kan en række merværdier indtænkes sammen med de beskyttende løsninger, f.eks. i form af biodiversitet, CO<sub>2</sub> optag og rekreative muligheder.

Et eksempel på et større realignment projekt er Hersketh Out Marsh i Storbritannien, hvor en saltmarsk i 1980'erne blev omdannet til landbrug ved hjælp af diger. Med havstigning opstod behovet for stærkere beskyttelse. Dette blev gjort ved at fjerne digerne og tilbageføre området til saltmarsk. Dette har givet gode betingelser for dyre- og planteliv samtidig med, at marsken fungerer som beskyttende bufferzone inden havet møder indlandsdiger. Princippet minder om naturgenopretningssprojektet Gyldensteen Strand på Fyn. Managed Realignment kan lige så vel foregå på en mere bynær eller mindre skala.



## PLANLOVEN

### *Land- og byområder*

Planloven omfatter land- og byområder i Danmark, men ikke søterritoriet. I kommunerne er planloven udmøntet i en kommuneplan med de overordnede rammer for kommunens udvikling og arealanvendelse, herunder identificering af oversvømmelses- og erosionsudsatte områder, samt lokalplaner, der sætter mere specifikke rammer for bebyggelsers udformning og anvendelse.

Planloven opdeler arealer i tre zoner:

- Landzone
- Byzone
- Zone for sommerhusområder

I landzonen er der generelt store begrænsninger for, hvad der kan bygges, medmindre det har en direkte relation til eksisterende anvendelse, typisk landbrugserhverv, eller hvis det omfatter infrastruktur-anlæg af national interesse. I byzonen er reguleringen mere lempelig, og der kan ske udvikling inden for rammerne i kommuneplanen og lokalplanerne. I sommerhusområder må bebyggelsen generelt ikke anvendes til helårsbeboelse, og der er fokus på den rekreative brug af området. I alle tre zoner skal forvaltningen ske under hensyntagen til bestemmelserne om kystnærhed, strandbeskyttelse og klitfredning.

## PLANLÆGNING AF HAVET OG BESKYTTELSBESTEMMELSER

### *Forvaltning af kystområder*

Den fysiske planlægning og forvaltning af kystområder i Danmark er primært reguleret gennem naturbeskyttelsesloven og planloven, der omfatter landarealet fra kystlinjen og ind i landet, samt kystbeskyttelsesloven, der dækker de kystnære landområder og 12 sømil ud i havet.

Derudover er Danmark omfattet af internationale bestemmelser for beskyttelse af naturområder til lands og til vands. Dette sker primært gennem Natura2000-bestemmelser (i EU's Habitat- og Fuglebeskyttelsesdirektiver) samt krav om planlægning af hele landets havareal, der strækker sig fra kystlinjen og op til 200 sømil ud fra kysten, hvilket udmøntes i Den Nationale Havplan.

### *Den Nationale Havplan*

Danmarks første havplan er en udmøntning af et EU-direktiv om maritim fysisk planlægning. Formålet med havplanen er at skabe en helhedsorienteret planlægning af hele det danske havareal. En plan der afvejer og koordinerer interesser vedr. natur- og miljøbeskyttelse, fiskeri, skibstrafik, energiproduktion, råstofudvinding, landvinding, rekreativ anvendelse med videre. Havplanen omfatter hele søterritoriet og Danmarks eksklusive økonomiske zone (EEZ) beliggende mellem 12 og 200 sømilsgrænsen, og den har en planperiode på 10 år. Formålet med havplanen er at planlægge for aktiviteter og anvendelser. Disse anvendelser er kategoriseret som hhv. (1) Energisektoren til søs, (2) Søtransport, (3) Transportinfrastruktur, (4) Fiskeri og akvakultur, (5) Indvinding af råstoffer på havet, (6) Bevarelse, beskyttelse og forbedring af miljøet. Udover dette kan der planlægges indenfor bæredygtig turisme, rekreative kvaliteter, friluftsliv og landvinding. Se kilde nedenfor.



## RESILIENS - EVOLUTIONÆR, TEKNISK OG ØKOLOGISK

### *Tilpasningsdygtige systemer*

Danske ord for 'resiliens' kan med god vilje være modstandskraft og robusthed. Resiliens og robusthed er dog ikke synonyme. Begrebet resiliens kommer oprindeligt fra materialelæren, hvor det relativiserer sig til et materials elasticitet og evne til at finde tilbage til sin grundform. Det kan f.eks. være en elastik, der springer tilbage eller en skummadras, der finder tilbage til sin form, efter man har presset en hånd ned i den. Inden for biologien, bruges resiliens til at betegne økosystemers evne til at gendanne sig eller indtræde i en ny form, hvis de er blevet ødelagt/udsat for en stresspåvirkning. Resiliens bruges i dag bredt og kan betegne bl.a. byer, mennesker, ting, naturlige processer og systemer og deres kapacitet til at komme sig efter ødelæggelser eller kritiske situationer. Et resilient system er adaptivt, dvs. tilpasningsdygtigt på en måde så det kan komme sig efter kriser, enten tilbage til samme spor eller et nyt (i menneskelig forstand ønskeligt) spor. Det er et begreb, der kan kritiseres for at blive brugt bredt, hvorfor der kan være grund til at spørge, hvad det skal være resilient for, for hvem og ikke mindst hvordan.

### *Evolutionær resiliens - komplekse dynamikker*

Evolutionær resiliens (social-ecological resilience) beskriver systemer som kaotiske, komplekse, usikre og uforudsigelige. Det er et tætvet dynamisk samspil mellem menneskelige handlinger og naturens respons i en løbende og foranderlig proces. Evolutionær resiliens fokuserer på dynamisk bevægelse – den evolutionære transition – væk fra en uensigtsmæssig tilstand og frem mod en mere ønskværdig situation. Så i stedet for at 'springe tilbage' til en normaltilstand, vil evolutionær resiliens betyde at en krise flytter samfundet. Det kan f.eks. være væk fra kul, olie og gas til vedvarende energikilder. I denne sammenhæng tales ofte om bæredygtighedstransitioner, hvor samfundet bevæger sig frem mod bæredygtighed (som et endemål) gennem bæredygtig udvikling (som en proces).

### *Teknisk resiliens - kapacitet til at komme tilbage til udgangspunktet*

Teknisk resiliens (engineering resilience) refererer grundlæggende til et systems evne til at vende tilbage til situationen før eksempelvis en



stormflod. Her måles et systems resiliens på hastigheden, hvormed det vender tilbage til den statiske basissituation. Eksempelvis vil en by fremstå resilient, hvis den hurtigt får pumpet vandet væk efter en stormflod og renoveret beskadigede bygninger og infrastruktur. Københavns Kommunes Skybrudsplan er baseret på estimater om skadesomkostninger og produktivitsreduktion, og tiden inden f.eks. det københavnske metrosystem er tilbage som fuldt funktionelt efter en stormflod. Planen er således et eksempel på en tilgang, der grundlæggende falder indenfor kategorien teknisk resiliens.

#### *Økologisk resiliens - dynamikker i økologiske systemer*

Økologisk resiliens (ecological resilience) refererer til økosystemer og handler om at kunne opretholde balance i et kompliceret system, f.eks. skoven med sit fintmaskede net af gensidigt afhængige elementer. Skoven er et dynamisk system, hvor der er evig interaktion mellem systemets enkeltelementer, og hvor stedets historik med ydre stresspåvirkninger i form af brande, oversvømmelser og sygdomsepidemier er med til at forme skoven, dets form og artssammensætning. Balancen i økologiske systemer er ikke statisk, dvs. at man ikke nødvendigvis vender tilbage til den samme udgave efter en stresspåvirkning som f.eks. stormflod eller skybrud. Et eksempel kan ses i Da Nang i Vietnam. Her flytter dele af befolkningen deres bopæl i et dynamisk samspil med klimaet, topografien og bebyggelsen, så de bor i de lavtliggende dalstrøg i de tørre perioder mellem monsunregnen. Når regntiden kommer, flytter de op på de højereliggende, tørre arealer. I sin grundform er dette en tilgang, der afspejler en økologisk resiliensforståelse.



## RESILIENS I PLANLÆGNING

### *Forberedelse*

Resiliens er et mangesidet begreb, men hvordan kan planlægning hjælpe til udviklingen af mere resiliente byer?

I resiliensplanlægning vil man identificere mulige trusler mod byen, hvilke konsekvenser de kan få for liv eller økonomi, og hvilke dele af byen eller samfundet, der er mest sårbare. Derefter sætter man planer i værk, der kan sikre at sådanne hændelser bliver mindre alvorlige, f.eks. gennem kystbeskyttelse og tilpasning af byen så mulige hændelser får mindre fatale konsekvenser, f.eks. ved at sikre at kritisk infrastruktur kan fungere under en hændelse. Resiliensplanlægning vil vise, hvordan man kan gendanne byen i en ny og bedre form efter en alvorlig hændelse.

Resiliensplanlægning er ikke noget nyt. Mennesker har altid bygget infrastruktur eller beskyttelse til at modstå katastrofer, har øvet procedurer for at mindske risikoen i situationen, f.eks. i form af brandværn eller andet beredskab, og har lært af tidligere katastrofer når byen har skullet genopbygges. Det er vigtigt at kunne forudse eller afværge 'den perfekte storm', hvor flere ulykker rammer, måske over en længere periode.

Det handler ikke kun om fysiske forbedringer og ny infrastruktur. Ændret adgang til kapital, viden eller magt kan også være nødvendig for at gøre samfund eller grupper i samfundet mindre sårbare. Se Note (a) Denne måde at tænke på lægger sig tæt op ad arbejdet med Dynamic Adaptive Policy Pathways (DAPP), hvor man planlægger løsninger, f.eks. infrastruktur, der kan løse et problem et vist stykke tid, men hvis problemet forværres over tid, er det måske nødvendigt at tænke i nye løsninger.

Man kan også forstå resiliensplanlægning på en anden måde, hvor den lægger et nyt lag ovenpå den første, og er mere positivt ladet: Resiliens er evnen hos individer, lokale fællesskaber, institutioner, virksomheder og byens systemer, til at overleve, tilpasse sig og vokse, uanset hvilken kronisk stress eller hvilket akut chok, de oplever.

Kronisk stress kan være fattigdom eller kronisk vandmangel, mens akutte chokpåvirkninger er det, vi forstår ved 'hændelser', f.eks. oversvømmelse i forbindelse med en storm. Det handler om at vende problemer til fordele gennem en gentænkning af problemet og hører til den resiliensform, vi har kaldt 'evolutionær resiliens': at byer og mennesker kan udvikle sig gennem og efter katastrofer.

Organisationen '100 resiliente byer' (100 Resilient Cities) forsøger at arbejde på denne måde. Et eksempel er byen Norfolk i Virginia i USA, hvor kroniske problemer med oversvømmelse på grund af forsegling af vandløb og overflader er vendt til et positivt forhold til vandet gennem etablering af grønne områder og åbning af byens vandløb, hvilket også har ført til flere boliger med direkte, rekreativ adgang til vand. Se Note (b)

For al planlægning for resiliens gælder, at samarbejde og inddragelse af byens borgere og aktører er helt nødvendigt for at udstikke retninger og prioriteringer, og at alle sektorer i byens administration må bidrage til løsningerne. Samlet set er resiliensplanlægning således en kombination af (tilpasningsdygtig) fysisk infrastruktur og vores kollektive evne til at forstå, lære, tilpasse og udvikle os som individer, grupper og samfund i lyset af presserende og forestående kriser, som det stigende havvand.

Note: (a) Environmental Finance Center at Sacramento State 2020: Resilience Planning, tools and resources for communities. <https://www.efc.csus.edu/reports/resilience-planning-tools-and-resources-for-communities.pdf>

(b) American Planning Association / Meghan Stromberg: 'Planning for Resilience', 2017 <https://www.planning.org/blog/blogpost/9124762/>

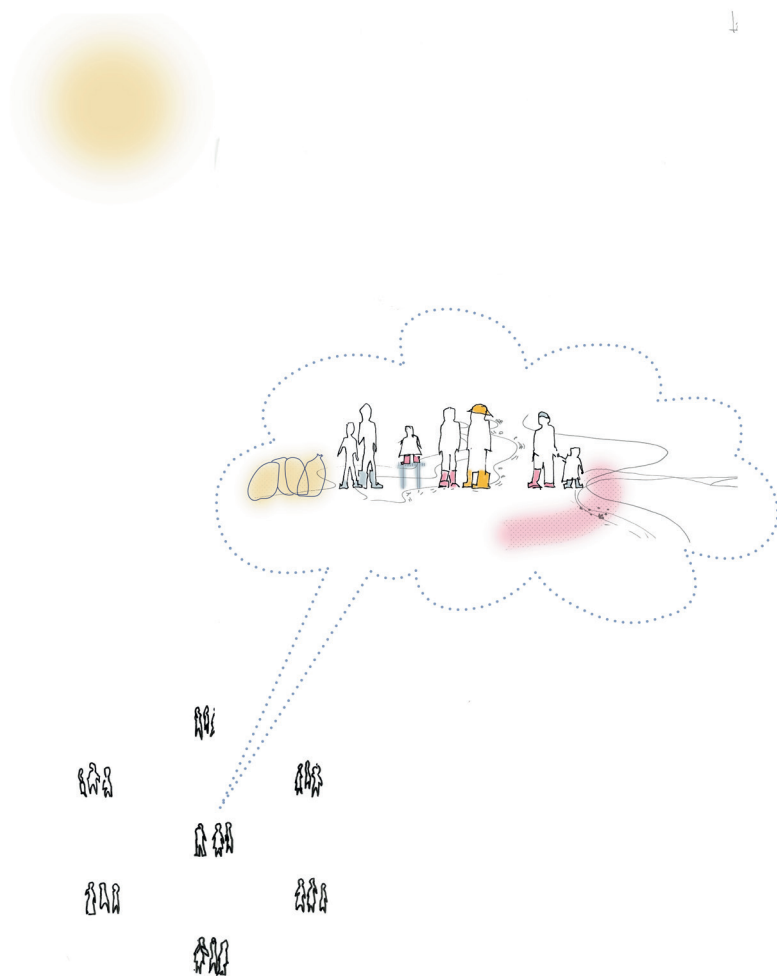


### *Fællesskabet og at lære af fortiden*

Social resiliens refererer til en gruppes, et fællesskabs eller et samfunds evne til at overkomme chok fra ekstreme hændelser, samt at lære af disse hændelser på en dynamisk måde. Sammenlignet med andre definitioner af resiliens refererer social resiliens specifikt til et socialt (menneskeligt ingeragerende) systems evne til at komme sig efter chok på en sådan måde, at det ikke mister sine oprindelige funktioner, samtidig med at systemet fremadrettet tilpasser sig risici relateret til fortidige hændelser. Når man snakker om social resiliens, er evnen til at lære fra fortiden og evnen for et socialt system til at selv-organisere og tilpasse sig de nye forhold, som krisen nødvendiggør, derfor centrale aspekter. På engelsk refereres der af samme grund ofte til “adaptive resilience” (resilient tilpasning) som en mere rammende beskrivelse for social resiliens end blot modstandsdygtighed over for chok.

Nogle parametre, der eksemplificerer, hvordan social resiliens kan forstås i relation til ekstreme hændelser såsom stormfloder og skybrud, er:

1. Hvorvidt borgerne er i stand til at agere proaktivt før nødsituationer opstår, og effektivt når de sker.
2. Hvorvidt borgerne har tillid til myndighederne, hvorvidt borgerne har tillid til hinanden og at denne tillid opretholdes efter krisen er ovre.
3. I hvilken grad der eksisterer stærke lokale institutioner og foreninger der binder borgerne sammen.
4. Hvorvidt der er en kultur af dialog og læring, hvorved borgerne og myndighederne lærer af tidligere hændelser samt kontinuerligt opsøger eksisterende ekspertviden.



Figur 32

Social resiliens handler om mennesker og samfund, herunder fællesskab, handlinger og ikke mindst fælles hukommelse over tid.



## STATISTISKE SANDSYNLIGHEDER FOR HÆNDELSER

### *100-års hændelser kan blive til 20-års hændelser*

Gentagelsesperioder på f.eks. 5, 10 eller 100 år afspejler den statistiske sandsynlighed for, at eksempelvis en stormflodshændelse indtræffer.

Mere formelt er gentagelsesperioden den inverse af sandsynligheden for, at en vis (ekstrem) værdi overskrides pr. år. Denne sandsynlighed er det, som statistiske modeller beskriver, mens begrebet gentagelsesperioder benyttes, fordi det er nemmere at anvende end procenter og promiller pr. år.

Når havvandet stiger, vil sandsynligheden for en overskridelse (og dermed en hændelse) stige og derfor vil gentagelsesperioden pr. definition også falde. Derfor bør man altid med diskussionen af gentagelsesperioder angive, hvilket årstal gentagelsesperioden svarer til – samt overveje hvad der sker, efterhånden som sandsynligheden vokser for at se en hændelse, der overskrider kriteriet.

Der er usikkerheder på både sandsynligheder og gentagelsesperioder. Generelt vil usikkerheden stige, når gentagelsesperioden øges og jo længere frem i fremtiden, der laves prognoser for. Den største usikkerhed i nutidens gentagelsesperioder findes for de kyster i Danmark, der ligger ud mod Østersøen. Det vides, at der meget sjældent forekommer stormfloder i Østersøen, de er helt anderledes end "normale" stormfloder.

Der er lavet undersøgelser, der tyder på, at disse stormfloder er kommet ca. 7 gange de seneste 900 år. Af naturlige årsager er kun de seneste 3 hændelser (1760, 1825 og 1872) godt beskrevet. I de tilfælde er det svært at lave en formel statistisk analyse, der præcist beskriver den bagvedliggende proces. Det ligger dog fast, at de meget sjældne hændelser i Østersøområdet har en helt anden karakter end "almindelige" stormfloder i området, samt at disse stormfloder ikke kan opstå i f.eks. Kattegat-området (se afsnit om stormflodsregioner).



## STORMFLODSREGIONER

### *Stormfloder kan ramme forskelligt*

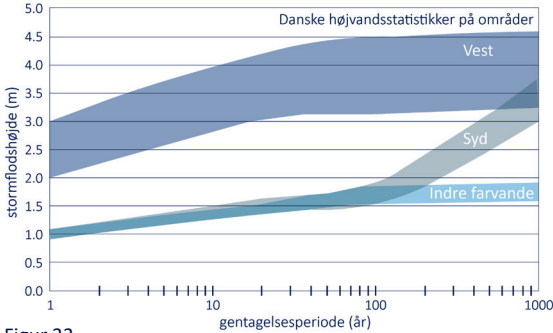
Forskere fra Danmarks Tekniske Universitet, DTU, har inddelt Danmark i tre fremherskende stormflodsregioner, hvor der er slægtskab mellem, hvordan stormfloder rammer.

1. Vest- Vestkysten hvor stormfloder rammer relativt hyppigt og hårdt
2. Indre farvande- Kattegat der er mere beskyttet
3. Syd- Østersøområdet hvor stormfloder rammer relativt sjældent, men af og til meget voldsomt.

Disse tre regioner kan brydes yderligere ned i flere delområder afhængigt af lokale og regionale forhold. Kraftige stormfloder rammer store dele af landet på én gang, men ikke lige kraftigt. Forskelle i vindretning, lavtrykkets bane mv. medfører lokale forskelle i stormflodens højde, men overordnet vil en stormflod ramme hele området i en af de stormflodsregioner, som er skitseret på kortet. I nogle tilfælde vil flere stormflodsregioner blive ramt i løbet af få dage, fordi vandet "skvulper rundt" mellem de tre regioner. Figur 34 illustrerer de tre vigtigste regioner i Danmark med hensyn til stormfloder. Det er kraftige storme, der driver stormfloder og dermed er der store sammenhængende kystområder, som påvirkes samtidigt. Figur 33 viser de omtrentlige stormflodsniveauer fordelt på stormflodsregion. Det ses, at ved typiske stormfloder, det vil sige op til returperioder på omkring 100 år, vil kystområder, der eksponeres fra Østersøen, have en statistik, der minder om de indre farvande. For meget sjældne hændelser, det vil sige gentagelsesperioder væsentligt sjældnere end 100 år, påvirkes kystområder, der eksponeres fra Østersøen meget kraftigere og nærmer sig hændelser fra Nordsøen i voldsomhed. Det mest kendte eksempel på en sådan hændelse er oversvømmelsen af bl.a. Falster under stormfloden i Østersøen november 1872.

Note: Der kan læses mere om 1872 stormfloden her: <https://historienet.dk/samfund/katastrofer/orkan-forvandlede-oestersoeen-til-fraadende-helvede> <https://www.dmi.dk/hav-og-is/tema-forside-stormflod/historiske-stormfloder-i-nordsoen-og-danmark/> <https://www.dmi.dk/nyheder/2022/stormfloden-for-150-aar-siden-den-vaerste-i-mands-minde/>





Figur 33



Figur 34

Øverst: Omtrentlige stormflods niveauer fordelt på region

Nederst: Illustration af de tre vigtigste regioner i Danmark med hensyn til stormfloder.

De tre stormflodsregioner er baseret på DTU rapport 2019 Risiko management ifm. stigende havvandstand. Figureerne er baseret på Fig.3.1 og 3.2, side 13. Link: <chrome-extension://efaidn-bmnnnibpcajpcgkclefindmkaj/https://orbit.dtu.dk/files/195895644/BaselineRealdaniaDTU.pdf>



## STRATEGIER VS SCENARIER

### *Planlægning for en usikker fremtid*

Omfanget af den globale udledning af drivhusgasser i de kommende årtier er forbundet med store usikkerheder, der har direkte betydning for, hvilke beslutninger der tages, når der udvikles kyststrategier og løsninger i forhold til havstigning. Levetiden for kystbeskyttelsestiltag kan f.eks. være 100 år. Om 100 år vil de valg, der foretages nu, påvirke, hvad det næste mulige skridt kan være. Over så lange tidshorisonter er der stor usikkerhed om, hvordan klimaet (f.eks. havvandsspejl og ekstreme regn-intensiteter) og befolkningen i byerne udvikler sig. Det er derfor vigtigt, at beslutningstagere forholder sig til, i hvilken grad en løsning kan fungere i forskellige mulige fremtider. Det er vigtigt at skelne mellem scenarier og strategier, når man planlægger løsninger for en usikker fremtid.

### *Scenarier*

Scenarier beskriver, hvordan relevante randbetingelser (som ikke påvirkes af beslutningen) potentielt udvikler sig i fremtiden. Scenarier kan udarbejdes ved brug af IPCC's prognoser over lang tid for den fremtidige havvandstand og andre vigtige processer. For en kommune vil det typisk være f.eks. klimascenarier og scenarier for den generelle befolkningsudvikling i Danmark. Kommunen har kun i begrænset omfang mulighed for at påvirke disse randbetingelser, men betingelserne påvirker, hvilke kystsikringsløsninger der bør vælges, f.eks. i form af forskellige potentielle havvandstande, demografisk udvikling og beskæftigelsesgrundlag i kommunen.

### *Strategier*

Strategier er tiltag, som vi aktivt vælger for at opnå et givet mål. Det kan være forskellige typer af kystsikringsløsninger, men også byplanlægnings tiltag såsom udpegning af byudviklingsområder. Strategier indeholder altid prioriteringer. Fremgangsmåden er typisk, at man undersøger, hvilken strategi der giver det bedste resultat i et givet scenarie (f.eks. mindst oversvømmelsesrisiko for flest borgere i byen). Analysen gennemføres gerne for flere scenarier, hvorefter det rationelle valg er at følge den strategi, der er mest robust på tværs af scenarier. En strategi, der er testet på tværs af flere scenarier, vil alt andet lige medføre en mere robust ramme for løsninger med en iboende fleksibilitet i forhold til forskellige mulige samfundsudviklinger. Man kan supplere med en faseopdeling af strategierne, så man undervejs kan tilpasse strategiens elementer til hvilket af scenarierne, der virker mest realistisk. Sådanne strategier kaldes adaptive strategier.

### *Begreberne strategi og scenarie bruges forskelligt*

Det skal dog bemærkes at begreberne strategi og scenarie dog bruges på mange forskellige måder alt efter fagområde og sammenhæng. Termen scenarie bruges også på andre måder inden for udvikling af løsninger; som en måde at beskrive forskellige løsninger og som måder at synliggøre lokale udfordringer og potentialer eller beskrive visioner for fremtiden.



## SYNERGIEFFEKT MELLEM TILPASNING OG MITIGATION

### *Klimatilpasning og reducere af global opvarmning - samtænkning af indsatser*

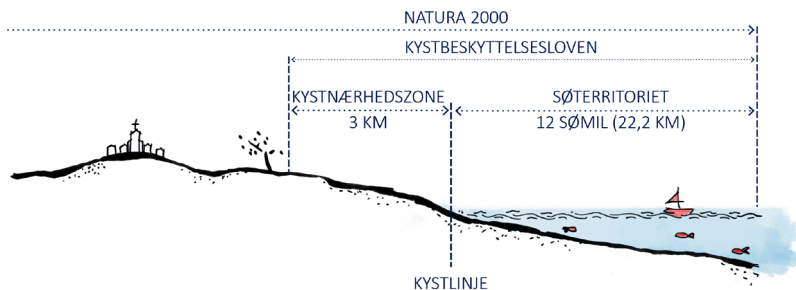
I forhold til at vurdere løsninger, er der behov for at samtænke mitigation og tilpasning. For det første for at få synergieffekter ud af tiltag, for det andet fordi at selv hvis udledningen af drivhusgasser sluttede i morgen, så er der allerede sat processer i gang, der kræver tilpasning af bl.a. det byggede miljø og naturområder. Der er også behov for at vurdere CO<sub>2</sub>-aftrykket af den byggede klimatilpasning (f.eks. diger, sluser, mv.)

Afbødning og tilpasning er tilgange, hvor der nu er stort fokus på at samtænke gensidigt afhængige indsatser. Uanset hvor vellykket reduktionen i udledningen af drivhusgasser bliver, så vil der være brug for tilpasning mange år fremefter, idet klimaændringerne er i gang og konsekvenserne i form af f.eks. havstigning vil tage lang tid at bremse. Der er ligeledes behov for at vurdere CO<sub>2</sub>-aftrykket af den byggede klimatilpasning; f.eks. for diger, sluser, mv. og holde det op imod løsninger, der kan opsuge CO<sub>2</sub>. På et løsningsniveau er der flere sammenfald og potentialer i at søge løsninger med flere funktioner. Inden for naturbaserede løsninger kan det f.eks. være etablering af rev og tangskove, der kan afbøde noget af bølgekræften ved en storm, optage og binde CO<sub>2</sub> fra atmosfæren og samtidig befordre biodiversitet, som igen har indflydelse på jordens systemer. Samspil mellem tilpasning og afbødning kaldes kombinerede – eller hybride – løsninger.

## SØTERRORIET OG ETABLERING AF ANLÆG

### *Faste anlæg i havet*

Kystdirektoratet er primær myndighed for anlæg på søterritoriet. Det betyder, at alle faste installationer på søterritoriet, herunder husbåde, havnebade og kunstige rev skal godkendes af Kystdirektoratet, inden de etableres. En enkelt undtagelse er mindre bade- og bådebroer med fri vandgennemstrømning, der ligger ved erhvervs- og lystbådehavnene, som administreres af kommunerne- om end fortøjningsspælene stadig skal godkendes af Kystdirektoratet. Kystdirektoratet er samtidig ansvarlige for godkendelsen af alle større, mere permanente, faste og 'irreversible' anlæg på søterritoriet som f.eks. moler, strandparker og andre typer af inddæmmede og opfyldte områder. Ved etablering af store broanlæg, olie- og gasledninger og råstofvindning på søterritoriet skal der indhentes tilladelse fra andre ansvarlige myndigheder.



Figur 35

Der er forskellige typer administrative zoner i kystområder. De har forskellige formål og kan derfor overlape hinanden.

# T

## TIDEVANDSZONE, LITTORALZONE OG RIPARISK ZONE

### *Overgangszoner mellem vand og land*

Kystzonen omfatter altid tidevandszonen. Ofte anvendes begreberne kystzone og tidevandszone synonymt, selvom kystzonen kan være bredere end tidevandszonen.

### *Tidevandszone*

Tidevandszonen er zonen mellem hav og land ved kyster, der påvirkes af tidevand. Zonen udsættes skiftevis for at være mere eller mindre våd. Det vil sige, at bunden er i kontakt med luft, når det er lavvande (ebbe) og derimod dækket af vand ved højvande (flod) og ofte også i perioderne imellem ebbe og flod. Dette skaber helt særlige økologiske nicher for dyr og planter samt en stor variation i habitater alt efter kystens karakter (klippe, sand, vådområder, mv).

Med havstigning vil tidevandszonen bevæge sig længere ind i land. Det betyder, at det, som tidligere var de yderste zoner mod havet, vil blive oversvømmet. Dermed vil forholdene ændre sig for dyr og planter, der er afhængige af f.eks. de vanddybder og det lysniveau, der er i denne zone. Med havstigning bliver det derfor væsentligt om disse arter 'kan flytte med indover' eller ej, samt hvorvidt de kan få fæste i de rigtige habitater. Eksempelvis hvis de er tilpasset sandstrand, og der indefter er andre geologiske forhold eller tæt bebyggelse. Dette betyder, at naturområder i tidevandszonen, som f.eks. er udpeget til beskyttelse, er i risiko for at forsvinde i takt med havstigningen.

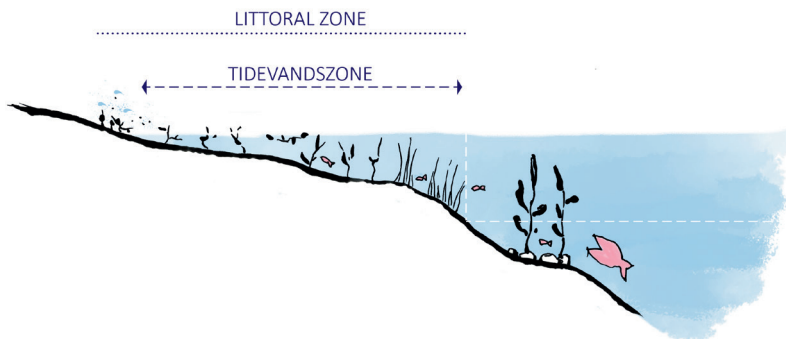
### *Littoralzone*

Kystzonen kaldes også for den littorale zone. Den littorale zone omfatter altid tidevandszonen, men også områder nær kanten af åer, søer og åmundinger. Den littorale zone er vigtig for plante- og dyreliv der er afhængig af nærheden til vandet i f.eks. vådområder og strandenge, eller de særlige forhold der gør sig gældende nær vandet i f.eks. klit-områder.

### *Riparisk zone*

Skiftet mellem tørt og vådt er relevant ved åer og søer, som har skiftende vandniveauer. Her danner den ripariske zone en overgang mellem land og vand. I kantzonen er der ofte særlige habitater og vigtige

økologiske nicher, og disse områder har betydning for bl.a. biodiversitet, erosion og vandkvalitet. I kystbyer, der ligger ved åmundinge, f.eks. de østjyske fjordbyer, har der tidligere været plads til vandet i form af større, våde områder, hvor åen kunne brede sig, når der var meget vand. Også ved selve udmundingen til havet har der været vådområder. Disse områder er, for en væsentlig del, med årene blevet bebygget og forsejlet med materialer som asfalt og beton. Dette mindsker muligheden for, at åerne har plads til at brede sig, når der er meget vand. Dette kan lede til oversvømmelser i bebyggede områder.



Figur 36

Tidevandzone og littoralzonen er mere eller mindre det samme, dog går littoralzonen ofte lidt længere indlands. Littoralzonen kan inddeles i fire underzoner, hvoraf en er permanent vanddækket og op til en zone, der sjældent er vanddækket. Den laveste zone er som udgangspunkt altid våd og udsættes kun for luft ved ekstremt lavvande. Den øverste zone er fortrinsvis tør, men fugtes og saltes i form af sprøjt fra bølger. Graden af vådhed har betydning for, hvilke arter der kan leve dér. Begge zoner er vigtige for biodiversiteten og kystens økosystemer. Læs evt. mere her: Vestergaard, P. (2005). Strandenge - en beskyttet naturtype. København: Gads Forlag. Link: <https://naturstyrelsen.dk/media/nst/67079/Strandenge.pdf>

# T

## TILBAGETRÆKNING

### *Langsigtede strategier*

Selve ordet 'tilbagetrækning' kan have en negativ klang der lyder som et 'nederlag' i modsætning til andre løsninger, f.eks. diger, der signalerer beskyttelse. Diger kan dog ikke alene beskytte, men også medvirke til at skabe nye problemer, eksempelvis ved at skabe mulighed for yderligere byudvikling i lavtliggende, kystnære områder, der i længden kan kræve endnu mere beskyttelse (se afsnit om dige effekt). Diger kan også afkoble økologiske forbindelser mellem indlandet og kysten. Endelig indebærer beskyttelse med højvandsmure eller diger usikkerheder i forhold til at vælge det 'rigtige' sikringsniveau, der hverken sikrer for meget (og dermed er ikke økonomisk optimalt) eller sikrer for lidt (og dermed ikke opfylder sit formål).

Som alternativ til kystbeskyttelsesforanstaltninger kan kysttransformation i form af tilbagetrækning, relokalisering eller justering (managed realignment) indgå i løsningspaletten. Her er målet at tilpasse by- og landområder til stigende havvand ved at ændre arealanvendelse.

For eksempel ved at give by- og boligområder tilbage til naturen over en lang årrække eller udvikle nye former for byer, hvor bygninger og gader planlægges med vandet. Tilbagetrækning og relokalisering kan foregå på forkant eller på bagkant, når det ikke er muligt at bygge op igen samme sted, f.eks. efter naturkatastrofer. Trods danske og internationale eksempler på relokalisering ses det relativt sjældent på frivillig basis, dvs. uden en forudgående katastrofe. Når man diskuterer tilbagetrækning som løsning, er det vigtigt at skelne mellem forskellige typer af tilbagetrækning, da årsager, former og konsekvenser kan være meget forskellige både menneskeligt, økonomisk og planlægning-smæssigt. Forskerne Cleveland og Plastrik skelner mellem tre typer:

- Planlagt tilbagetrækning
- Katastrofedrevet tilbagetrækning
- Økonomisk drevet (markedsdrevet) tilbagetrækning

Note: Principperne for de tre typer tilbagetrækning er baseret på Peter Plastrik & John Cleveland, marts 2019, 'Can it happen here? Improving the prospect for managed retreat by US cities': <chrome-extension://efaidnbmninnibpcajpcglclefindmkaj/https://lifeaftercarbon.net/wp-content/uploads/2019/03/Managed-Retreat-Report-March-2019.pdf>



## TILBAGETRÆKNING - KATASTROFEDRETVET, MARKEDSDRETVET

### *Katastrofedrevet tilbagetrækning - en re-aktiv tilgang*

Dette er en reaktiv tilgang baseret på en krisesituation, hvor tilbagetrækningen ikke er planlagt, men et spørgsmål om yderste nødvendighed (akut beredskab). Katastrofedrevet tilbagetrækning betyder ikke nødvendigvis, at det er umuligt at bebygge det pågældende sted igen, da ubeboeligheden kan være midlertidig. Udfordringen er, at katastrofedrevet tilbagetrækning kan være givet af væsentlige skader på bygninger og infrastrukturer som veje, vand- og elforsyning. En genopbygning afhænger af, om der reelt er økonomisk, infrastrukturel og menneskelig kapacitet til at genetablere bygninger, institutioner mv. samt hvorvidt det er meningsgivende i forhold til områdets oversvømmelsesrisiko på dét tidspunkt.

### *Økonomisk drevet tilbagetrækning- en incitamentsbaseret tilgang*

Markedsdrevet tilbagetrækning kan være incitamentsbaseret på både frivillig og ufrivillig vis. De ufrivillige økonomiske incitamenter kan være stigende forsikringspræmier, fald i ejendomspriser eller decideret usælgelige huse. De frivillige incitamenter kan være båret af f.eks. fugtskadede huse sammen med muligheden for at reetablere på en anden, mere attraktiv, lokalitet.

Planlægningsmæssigt kan økonomisk drevet tilbagetrækning anskues som en passiv tilgang, hvor man ser hvad der sker, og hvilke økonomiske muligheder der gives i sammenhæng med eventuelle oversvømmelser, erosion mv.



## TILBAGETRÆKNING - PLANLAGT

### *Planlagt tilbagetrækning - en pro-aktiv tilgang*

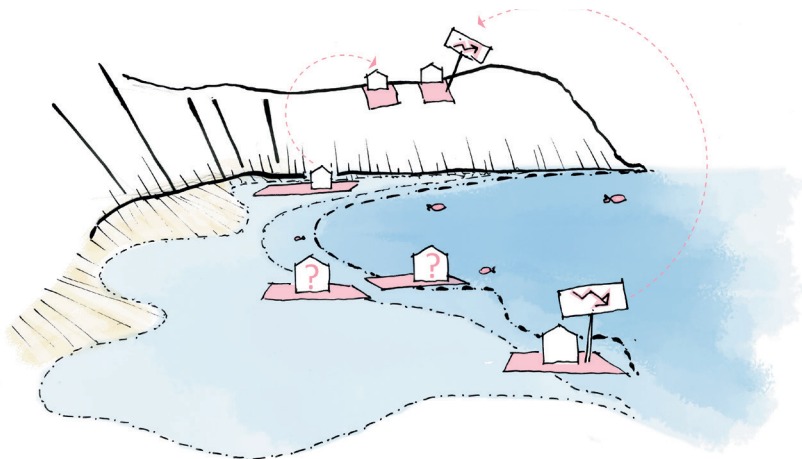
Planlagt tilbagetrækning er en pro-aktiv strategi, hvor man er på forkant med udviklingen i områder, der er udsatte i forhold til f.eks. erosion, oversvømmelse og havstigning.

Tilbagetrækning kræver, at der er arealer, der kan trækkes tilbage til. Derfor er planlagt tilbagetrækning også et spørgsmål om at planlægge (attraktive) områder, eller sikre arealreservationer, der på et senere tidspunkt kan bruges, når en tilbagetrækningsstrategi udmøntes. Alt efter om tilbagetrækning afgøres af tidlige forhold eller havniveauer, peger arealreservationer hen imod, at sådanne områder kan bruges til andre formål i mellemtiden.

Ved planlagt tilbagetrækning er der flere muligheder end ekspropriering eller opkøb af ejendomme i udvalgte, truede områder. Tilbagetrækning kan med en adaptiv tilgang udspille sig på mange måder og med forskellige tidsperspektiver. En række eksempler på dette kan være:

- Det planlægges, at et kystnært boligområde udfases og transformeres til anden anvendelse, f.eks. kystnatur, inden for en 10, 100 eller 200 års periode (temporal)
- Det planlægges, at der tilbagetrækkes ved bestemte niveauer for havstigning, f.eks. 1 meter (spatial).
- Eksisterende, bebygget område bebygges ikke yderligere med mindre at det er flytbare/mobile bygninger, lette konstruktioner, Design for Disassembly (DfD, Design for Adskillelse), oversvømmelsestolerante eller flydende strukturer.
- Tilbagetrækning sker, når bygninger skal renoveres grundlæggende
- Tilbagetrækning sker, når et område overgår til en 'særstatus' ved funktionsskifte (f.eks. omdannelse af tidligere industriområder).
- En planlagt tilbagetrækningsstrategi kan også være incitamentsbaseret; det vil sige, at tilbagetrækningen foregår, når ejeren har motivation til at flytte. Eksempelvis ved vedvarende oversvømmelsehændelser, konstant opfugtede fundamenter eller situationer, hvor forsikringsselskaber trækker sig fra skadesomkostninger eller ejendomsværdier går ned.

En ejerbolig i Danmark skifter i gennemsnit ejer hvert 10-20 år. Der kan således være mange ejerskifter og økonomiske incitamer, hvis en planlagt tilbagetrækning foregår over en periode på f.eks. 80-100 år. Både danske og udenlandske erfaringer er få, men tilsiger at der ofte vil være behov for en form for offentlig støtte eller opkøbsstrategi for at opnå en koordineret og planlagt tilbagetrækning eller kysttransformation. Desuden er det afgørende at have fokus på den lokale identitet og de stedsbundne fortællinger, når en bosætning eller by omdannes eller flyttes. Det kræver en stærk borgerinddragelsesproces. Hertil kommer dilemmaer omkring kulturarv; hvad kan eller skal beholdes og i hvilken form skal kulturarven udvikle sig.



Figur 37

De tre typer tilbagetrækning kan have forskellige tidsperspektiver. Hvor planlagt tilbagetrækning handler om planlægning, kan katastrofedrevet og økonomisk drevet tilbagetrækning have store socioøkonomiske konsekvenser.



## UNDGÅELSE – AVOID OG NO BUILD ZONER

### *En forebyggende løsning*

Undgå eller 'avoid' er en pendant til tilbagetrækning, hvor der ganske enkelt ikke bygges i områder med risiko for f.eks. permanent oversvømmelse fra havstigning eller kraftig erosion. Som strategi kan undgå (avoid) kombineres med arealanvendelse, der gør brug af mobile eller midlertidige strukturer i oversvømmelsestruede områder – eller funktioner og bygninger der kan tåle at stå med fødderne i vand nogle gange. Eksempelvis ved fleksibelt byggeri der kan skilles ad (Design for Disassembly, DfD) eller flyttes. 'Undgå' som strategi kan også betyde, at man ikke planlægger yderligere ny bebyggelse bag diger eller anden beskyttelse. En planlægningsmæssig løsning som 'Undgå' kræver lokalt forankrede tilgange, hvor landskabet tages i betragtning, når der planlægges ny byudvikling. Tidsperspektivet i dette er langsigtet. Hvis der ikke bygges i risikoområder, udsættes fremtidige generationer ikke for øget risiko, tab eller udgifter.

### *En adaptiv strategi*

Som en adaptiv strategi kan 'Undgå' eller midlertidige byggerier og funktioner optage de indbyggede usikkerheder i, hvor hurtigt og hvor meget havet stiger. Eksempelvis ved at lade være med at bygge permanente bygninger, at bygge over en bestemt kote eller undgå (yderligere) bebyggelser i risikoområder. Midlertidige anvendelser i risikoområder kan også være en mulighed. Eksempler på kontrakter der sikrer midlertidig arealanvendelse er bl.a. kolonihaveområder eller kommunale tilbagefaldsklausuler (f.eks. tilbagekøbsklausul eller hjemfaldspligt efter 90-100 år), der begge har til formål at sikre, at ejendomsværdierne ikke stiger til et niveau, hvor det kan være svært at ændre arealanvendelse. Forskellen ved områder, der kan komme i risiko ved havstigning eller øgede stormfloder, er, at frem for en låst tidshorisont på f.eks. 100 år, så ville tidshorisonten skulle vurderes løbende alt efter, hvor meget og hvor hurtigt havet stiger. Eksempelvis som revurdering af arealanvendelse hvert 10. år. En overvejelse omkring midlertidighed er dog, at der over tid kan komme modstand mod at ændre på de midlertidige arealanvendelser. Om en sådan modstand også ville gøre sig gældende for arealer og funktioner der er oversvømmelsestruede eller ligger under vand står for nuværende uprøvet.

## VAND - MANGE TYPER OG TIDSLIGHEDER

### *Oversvømmelser af menneskets arealanvendelser*

Den naturgivne bevægelse, hvor vand breder sig over områder, der for en del af tiden er tørre, benævnes ofte oversvømmelser. Oversvømmelse er en term, der bruges, hvis der er menneskelige interesser i et område, der fortrinsvist er eller har været tørt. Oversvømmelser skyldes øgede mængder af vand, der kommer fra f.eks. store mængder nedbør ved skybrud, vandløb, stigende grundvand eller stormflod.

### *Mange typer af vand og samtidighed*

I forbindelse med tilpasning til klimaændringer og havstigning er følgende typer af vand centrale: havvand, afstrømmet regnvand, vandløb og grundvand. Byer ved åmundinger modtager bl.a. vand fra oplandet (bagvand), og hvis byerne er lokaliseret ved kysten, er både havvandet og grundvandet også i spil. Når havet stiger, så stiger det terrænnære grundvand ved kysterne ligeledes. I vores nuværende klima sker oversvømmelse fra nedbør primært i sommer- og efterårsmånederne. Oversvømmelse fra stormflod sker primært om vinteren og i det tidlige forår. Nogle vandløb får så meget vand fra afløbssystemer (f.eks. kloakker og dræning, afvanding af overflader i oplandet), at de også giver oversvømmelser i sommer- og efterårsmånederne. Om vinteren kan jorden blive så vandmættet af store mængder regn over tid, at



Figur 38

Kystbyer er indplaceret mellem mange slags vand, der skal håndteres



## VAND - MANGE TYPER OG TIDSLIGHEDER

vandet løber direkte videre på overfladen, fordi den umættede jordzone i toppen bliver fyldt med vand. Derfor kan der i nogle situationer være samtidig i store afstrømninger og højere havvandsstand, og dermed flere kilder til oversvømmelse. Det kan det være nødvendigt at betragte flere kilder til oversvømmelser i en samlet analyse.

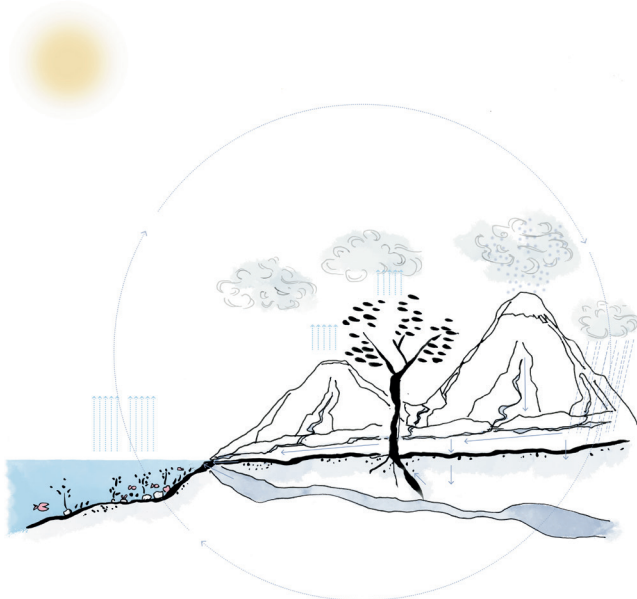
### *Havvandsstand - tidsmæssig variation*

Havet er i evig bevægelse, og vandstanden varierer konstant over tid. Fra få sekunder hvor et enkelt bølgeskulp giver en midlertidig, kortvarig ændring i havniveauet helt lokalt, til tidevandets ændringer over et døgn, uger, måned og år betinget af månens faser. I større skala ses årstidsbestemte storme og globale bevægelser som de store havstrømme, der følger jordens rotation samt vandets bevægelser igennem tusindvis af år under eksempelvis seneste istid. Tidsperspektivet betyder derfor meget i arbejdet med havstigning, og det er vigtigt at forholde sig til både stormfloder med kortere varighed og havstigning med længere tidshorisonter som årtier og århundreder.

## VANDKREDSLØBET

### *Vandkredsløbet - forbundne systemer*

Vandkredsløbet (det hydrologiske kredsløb) er en betegnelse for vandets bevægelse igennem atmosfæren til jorden og tilbage igen. Vandkredsløbet er successionen af de tilstandsformer, som vand gennemgår fra atmosfæren til Jorden og retur til atmosfæren. Vanddamp i atmosfæren kondenserer, bliver til vand eller is og når jord- eller havoverfladen som nedbør. Herfra kan det fordampe direkte tilbage til atmosfæren (evaporation) eller infiltrere ned i jorden og fordampe gennem planternes spalteåbninger (transpiration). Alle komponenter og processer i det hydrologiske kredsløb er forbundne og internt afhængige. Figen viser principperne, omend stærkt forsimplet, idet den ikke medtager de væsentlige ændringer, som mennesker foretager i form af at bygge dæmninger, diger, flytte vandet mellem forskellige steder osv.



Figur 39

Vandkredsløbet fungerer på mange forskellige skalaer. Den hydrologiske cyklus på en global skala involverer vandets kontinuerlige bevægelse mellem havene, atmosfæren og land, herunder også processer som evaporation, transpiration, nedbør og overfladevand. Mere lokalt kan et vandkredsløb være vandets bevægelse i et vandopland, et å-system eller vådområder. Her bevæger vandet sig igennem landskabet som f.eks. regn, sne, tåge eller å-vand, ned i grundvandssystemer, gennem planter, osv. Både de globale og mere lokale vandkredsløb er kardinalpunkter i Jordens vandbalance og økosystemer.



## VANDOPLANDE OG VANDSKEL

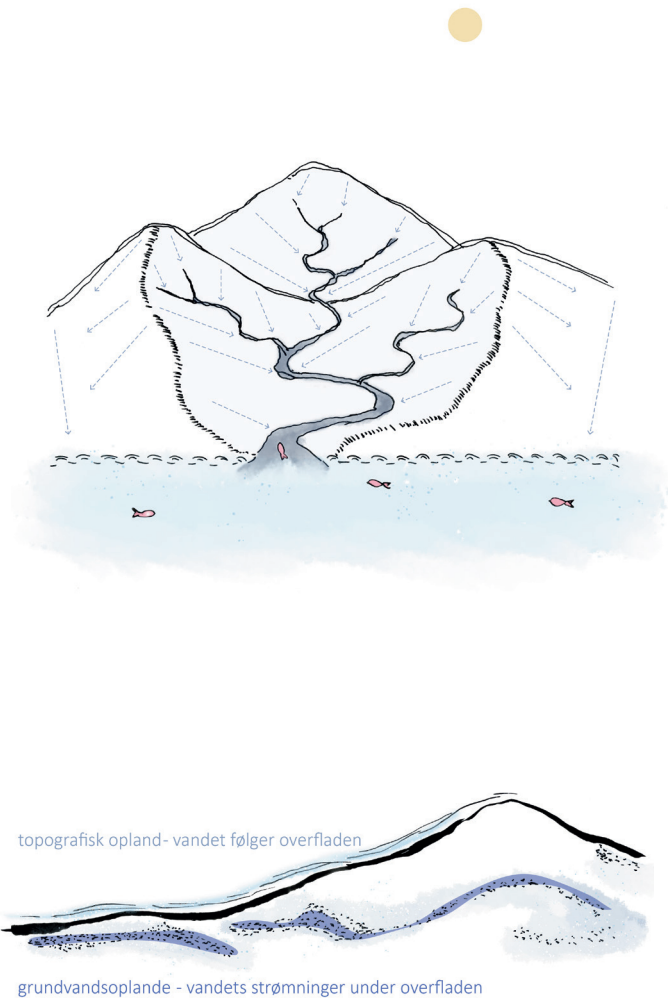
### *Topografisk vandopland og grundvandsopland*

Der skelnes mellem topografiske vandoplande, hvor vandet flyder på overfladen, og grundvandsoplande, der baseres på grundvandets strømning under overfladen. Det topografiske vandopland afgøres af terrænets hældning, hvor vandet løber mod en fælles recipient, f.eks. en å eller sø og videre mod havet. Afgrænsningen mellem vandoplande kaldes vandskel og udgøres ofte af en bakkekam, en bjergkæde eller større konstruktioner. Historisk har inddeling af territorier og landområder ofte fulgt vandskel. Eksempelvis følger Italiens grænse mod Østrig for en stor del vandskellet i Alperne. I Danmark kan vandskel ofte aflæses i de tidligere sognegrænser.

Vandoplande – eller afvandingsområder – er et skalerbart begreb. På den store skala kan man se Europas større afvandingsområder, hvor eksempelvis Holland ligger i afvandingsområde med Rhinen og derfor påvirkes af vand fra Tyskland på dets vej mod havet. På en regional skala modtager Randers oplandsvand fra Gudenåen som afvandingsområde. På en mellemskala vil de østjyske fjordbyer modtage vand fra baglandets store ådal. På den mindre skala er bykvarterer også en del af mere lokale vandoplande.

Mange kystbyer er placeret ved åmundinger og modtager dermed ofte en del vand fra bag- eller oplandet. Forståelsen af vandoplande er derfor særlig væsentlig for kystbyer. Når der er samtidighed mellem storme og f.eks. langvarig regn eller skybrud, betyder det, at en kystby modtager vand både fra baglandet og fra kystsiden. Når havet stiger, vil effekterne yderligere forstærkes. Dette betyder, at der er brug for at kunne forsinke eller parkere vand fra baglandet, indtil der er plads til, at det kan ledes ud i havet, eller behov for at pumpe vandet udover en eventuel lukket stormflodssikring.





Figur 40

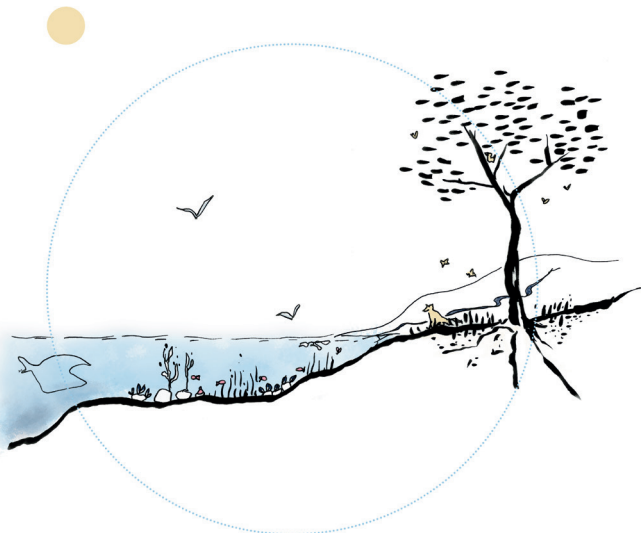
Et topografisk vandopland er et areal, hvori vandet løber mod en fælles recipient, f.eks. en sø, en flod eller havet. Vandoplandet defineres af de højeste punkter i terrænet, som adskiller det fra næste vandopland. Grundvandsoplande ligger under jordoverfladen og følger ikke nødvendigvis det topografiske vandopland på overfladen.



## ØKOLOGI OG ØKOSYSTEM

### *Forholdet mellem levende organismer og det fysiske miljø*

Økologi handler om forholdet mellem levende organismer og det omgivende fysiske miljø. Altså organismers levesteder, levebetingelser og den gensidige påvirkning af organismerne og deres omgivelser. De økologiske systemer, økosystemerne, handler om samspillet mellem de biotiske faktorer, der omfatter de levende organismer som planter, dyr, svampe og bakterier, og de abiotiske faktorer, som er de livløse dele af miljøet, herunder f.eks. iltindhold, vandindhold, pH-værdi, saltkoncentration og fordeling af jordpartikler i en given vækstjord, samt soleksponering, temperatur og vindforhold. En vigtig del er energi- og stofomsætningen, og hvordan organisk materiale indgår i fødekæden, nedbrydes og frigives i økosystemet. Økosystemer udvikler sig over lang tid og afspejler stadig mere fintmaskede og dynamiske samspil mellem de mange biotiske og abiotiske faktorer. Et økosystem opbygger over tid en tolerance over for fluktuationer og ubalancer mellem delkomponenter, og det kan derigennem forbedre sin evne til at modstå kollaps. For eksempel har visse økosystemer en evne til at tolerere massiv og langvarig tørke uden at kollapse.



Figur 41

Økosystemer dannes af et samspil mellem levende organismer (biotiske faktorer) og abiotiske faktorer (abiotiske er livløse som f.eks. sollys, temperatur, vand) samt kemiske faktorer som næringsstoffer etc. i specifikke fysiske miljøer.



## ØKOSYSTEMTJENESTER

### *Naturen til tjeneste*

Økosystemtjenester er en betegnelse for at betragte økosystemer som havende en økonomisk værdi for menneskets velbefindende. Det er altså en antropocentrisk, nyttebetonet og instrumentel tilgang til naturen, hvor man ser økosystemer som noget der kan 'levere' tjenester til mennesker. Økosystemtjenester kan inddeles i fire typer 'tjenester':

- Forsyningstjenester (Provisioning services): F.eks. vand, fødevarer, råvarer som træ og gødning, vandenergi og biomasse
- Reguleringstjenester (Regulating services): F.eks. vand- og luftrensning, kompostering, biologisk ukrudtskontrol, bestøvning og oversvømmelsesbeskyttelse
- Understøttende tjenester (Supporting services): F.eks. næringsstofcyklusser og jorddannelse. Denne tjeneste faciliterer også, at økosystemer kan fungere
- Kulturelle tjenester (Cultural services): F.eks. historisk og spirituel brug af naturen, rekreation, læring og terapeutiske, kulturelle og landskabsæstetiske relationer. Denne kategori skiller sig ud fra de øvrige, idet den repræsenterer menneskelige perspektiver, der ikke i sig selv har noget at gøre med økosystemer i klassisk, naturvidenskabelig forstand.

I arbejdet med økosystemtjenester beskrives også en række negative effekter og gener (dis-services), særligt i tætbefolkede områder, herunder risikoen for allergier, væltede træer, arealkonkurrence og blokeret udsyn som følge af f.eks. grønnere byer. Økosystemtjenester kan bruges til at måle og sætte numerisk værdi på økologiske systemer og processer som traditionelt er svære at værdisætte i økonomisk forstand og dermed svære at prioritere i en politisk kontekst.

Ved at tilskrive økosystemtjenester et målbart udkomme kan de indgå i matematiske modeller og økonomiske overvejelser, der kan bruges ved beslutning om f.eks. byudviklingsprojekter.

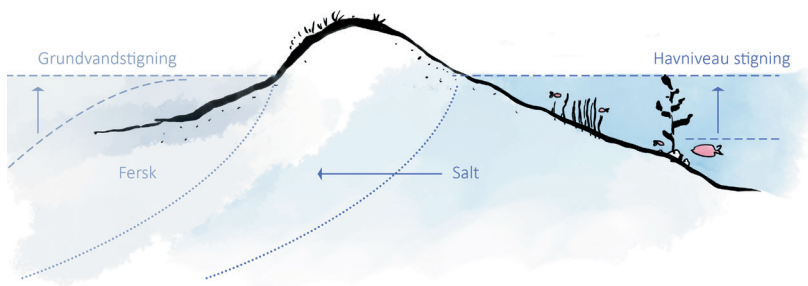
En kritik af økosystemtjeneste-tilgangen er, at systemet tager udgangspunkt i menneskets behov, hvor naturen og dens processer beregnes som en tjeneste til menneskets virke, hvor naturen ikke tilskrives værdi i sig selv. Dette relaterer sig til natursyn og værdibetragtninger; om naturen er til for menneskets skyld og skal repræsentere en funktion og økonomisk værdi, eller om naturen har værdi i sig selv.



## ÅER, GRUNDEVAND OG HAVSTIGNING

*Åvand, grundvand og havvand som forbundet system ved kysten*

Åer, floder, søer og havene har altid været i bevægelse og 'fyldt' forskelligt. Med klimaændringer vil mere vand være i flydende form (frem for is) og et varmere klima betyder at vandet samtidig vil fylde mere. Derfor bliver det yderligere aktuelt, at der er plads til, at vandet kan brede sig ved f.eks. langvarig eller intens regn, der fylder åløbene. Når havvandstanden stiger, f.eks. under en stormflod eller ved permanent stigende havvandstand, vil vandløbet øjeblikkeligt indstille sig på de ændrede forhold og være med til at fordele vandet over større områder i landområdet. Det samme vil ske, hvis der er større infrastruktur i området som f.eks. tunneler eller afløbssystemer. I løbet af en stormflod vil der ikke ske væsentlige ændringer i grundvandet, men hvis ændringerne forbliver over længere tid, vil der opstå en ny ligevægt. Når havniveauet stiger, vil det terrænnære grundvand nær kysten stige sammen med havet.



Figur 42

Når havet stiger vil det terrænnære grundvand ved kysten følge med opefter. Samtidig øges presset for saltindrængning på ferskvandssiden.





AARHUS SCHOOL OF ARCHITECTURE