

# HAVSPEJLSSTIGNING

ARKITEKTONISK KVALITET OG TYPOLOGIER  
FOR LØSNINGSRUM I KYSTBYER



AARHUS SCHOOL OF ARCHITECTURE



## **HAVSPEJLSSTIGNING**

### **Arkitektonisk kvalitet og typologier for løsningsrum i kystbyer**

Udarbejdet for Realdania i regi af  
kampagnen Byerne og det stigende havvand  
Forfatter: Katrina Wiberg  
Projektleder: Tom Nielsen  
Sted: Lab1, Arkitektskolen Aarhus  
Dato: 9. Oktober 2019

*Forside foto: Set fra vandet -  
byudvikling på Aarhus Havn  
Foto: Wiberg, 2019*

# INDHOLDSFORTEGNELSE

## **0. INTRODUKTION**

### **1. KONTEKSTUALISERING**

- 1.1 Global opvarmning, mere vand og øget urbanisering,
- 1.2 Havspejlsstigning og synkende byer
- 1.3 Byer ved vandet og oversvømmelsesrisiko
- 1.4 Kystbyer og flere typer vand

### **2. TENDENSER**

- 2.1 Eksempler på historiske typologier
- 2.2 Udvikling af nye begreber og typologier
- 2.3 Fra mono-til kombinerede løsninger
- 2.4 Fra kant til zone
- 2.5 Identifikation af løsningsrum
- 2.6 Typologier i 53 state-of-the art projekter

### **3. MATRIX - UDFORDRINGER OG KATEGORIER**

- 3.1 Udfordringer & kategorier
- 3.2 Havspejlsstigning og hændelser som udfordring
- 3.3 IPCC's tre kategorier
- 4.4 Princip for matrix

### **4. MATRIX - LØSNINGSRUM**

- 4.1 Typologibeskrivelser
- 4.2 Typologier beskyttelse
- 4.3 Typologier tilpasning
- 4.4 Typologier tilbagetrækning
- 4.5 Opsamling matrix

### **5. OPSAMLING & KONKLUSION**

- 5.1 Kombinerede løsninger
- 5.2 Tiltag og merværdi
- 5.3 Generelle overvejelser
- 5.4 Konklusion

BIBLIOGRAFI

APPENDIX A1-3

APPENDIX B1-3

# INTRODUKTION

I de følgende vises et udsnit af de fysiske tiltag der ofte anvendes til beskyttelse mod oversvømmelse af kystbyer set fra et arkitektonisk og bymæssigt udgangspunkt. Der tages afsæt i at synliggøre tendenser ved at anskue kystbeskyttelse som bestående af typologier med betydning for byers funktion samt potentialer for merværdi i kystbyer. Igennem beskrivelse af tendenser og typologier søges det at anskueliggøre forskellige typer af løsningsrum til at håndtere oversvømmelse grundet havspejlsstigning og ekstremt hændelser. Formålet er at bidrage til kvalitative betragtninger i beslutningsprocesser omkring hvilke typologier den enkelte kystby vælger at tage i brug.

Typologierne beskrives som karaktertræk af de fysiske tiltag på et principielt niveau ud fra et arkitektonisk, rumligt- og bymæssigt perspektiv. Her illustrerer typologierne et bredt løsningsrum, og dermed mulighedsrum, der kan tilgodese en bred palette af værdier i kystbyer og deres omgivelser, eksempelvis biodiversitet, nye aktiviteter, oplevelse af byen, æstetik samt rekreative- og erhvervsmæssige muligheder.

Det indledende afsnit 1 giver en overordnet kontekstualisering i forhold til klimaændringer og havspejlsstigning med betydning for danske kystbyer. Afsnit 2 består af et eksemplificerende snit i samtidens internationale tendenser med særligt fokus på USA. Dette følges af en analyse af typologier i 53 danske og internationale state-of-the-art projekter. Afsnit 3 beskriver havspejlsstigning og stormflodshændelser som to udfordringer der fordrer forskellige løsninger. Dette sættes i relation til IPCC's tre overordnede klimastrategier og opsættes i en oversigtsmatrix. Afsnit 4 præsenterer en gennemgang af matrixen hvor forskellige typologier gennemgås. Typologierne beskrives ud fra deres funktion, fysiske udformning samt styrker og svagheder set ud fra et arkitektonisk by- og landskabsmæssigt perspektiv. Afsnit 5 præsenterer en opsamling hvor der peges på tendenser og eksempler efterfuldt af en konklusion.

# **1. KONTEKSTUALISERING**

## 1.1 GLOBAL OPVARMNING, MERE VAND OG ØGET URBANISERING,

Med klimaændringerne følger global opvarmning og heraf afledt havvandstigning samt flere ekstremvejrshændelser (IPCC, 2014). Danmark forventes, udover havspejlsstigning, at opleve højere temperaturer, mere nedbør samt hyppigere og kraftigere ekstremhændelser som stormflod og skybrud (DMI, 2018; Naturstyrelsen and CRES, 2014). Globalt ses samtidig en øget urbanisering (UN, 2018a, 2018b), en tendens som også ses i Danmark (Christensen, 2017). Til trods for at selve hastigheden af urbanisering var større i begyndelsen af 1900-tallet, ses der en stigning af indbyggere i og omkring de større byer (Kaag Andersen et al., 2018). Øget urbanisering følges oftest af forseglede overflader og giver behov for overvejelser omkring omkring materialevalg og byggeskik. Hertil kommer overvejelser omkring tætheder, mobilitet, bymiljø, tryghed, adgang til grønne områder, æstetik og biodiversitet



Byudviklingen på Aarhus Havn repræsenterer almindelig by- og bygge praksis hvor nybyggeri ofte medfører en høj grad af tunge, impermeable materialer. Foto: Elizabeth Donovan 2016

## 1.2 HAVSPEJLSSTIGNING OG SYNKENDE BYER

Sideløbende med klimaændringer synker flere landområder hvilket i sig selv øger risici afledt af havspejlsstigning. Globalt set er der flere medvirkende faktorer til synkende byer, eksempelvis tømning af grundvandslommer, dræning af jordbund samt at byområder ofte er præget af forseglede overflader og tunge byggematerialer som beton og asfalt. Dette er almindeligt udbredte bymæssige praksisser der også er gældende i Danmark og som har haft kvaliteter i form af øget mobilitet og givet muligheder for placere bygninger og infrastruktur mere frit end tidligere i historien.

I Danmark har vi dog mange steder stigende grundvand og de synkende landområder skyldes især landsætning (Geodatastyrelsen, 2013; Klimatilpasning.dk, 2014) samt havnearealer anlagt på havbund. Eksempler på dette ses bla. i Aarhus, Vejle og Thyborøn, hvor sidstnævnte, ifølge Ingeniøren.dk 24. marts 2016, synker og derfor har behov for omkostningstung omlægning af kloakker. Med havspejlsstigning øges synkende byers risiko for oversvømmelse og dermed øges også behovet for at bygge f.eks. højere diger og pumpe mere vand væk. En udfordring som har økonomiske konsekvenser og direkte indflydelse på byens fysiske udformning og arkitektoniske kvaliteter.

Byggemodning og byggeri er omkostningsfuldt hvorfor der implicit ligger en lang tidshorizont i byudviklingen. De beslutninger vi tager nu har betydning for byens funktionalitet og kvalitet om 100 og 200 år. Tilsammen stiller klimaændringer og øget urbanisering spørgsmål ved hvordan vi forholder os til den eksisterende by samt byudvikler til fremtidens forhold med mere vand, for eksempel:

- Materialevalg og brug i byudviklingen (nybyg samt renovering af bygninger, veje og udearealer)
- Planlægning af udstykninger, udbygning af arealer mod vandet, plads til vandet
- Hvad skal beskyttes og hvem skal betale?
- Arkitektoniske bymæssige konsekvenser af større, fysiske beskyttelsesstrukturer



Eksempel på landsætning i Japan hvor ladens søjler er blevet eksponeret pga 1.2 mtr landsætning fra 1966-2004. Shintaku, Shiroishi town, Japan. Foto: Pekachu 2017, WikiCommons



I global sammenhæng er Jakarta den hurtigst synkende storby. Foto: Oversvømmet Jakarta, januar 2013, VOA, WikiCommons.

### 1.3 BYER VED VANDET OG OVERSVØMMELSESRISIKO

I de historiske danske kyst- og fjordbyer er oversvømmelsesrisiko ikke et nyt fænomen. Af samme grund er de ældste bymidter ofte placeret på højderygge og skrænter som beskyttelse mod havet. Med byernes udbygning, særligt fra 1950'erne og frem, er store dele af vores bebyggelser dog blevet placeret på mere lavtliggende områder. Samtidig er der i disse år pres på byudvikling af tidligere industriområder i havnene samt opfyldningsstrategier for nye bebyggelser i vandet.

Med havspejlsstigning og øgede stormflodshændelser udsættes kyst og fjordbyer dog for yderligere oversvømmelsesrisiko i et omfang der udfordrer tidligere tiders tilgange til kystbeskyttelse. I COWI's rapport fra 2017 (COWI, 2017), vises et eksempel på 'løsningsmuligheder for en konkret [kyst]by' (ibid, p. 55) (Fig.1.3.1). Ifølge dette eksempel vil det fra år 2015 være aktuelt med fysiske løsninger som diger. Fra år 2050-2100 vil diger og sluser i kote 2,5 mtr kunne være en løsning. Herefter forventes det at større sluseløsninger eller flytning af byen bliver nødvendig.

Både diger, sluser og flytning af en by har betydelige økonomiske omkostninger og ikke mindst konsekvenser for byens funktionalitet. Hertil kommer arkitektoniske implikationer, blandt andet i form af selve oplevelsen af at bo i en by semt bag et dige, at historiske bymidter kan være tvivlsomme at flytte.

Løsningsmulighederne er dog grundlæggende afhængige af hvilken type landskab som byen er indplaceret i. COWI har i samme rapport fra 2017 identificeret en række landskabstypologier for danske kystbyer hvor hver typologi vil fordr forskellige muligheder i forhold til stigende havspejl (figur 1.3.3).



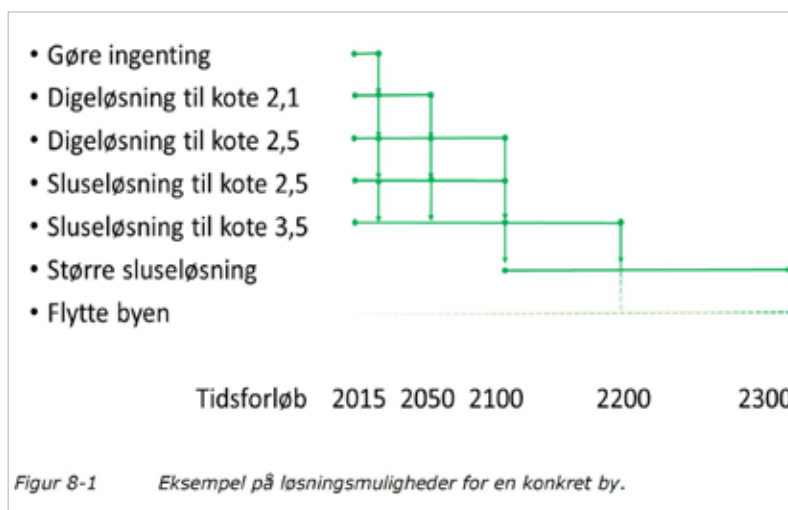
Kortudsnittene viser landskabstræk og indplacering af den historiske bymidte i Thyborøn og indikerer sammenfald byudvikling og oversvømmelsesrisiko. Kort, fra top og ned.

1: Kort fra slutningen af 1800-tallet angiver placering af Thistedes historiske bymidte i forhold til terræn, fjord og grønne kiler.

2: skærmkort Thisted 2016

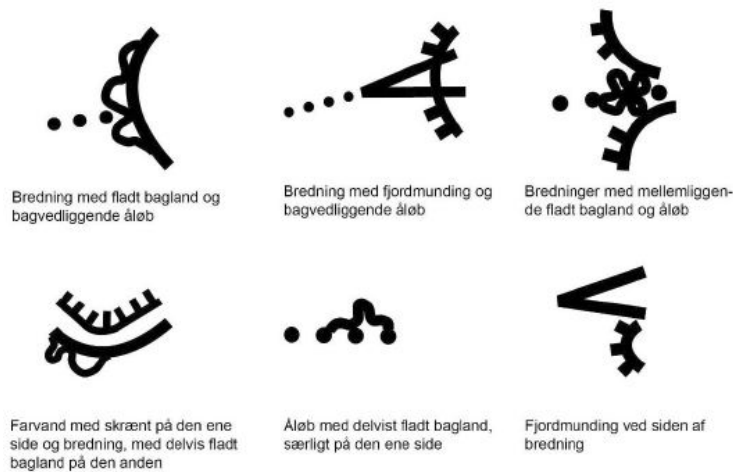
3: Skærmkort, Thisted 2016 med 3 mtr havspejlsstigning.

4: Godkendte lokalplaner, Thisted  
Kilde: Høje Målebordsblade, skærmkort, havspejlsstigning fra MiljøGIS, Lokalplan på kort fra Plandata. dk, alle fra SDFE, juni 2019

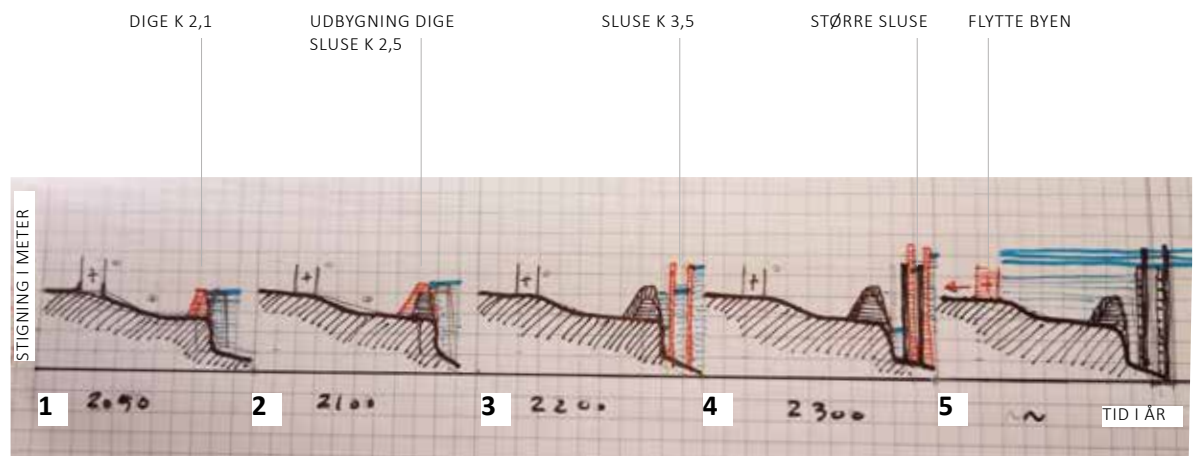


Figur 8-1 Eksempel på løsningsmuligheder for en konkret by.

Figur 1.3.1 Diagrammatisk eksempel på løsningsmuligheder over tid i 'en konkret by'. Kilde COWI 2017, side 55



Figur 1.3.3. Diagrammatiske eksempler på landskabstypologier danske kystbyer. Kilde: COWI 2017, side 34



Figur 1.3.2. Figuren omsætter COWI's diagram over behov for løsninger over tid (COWI 2017, p.55) til principsnit. Principsnittet viser de omtalte løsningsvalg for hændelser/ havspejlsstigning for hhv 2,1 mtr, 2,5 mtr, 3,5 mtr og højere. Den vandrette linje angiver tid. Rød angiver behov for udbygning af tiltag/nye tiltag over tid. 0-løsning, 'at gøre ingenting' er ikke medtaget.

- 1: dige til kote 2,1 m.
- 2: udbygning af dige til kote 2,5, mtr/alternativt sluseløsning.
- 3: sluseløsning til kote 3,5, dige overflødiggjort.
- 4: større sluseløsning
- 5: flytte byen.

Valget af løsninger må vurderes over et længere tidsperspektiv i forhold til funktion, fleksibilitet, økonomi og byoplevelse. Eksempelvis må valg af minimal løsninger i form af et (lavere) dige forventes at skulle om- eller udbygges over tid. Det samme er gældende for de større investeringer som f.eks. en sluse. I principsnittet er der ikke taget højde for landsætning (synkende byer), grundvandstigning eller ferskvand der bevæger sig ud mod havet fra baglandet. Dette har betydning for både fordele og ulemper som den valgte løsning måtte have. Hvert af tiltagene har samtidig arkitektoniske konsekvenser for hvordan byen opleves i mellemprioderne samt byens forbindelse til kysten og vandet. Ligeledes stiller løsningerne spørgsmål ved hvor løsningen 'slutter' og hvad der sker for bebyggelser, natur og landbrugsområder udenfor ldet beskyttede område.



## 1.4 KYSTBYER OG FLERE TYPER VAND

Kystlinjer er pr definition dynamiske og i praksis mere en zone end en linje, som påvirkes af både havspejlsniveau, stormflod, tidevand samt vind, bølger og strøm. Her er erosion<sup>1</sup> en grundlæggende faktor, både i form af et kontinuerligt pres fra kronisk erosion såvel som større, akut erosion ved hændelser. Klimaændringer øger omfanget af og risici ved erosionsdynamikker (DHI and Hasløv & Kjærsgaard, 2015, p. 5).

Når en kystby skal klimatilpasses til havspejlsstigning og stormflod handler valget af løsninger dog ikke udelukkende om overvejelser i forhold til havvand. Alle landområder er pr definition indskrevet i et vandopland der leder oplandets vand mod havet. Hertil kommer at de danske kystbyer i mange tilfælde er placeret ved en å-munding og/eller fjorde. Det betyder at kystsikring der dæmmer op for havvand fra den ene side kan blive problematiske i forhold til opstuvning af ferskvand fra oplandssiden. Grundvandstigning (klimatilpasning.dk) og landområder der synker (Geodatastyrelsen, 2013; Klimatilpasning.dk, 2014) øger yderligere risikoen ved havspejlsstigning. Eksempelvis forventes Thyborøn i år 2050 at være ca. 50 cm tættere ved havets niveau, primært grundet landsætning (Klimatilpasning.dk, 2014).

Tilsammen betyder regnvand, grundvand og havvand at vi skal håndtere en kompleks og dynamisk udfordring hvorved også selve kompleksiteten i valget af løsninger øges. Land og vand er forbundet, hvilket tydeliggøres når vandet mødes i bebyggede områder – i selve byen eller det omgivende opland og kystlandskab. Hver løsning vi vælger har direkte indflydelse på byen og landskabets fysiske rum og muligheder.

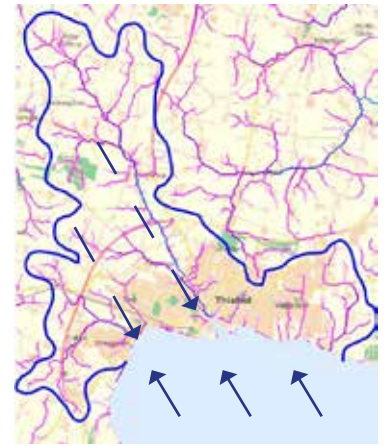


Fig. 1.4.1 Dobbelt pres på byen; vand fra baglandet – vand fra kystsiden. Kort over Thisted og strømningsveje med diagrammatisk angivelse af det nære vandopland. Kilde: Diagrammatisk angivelse af vandopland og vandets retninger med blå linjer: Wiberg.

Skærmkort og strømningsveje: SDFE maj 2019



Forsegling af spor pga opstigende grundvand. Foto: MTA Capital Construction Mega Projects, Creative Commons



Venstre: som maleriet af Camille Pissaro fra 1873 antyder, er oversvømmede marker ikke et nyt fænomen. Øget grundvand øger dog problemet. Ifølge Lars Hvidtfeld, viceformand i Landbrug & Fødevarer skal der ikke ret meget øget grundvand til, før man reducerer udbyttet med mellem 20-40 procent på en mark (Berlingske.dk 2018.01.08). Maleri Pissaro 1873: The Yorck Project (2002) 10.000 Meisterwerke der Malerei (DVD-ROM), distributed by DIRECTMEDIA Publishing GmbH. ISBN: 3936122202.

<sup>1</sup> Definition iflg Kystdirektoratet rapport (DHI and Hasløv & Kjærsgaard, 2015, p. 4): "Erosion er når strømme og bølger fjerner mere sand fra et givent område end der tilføres"

## **2. TENDENSER**

## 2.1 EKSEMPLER PÅ HISTORISKE TYPOLOGIER

At beskytte kystlinjer på udvalgte områder går langt tilbage i historien. Holland er her et kendt eksempel på udvikling af teknologier til landvinding og inddæmning af landområder og har igennem historien eksporteret denne viden. Siden det 9. århundrede har Holland benyttet sig af både lokale og kollektive strategier for at opnå landindvinding og for at undgå oversvømmelse (VanKoningsveld et al., 2008). Hollands historiske erfaring indenfor udvikling af teknologier og strategier til at kontrollere vand er dog også et eksempel på, hvordan løsninger der er tiltænkt at styrke og beskytte menneskelige interesser samtidig kan skabe negative afledte effekter. F.eks. er Hollands i forvejen lavtliggende jorde sunket pga. de selvsamme pumper og drækanaler der holdt vandet ude. Des mere dræning, des større landsenkning, des større risiko for oversvømmelse, des større behov for dræning, diger og pumper eller nye tiltag (VanKoningsveld et al., 2008, p. 372). Ydermere, har sådanne tiltag igennem tiden haft konsekvenser for dyre- og plantelivet hvilket blandet andet har ført til et fokus på at skabe 'levende' kystlinjer (living shorelines) hvor andre end mennesket er prioriteret (Nordstrom, 2014; O'Donnell et al., 2017).

En væsentlig historisk erfaring er, at når der beskyttes ét sted – så har det ofte afledte effekter andetsteds (Nordstrom, 2014; O'Donnell, 2017). Det vil sige at lokale tiltag ofte har konsekvenser for et større område end de steder de umiddelbart skal sikre. Eksempelvis er høfder en almindeligt brugt løsning mod erosion. Høfderne påvirker strøm og bølger lokalt således at der 'fjernes' materiale på den ene side og aflejres materiale på den anden side og/eller længere nede af kysten.

I en dansk sammenhæng er det undersøgt hvordan lokale, ofte privatfinansierede, tiltag risikerer at blot at flytte problemer med erosion til andre områder. Ifølge en rapport fra Kystdirektoratet fra 2015 spildes der angiveligt milliarder af kroner på ukoordineret kystbeskyttelse som f.eks. lokale høfder (DHI and Hasløv & Kjærsgaard, 2015; Ingeniøren, 2016). Når ukoordinerede tiltag betragtes ud fra et samfundsøkonomisk synspunkt spildes der i Danmark væsentlige investeringer ved sådanne rent lokale tiltag som giver afledte negative konsekvenser andetsteds.



Øverst: Historiske metoder til lokalt at undgå oversvømmelse på landsby og bygningsniveau er det sønderjyske 'værft' og de hollandske 'terp mounds' som dette foto fra Ezinge Kirke, Groningen, i Holland. Foto: Ruben Binnendijk, 2012, Wikimedia, Creative Commons. Nederst: Drænings vindmøller ved Polder Kinderdijk, Holland, står nu som Unesco kulturarv. Foto: Tarod, Wikimedia, Creative Commons.



Høfdegrupper er et udbredt tiltag, her i Rumænien. Foto: Alexandru Panoiu, 2016, Wikimedia, Creative Commons.

## 2.2 UDVIKLING AF NYE BEGREBER OG TYPOLOGIER

*"after a thousand years of adaptation and another thousand years of protection strategies, the Netherlands adopted a more integrated approach"* (VanKoningsveld et al., 2008, p. 374)

I nyere klimatilpasningsprojekter for kystbyområder i bl.a. i USA og Holland, ses der en ændring fra at vælge ensidige beskyttelsesstrategier, som f.eks. diger, henimod kombinerede løsninger der gør brug af bl.a. barriere-øer, marsk, strandenge og rev. Her er fokus på at tilgodese en bred palette af værdier som biodiversitet, naturoplevelser og krekreation igennem kombinationer af naturbaserede løsninger og en retænkning af traditionelle løsninger i form af f.eks. multifunktionelle diger der integreres i byens strukturer. Grunde til dette kan bl.a. ses i reviews og studier foretaget af Hill, Beatley, Sutton-Griers og VanKoningsveld som peger på de negative afledte konsekvenser af statiske konstruktioner (hard engineering) som diger og dæmninger samt nødvendigheden af at udvikle hybride løsninger hvor naturlige processer (soft engineering) indgår i et større, fælles løsningsrum (Beatley, 2018, 2014; Gascon et al., 2017; Grigg, 2019; Nordstrom, 2014; O'Donnell, 2017; Powell et al., 2019; Sutton-Grier et al., 2015; VanKoningsveld et al., 2008). Kombinerede løsningsrum er i denne sammenhæng tiltænkt at gå udover helt lokale overvejelser og som en strategisk tilgang hvor beskyttelse, tilpasning og tilbagetrækning supplerer hinanden (se afsnit 3.3). Her er de såkaldte, 'no regret' strategier også i udvikling (Beatley, 2018, p. 17; Martin, 2012). No-regret strategier er strategier hvor løsningerne i sig selv bidrager til at skabe andre værdier end at holde vandet ude (Grigg, 2019, p. 182; Chini et al., 2017; Sutton-Grier et al., 2015), eksempelvis biodiversitet og livability.

Udviklingen indenfor kombinerede løsningsrum med fokus på naturbaserede processer bruger gerne begreber som 'coastal green infrastructure, coastal blue infrastructure, hybrid shoreline protection, living shorelines. De relateres ofte til ecosystem services og samles gerne under paraply-betegnelsen resiliens (se beskrivelser af resiliens i baseline fra KU).



*"Living shoreline" projekt med en længde på 6,4 km, iværksat efter Superstormen Sandy. Projektet har til formål at stabilisere en sårbar kystlinje og beskytte en højvandsmarsk, undersøisk vegetation og muslingebanker ved Glenn Martin National Wildlife Refuge, Maryland. Foto: <http://www.fws.gov/hurricane/sandy/projects/FogPoint.html> U. S. Fish and Wildlife Service - Northeast Region, <https://www.flickr.com/photos/usfwsnortheast/27887909391/>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51833188>*

## 2.3 FRA MONO-TIL KOMBINEREREDE LØSNINGER

Internationalt udvikles der i disse år storstilede, kombinerede kystsikringsprojekter som Hollandske 'Room for the River'<sup>1</sup> og det nordamerikanske Rebuild by Design<sup>2</sup> initiativ.

Rebuild by Design repræsenterer en non-profit, tværsektoriel tilgang (fra stat, by, borgere, erhvervsliv, mv) initieret af bl.a. U.S. Department of Housing and Urban Development (HUD) og filantropiske organisationer i kølvandet på Superstorm Sandy. Rebuild by Design konkurrencen 'Superstorm Sandy Design Competition' for områder i og omkring New York udmøntedes i projekter som bl.a. The BIG U, The Blue Dunes, Resilience + The Beach samt Living Breakwaters. Herefter blev Resilient by Design iværksat med The Bay Area Challenge der gav projekter som South Bay Sponge, Estuary Commons, Resilient South City samt ouR Home. Begge konkurrencer repræsenterer forslag fra højtprofilerede teams i tværfaglige konstellationer og inddragelse af borgere og organisationer. En, af flere, fællesnævner for projekterne er, at de tager afsæt i at skabe en resilient by. Denne tendens ses videre i projekter som eksempelvis New Urban Ground af Dland Studio, Resilient New Orleans i Mississippi samt Resilient Boston Harbor af SCAPE Studio.

Som projektnavnene også angiver, er strategierne bygget op omkring resiliens og infrastruktur der integrerer naturlige processer. Her anvendes hard engineering i spil med konstruerede naturlige processer i form af eksempelvis barriere-øer og vådområder. Projekterne italesættes igennem begreber som Design with Nature, Resilient by Design, Coastal Green Infrastructure og Living Shorelines hvilket umiddelbart svarer udviklingen som nævnt i reviews på forrige side. I projekterne refererer begreberne til en tilgang med kombinerede løsningsrum der sigter mod at skabe fleksible, multifunktionelle, robuste løsninger der kan adressere flere typer af værdier, eksempelvis biodiversitet, livability, inddragelse af borgere og erhvervsliv og de fremstår alle som at prioritere stemning, æstetik og arkitektonisk kvalitet højt. Projekterne viser samtidig en vis grad af accept af, at vandet er en del af byen hvor oversvømmelse nogle steder kan accepteres. Dette står i modsætning til tidligere tiders tilgang med skarp adskillelse mellem land og vand.

Projektet angiver dog ikke umiddelbart hvor projekterne stopper, hvilke områder der ikke beskyttes, byens nuværende topografi og hvordan de udvikles over tid hvis f.eks. processen går i stå. For præcist at afkode hvilke elementer der indgår, og hvad de beskytter imod, ville det kræve et nærmere studie. Yderligere repræsenterer disse projekter større byområder med store økonomiske interesser der skal beskyttes. I Danmark vil skalaen og det økonomiske råderum formentlig være anderledes for størstedelen af landets kystbyer hvorfor det er tilgangen og mulighederne indenfor (nye) kombinerede løsningsrum der kan overføres til at udvikle løsninger i en dansk kontekst af kystbyer.



Visualiseringerne har fokus på stemning og det sanselige hvor byens sammenhænge med vandet illustreres som dynamiske blå-grønne zoner.

Oppefra og ned 1-5:

Visualiseringer fra Hurricane Sandy Design Competition, Rebuild by Design:

1) BLUE DUNES – THE FUTURE OF COASTAL PROTECTION, Image Credit: WXY/West 8/ Rebuild by Design

2) NYC: The Big U. Image Credit: The BIG TEAM/ Rebuild by Design

Visualiseringer fra Bay Area Challenge, Resilient by Design:

3) ouR HOME, Bay Area Challenge. Image Credit: ouR Home/Mithun Home Team / Resilient by Design

4-5) South Bay Sponge. Image Credit: South Bay Sponge/ The Field Operations Team/ Resilient by Design

1 <https://www.ruimtevoorderivier.nl/english>

2 <http://www.rebuildbydesign.org/about#comp456> [www.rebuildbydesign.org](http://www.rebuildbydesign.org)

## 2.4 FRA KANT TIL ZONE

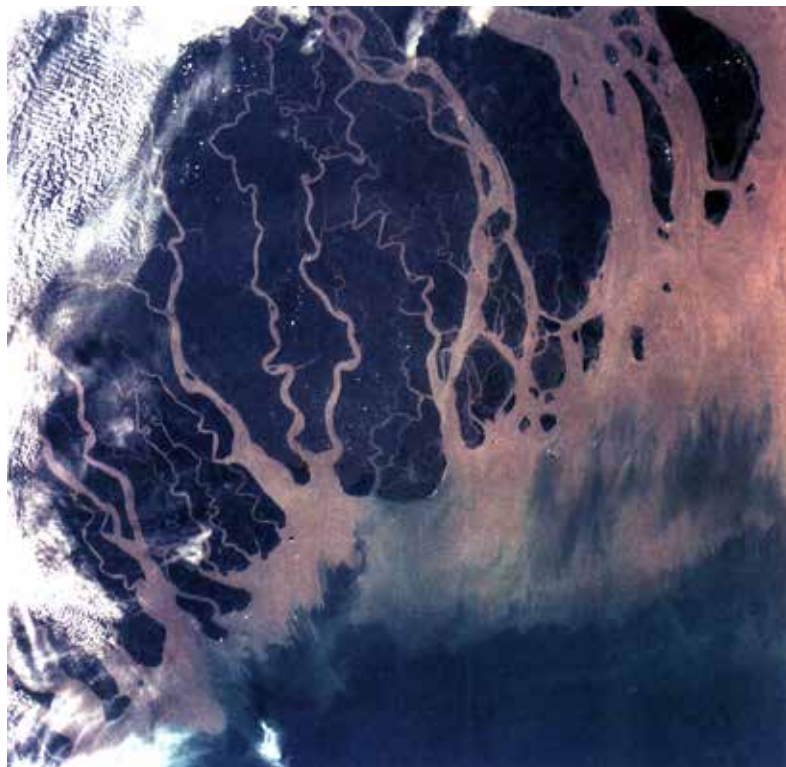
De nævnte projekter/konkurrencer fra nordamerika (afsnit 2.3) adresserer alle kystbyer, byudvikling, stormflod og havspejlsstigning. Ved at sammenholde visualiseringer og temaer fra disse projekter tegner der sig en række fællesnævner i tilgangen. Baseret på en visuel sammenligning af 18 projekter (hhv. ni projekter<sup>1</sup> i Resilient by Design Bay Area Challenge, syv projekter i regi af Rebuild by Design<sup>2</sup> Hurricane Sandy Design Competition samt Resilient Boston Harbor<sup>3</sup> og New Urban Ground New York<sup>4</sup>) angiver 14 af disse et relativt bredt areal der forbinder byen og havet og yderligere to projekter arbejder med en gradueret tilgang. Her er området mellem land og vand vist som en attraktiv dynamisk zone, fremfor en kyst/*linje* og den ellers skarpe by- og industrikant mellem land og vand er erstattet af en bred zone der integrerer kategorierne beskyttelse og tilpasning (se afsnit 3.3 og 4.5) igennem brug af forskellige typologier. Samtidig viser projekterne tydelige blå-grønne strukturer der løber igennem byen og ud mod havet. Dette illustrerer hvordan samspillet mellem oplandets vand og havet, spiller en grundlæggende rolle i projekternes mål om resilient byudvikling. Denne tilgang lægger i sit princip op af naturlige processer hvor mødet mellem vand og land er en dynamisk zone og hvor vandet er forbundet med oplandets vand.

1 South Bay Sponge (Field Operations Team), Estuary Commons (ABC), The Grand Bayway (Common Ground), ouR-Home (Home Team), Islais Hyper-Creek (BIG+ONE+Sherwood), Unlock Alameda Creek (Public Sediment), Elevate San Rafael (Bionic), Connect and Collect (Hassell+), Islais Hyper-Creek (BIG+ONE+Sherwood), <http://www.resilientbayarea.org/>

2 De syv projekter som er gået videre: NYC: The BIG U, NYC: Hunts Point Lifelines, NJ: Hudson River Project: Resist, Delay, Store, Discharge, NJ: Meadowlands, CT: Resilient Bridgeport, NY: Living Breakwaters, NY: Living with the Bay.

3 <https://www.boston.gov/departments/environment/resilient-boston-harbor>, projekt af SCAPE Studio

4 <https://dlandstudio.com/A-New-Urban-Ground>



Luftfoto over Ganges floddelta, Bangladesh, Indien viser i sig selv relationen mellem land og vand som en dynamisk zone der strækker sig ind i baglandet.  
Foto: NASA.gov 1994



**FRA KANT TIL ZONE EKSEMPLER**  
 Diagramatisering af hvordan visualiseringer fra Rebuild by Design's Hurricane Sandy Design Competition og Resilient by Design Bay Area Challenge tager afsæt i en bred, dynamisk zone mellem byen og havet og som yderligere er sammenbundet af blå-grønne infrastrukturer ind igennem byen mod baglandet.  
 De diagrammatiske hvide stiplede linjer og pile er indsat efterfølgende og ikke en del af de oprindelige visualiseringer.

Oppefra og ned 1-3:  
 1) Projekt New Urban Ground, New York, plan af DLAND MOMA  
 2) ouR HOME, Bay Area Challenge. Image Credit: ouR Home/Mithun Home Team / Resilient by Design  
 3-4) South Bay Sponge, Bay Area Challenge. Image Credit: South Bay Sponge/ The Field Operations Team/Resilient by Design

## 2.5 IDENTIFIKATION AF LØSNINGSRUM

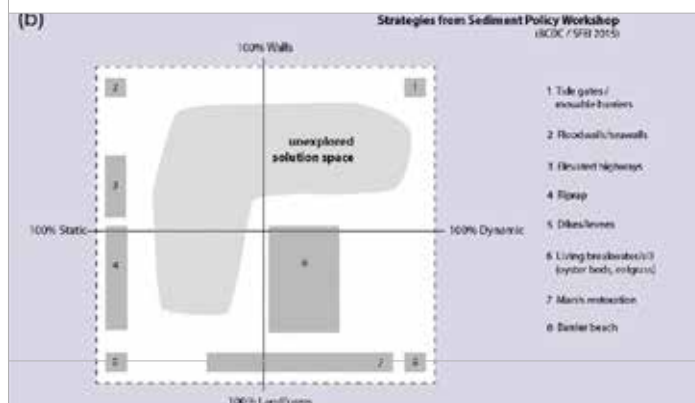
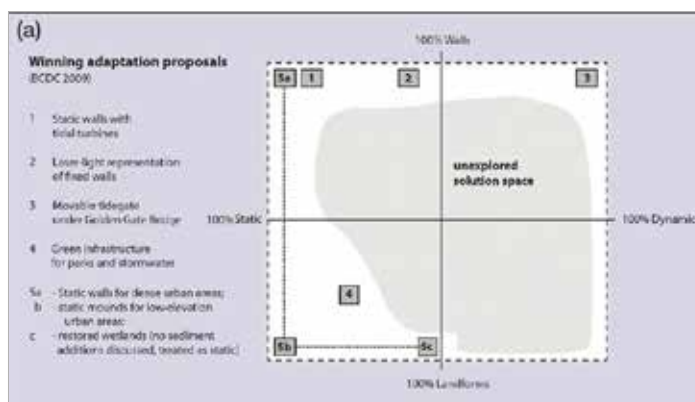
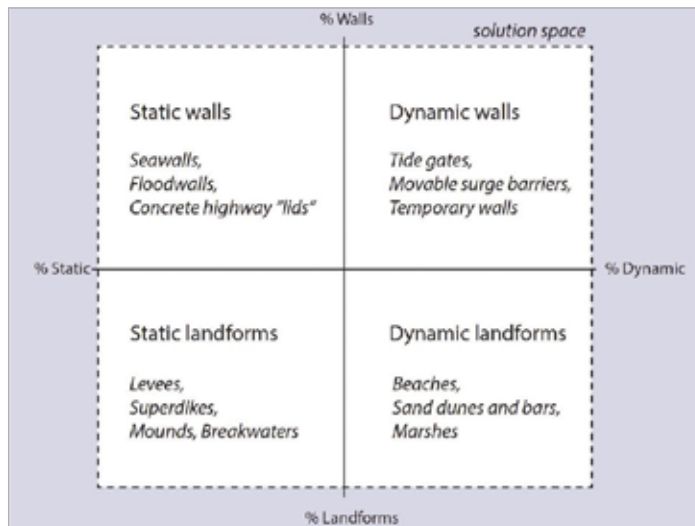
Kristina Hill fra Berkeley University, har udviklet en matrix over fremtrædende typologier indenfor 'coastal infrastructure' (Hill, 2015) med udgangspunkt i den nyere udvikling indenfor kystbeskyttelse hvor kombinerede strategier og løsningsrum afsøges (se afsnit 2.2-4 og 5.1). Formålet med matricen er, at kunne danne sig et overblik over de valgte typologier i et givent projekt og derigennem pege på hvorvidt der kan være oversete løsningsrum og potentialer. Hill's matrix giver mulighed for at anskueliggøre hvilke del-elementer der bruges i et samlet løsningsrum hvor synliggørelse af typologier kan være befordrende til at kvalificere inddragelses- og beslutningsprocesser, særligt med fokus på at identificere u-udforskede eller oversete potentialer i løsningsrummet.

Matricen etablerer fire overordnede typologier som hver især kan indeholde en række undertypologier (Se yderligere beskrivelser af typologier i afsnit 4.1-5). I matricens firedeling skelnes der vertikalt mellem 'mur' (f.eks. en seawall) og 'terrænform' (f.eks. et dige). Horisontalt skelnes der mellem hvorvidt et tiltag statisk (f.eks. en super levee) eller dynamisk (f.eks. en sluse).

Hill eksemplificerer matricen igennem et projekt hvor fordelingen i matricen visualiserer et samlet billede af det valgte løsningsrum. I hvert af de fire felter er hver enkelt typologi i projektet angivet. Markeringen er i eksemplet udformet så den angiver det relative antal meter kystbeskyttelse som typologien bidrager med i det samlede projekt. Matricen kan dog bruges på flere forskellige måder. Eksempelvis ved at etablere en tvillinge-matrix hvor den ene angiver meter af kystbeskyttelse pr typologi og den anden matrix angiver typologiernes relative økonomiske omkostninger eller forventede levetid.

I det følgende bruger vi Hills matrix til at give et overblik over hvilke typologier der kan identificeres i en række state-of-the-art projekter. I afsnit 4 Typologi Matrix, bruger vi Hills distinktioner mellem *statiske* og *dynamiske* tiltag samt opdelingen mellem *mur* og *terrænform* i nogle af typologi beskrivelserne for at synliggøre muligheder og konsekvenser af forskellige typologier i relation til arkitektoniske og bymæssige overvejelser.





Hill baserer sin matrix på en opdeling mellem rumlige typologier, hhv. 'Landforms and Walls' samt 'dynamic' og 'fixed' og illustrerer brugen vha et projekt med et kombineret løsningsrum.

Top: Hills matrix med 4-delning  
 Midte, nederst: eksempler på matrix med visualisering af projektypologier som identifikation af 'u-udforskede' potentialer i løsningsrummet.

Kilde: Hill, K., 2015. 'Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise', side 472 og 474. Matrix er gengivet by courtesy af Kristina Hill.

## 2.6 TYPOLOGIER I 53 STATE-OF-THE-ART PROJEKTER

### Formål

I det følgende bruges Hill's matrix (Hill, 2015), beskrevet i afsnit 2.4, til at etablere en oversigt over benyttede typologier i 53 state-of-the-art kystbeskyttelsesprojekter. Med typologier<sup>1</sup> menes i denne sammenhæng deres rumlige og fysiske udformning. Formålet med at bruge Hill's matrix er, at give en visuel afkodning af almindeligt forekommende, eventuelt udbredte, typologier i state-of-the-art kystbeskyttelsesprojekter for derved at kunne diskutere tendenser og eventuelt oversete løsningsrum, f.eks. grundet 'business as usual'. Udvalget af projekter og information om typologierne er baseret på rapporten 'Coastal protection technologies in a Danish context' (Faragó et al. 2018, 65–89). Udgangspunkter og metode er beskrevet nedenfor, herefter gennemgås de resulterende matrixer.

### Udgangspunkt og metode

#### *53 State-of-the-art projekter*

Der tages udgangspunkt i de 30 danske og 23 internationale state-of-the-art projekter der er udpeget i rapporten 'Coastal protection technologies in a Danish context' (Faragó et al. 2018, 65–89) i hhv Appendix A 'A State of the art of coastal protections technologies in a Danish context' (ibid, 65-76) samt Appendix B 'A State of the art of coastal protections technologies in an international context' (ibid, 77-84). Idet at det oprindelige materiale har haft til formål at udpege State-of-the-Art projekter og ikke specifikt typologier, er det ikke alle typologier som fremgår direkte aflæseligt i Appendix A og B. Materialet er derfor delvist suppleret med en helt overordnet screening for typologier via internetsøgninger<sup>2</sup>.

I de samlede 53 danske og internationale state-of-the-art projekter (fra nu benævnt SOTA-projekter eller cases), er der kunnet identificeres 123 typologier hvoraf 113 kunne indgå i Hill's matrix. en del af de 53 STA-projekter indeholder flere typologier, eksempelvis dige og sluse. Samtidig indgår flere af de 53 cases med underkategorier i form af forskellige projekter. Eksempelvis indgår Case nr.24. Odense med tre underprojekter, hhv. Stige Ø, Seden Strandby og Færgevej. I cases med flere underprojekter indgår hver underprojekt selvstændigt med tilhørende typologier idet at nærværende gennemgang har til formål at give et overblik over hvilke typologier, der er udbredte.

#### *Tildeling af case- og typologinumre*

Hver case er tildelt et nummer i kronologisk rækkefølge ud fra deres optræden i hhv. Appendix A og B fra 'Coastal protection technologies in a Danish context' (Faragó et al. 2018, 65–89) (fra nu benævnt CPT2018). Cases forbliver opdelt mellem danske og internationale projekter og er navngivet dansk Case 1, 2,

<sup>1</sup> Denne oversigt har til formål at visualisere typologier. Det er derfor valgt at elementet pumpestation ikke indgår i dette arbejde af to årsager; (1) dets rumlige implikationer er uklare i en typologi sammenhæng, (2) elementet indgår sandsynligvis i væsentligt flere cases end angivet i Appendix A og B.

<sup>2</sup> De steder hvor der har manglet information om en case, er denne søgt via google søgninger på dokumenter, luftfotos, mv

3, osv samt international Case 1, 2,3, osv. Til hvert casenummer tildeles et bogstav der refererer til hver af de typologier der er identificeret i casen. Eksempelvis 1a, 1b, 2a, 2b, osv. Idet at der i nogle cases figurerer underprojekter, nummereres disse ligeledes. Eksempelvis: 1.1a, 1.1b, 1.2a, 1.2b, osv. På baggrund af dette er en dansk og en international oversigtsliste etableret med angivelse af hver enkelt case og dets typologier. Disse kan ses mere detaljeret i appendix a1 (danske cases) og b1 (internationale cases) bagerst i dette dokument. Følgende informationer og inddelinger fra det oprindelige Appendix A og B i CPT2018 er bibeholdt:

a) Opdeling mellem danske og internationale projekter

b) Inddeling i hhv *Historical*, *Recent* samt *Pipeline* projekter. *Historical* og *Recent* er ikke defineret specifikt i forhold til årstal eller alder. *Pipeline* projekter er i deres tidlige eller sågar visionsfaser

c) "Problem" er information om projektets formål. Det vil sige om projektet er rettet mod havspejlsstigning, stormflod, erosion, regulering af vandniveau og navigation, højvande og/eller regnvand.

#### *State-of-the-Art og Hill's matrix*

I det følgende indsættes de 53 cases fra CPT2018 (Faragó et al. 2018, 65–89) i Hill's matrix (Hill, K., 2015). Som nævnt i 2.4 angiver Hill hver typologi igennem dets antal meter der kystbeskyttelse. I CPT2018 rapporten fremgår typologiernes antal meter kystbeskyttelse ikke. I denne her sammenhæng, bruges de 53 STA-projekter til at give en oversigtlig indikation af tendenser indenfor state-of-the-art og deres typologier i hhv en dansk og international kontekst. Matricerne på de kommende sider er baseret på appendix a1 og b1 og detaljer om nummerering, indplacering af cases og typologier kan ses i appendix a2 og b2.

### **Oversigtsliste**

#### *53 State-of-the-art projekter og deres primære formål*

Skemaerne til højre viser en oversigt<sup>3</sup> over det primære formål<sup>4</sup> med 30 danske og 23 internationale state-of-the-art projekter. Formål, eller problem, er inddelt i hhv. sea level rise, storm surge, high tide, erosion, land reclamation, regulating water levels and navigation, cloudburst<sup>5</sup>.

#### *Kompleksiteten i problem og løsninger øges*

Oversigten afspejler at formålet med de historiske projekter fortrinsvist var at mindske skadesomfang ved stormflod. Hertil kom problemer som erosion, ekstrem højvande, mv. I de nylige (recent) projekter er havspejlsstigning ved at være repræsenteret i næsten lige så høj grad som stormflod og otte ud af de ni danske pipeline-projekter er relateret til *både* stormflod og havspejlsstigning.

3 Oversigterne kan ses større i appendix a3, b3 i dette notat

4 Benævnt 'problem' i Appendix A og B, CPT2018

5 I det oprindelige materiale indgår også en kategori for intense rainfall som i denne oversigt er indsat under 'cloudburst and others'. Yderligere optrådte 'recreation' som kategori (DK Case16), hvilket her er udeladt idet rekreation næppe kan betragtes som et problem)

Ifølge oversigten ser det helt overordnet ud til at 'problem' (formål) i dansk og international sammenhæng følges ad op igennem tiden. Dog angiver de danske cases flere formål end de internationale, dette kan dog skyldes at disse cases er mere uddybede i den oprindelige rapport fra Farago et al. At formålet med kystbeskyttelsestiltag har ændret sig til også at indebære havspejlsstigning øger kompleksiteten når der skal vælges tiltag. Dette lægger sig i tråd med de tidligere beskrevne tendenser henimod kombinerede løsninger (afsnit 2.2-3). En dæmning kan i sagens natur både beskytte både mod stormflod og havspejlsstigning, dog med det forbehold at des mere havet stiger, des kraftigere stormfloder, des større behov for højde, des større etableringsomkostninger og konsekvenser for selve det at bo i kystbyen. Ud fra disse betragtninger kommer de kombinerede løsninger ind i billedet. Det vil sige hvor stormflod ikke nødvendigvis holdes decideret ude vha en 'mur' typologi (Hill), men derimod afbødes vha nye naturbaserede typologier og hvor havspejlsstigning håndteres vha supplerende typologier som f.eks. seawalls, diger og tilbagetrækning.

#### *Mono- eller multifunktionalitet*

Et enkelt pipeline-projekt (international case 18) springer dog i øjnene for ikke at adressere havvandstigning: The MOSE Project ved Venedig. I betragtning af projektets omfang (fysisk størrelse, økonomiske omkostninger og lang byggeperiode) kan MOSE fremstå som et projekt der ikke er fulgt med tidens behov for at være rettet mod flere typer udfordringer.

Selvom det er et enkeltstående projekt, eksemplificerer det hvordan selv storstilede projekter kan overhales af udviklingen (her klimæændringer med en høj grad af usikkerhed) samt at store investeringer og projekter med lange tidsperspektiver afføder behov for en stillingtagen til et projekts fleksibilitet og udvikling over tid. I form af sin monofunktionalitet skiller The MOSE Project sig på den vis ud i sammenligning med de andre internationale pipeline projekter.

#### *Oplandsvand og byudvikling*

I oversigten fremgår regnvand kun i fem ud af 53 projekter. Dette kan dog skyldes at dette 'problem' ikke har været fokus for beskrivelsen og udvælgelsen af SOTA-cases i Appendix A og B, CPT2018. Som en generel kommentar skal det dog tilføjes at tiltag rettet imod havvandstigning og stormflod som udgangspunkt også er under indflydelse af oplandsvand samt grundvand. Det vil sige at kompleksiteten i projekterne er større en oversigten her umiddelbar antyder. En væsentlig del af matricens typologier er, af samme grund, afhængige af pumper. Til dette kommer, at de historiske cases har haft andre præmisser i form af mindre bebyggede og forseglede arealer end vi har i samtiden, og heraf mindre, eller ihvertfald andre, problemer omkring at have plads til vand fra oplandet. Byudviklingen og vores materialebrug er på denne vis medvirkende til en øget kompleksitet og udbygget problemstilling i forhold til oplandsvand og behov for pumper.

DENMARK case number	sea level rise	storm surge	high tide	erosion	land reclam.	reg. water level, navigation	cloudburst, others
01 historical		X		X			
02 historical		X					
03 historical		X					
04 historical		X					
05 historical		X					
06 historical						X	
07 historical				X			
08 historical		X	X				
09 historical					X		
10 historical							X
11 historical		X					
12 recent				X			
13 recent	X	X					
14 recent	X	X					
15 recent		X		X			
16 recent	X	X					X
17 recent	X	X					
18 recent	X	X					X
19 recent	X	X					
20 recent	X	X					
21 recent	X	X					
22 recent		X					
23 pipeline	X	X					
24 pipeline	X	X					
25 pipeline	X	X					
26 pipeline	X	X					
27 pipeline	X	X					
28 pipeline	X	X					
29 pipeline	X	X					
30 pipeline				X			

## Oversigt

30 danske State-of-the-art cases og deres formål (problem)

INTERNATIONAL case number	sea level rise	storm surge	high tide	erosion	land reclam.	reg. water level, navigation	cloudburst, others
01 historical		X					
02 historical		X					
03 historical		X					
04 historical		X					
05 historical		X					
06 historical		X					
07 recent		X					
08 recent		X					
09 recent		X					
10 recent		X					
11 recent							X
12 recent	X	X					
13 recent	X						
14 recent		X					
15 recent		X					
16 recent	X	X					
17 recent	X	X					
18 pipeline		X					
19 pipeline							X
20 pipeline		X					
21 pipeline		X					
22 pipeline	X	X					
23 pipeline	X	X					

## Oversigt

23 internationale State-of-the-art cases og deres formål (problem)

*Oversigtslisterne er baseret på en direkte optælling af de 53 cases i Appendix A og B i 'Coastal protection technologies in a Danish context' Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018).*

*Øverste oversigt: de 30 danske cases i Appendix A, CPT2018. Se eventuelt appendix a1 bagerst i dette dokument.*

*Nederste oversigt: de 23 internationale i Appendix B., CPT2018 Se eventuelt appendix b1 bagerst i dette dokument.*

## Typologier fra 30 danske og 23 internationale state-of-the-art kystbeskyttelsesprojekter indsat i Hill's matrix

Matricerne til højre er, som beskrevet i udgangspunkt og metode, etableret på baggrund af Hills matrix (Hill, 2015) og typologierne er identificeret på baggrund af Appendix A og B i 'Coastal protection technologies in a Danish context' (Farago et al, 2018). De identificerede typologier er inddelt efter Hills distinktion mellem 'mur' og 'terrænform' samt opdeling mellem statiske og dynamiske tiltag. For oversigtlighedens skyld er statiske typologier markeret med et kvadrat og dynamiske med en cirkel. Matricerne er baseret på en overordnet identificering af hvilke typologier der bruges i hver enkelt case<sup>1</sup> og skal derfor betragtes som oversigtlige.

### *Fordeling mellem typologier*

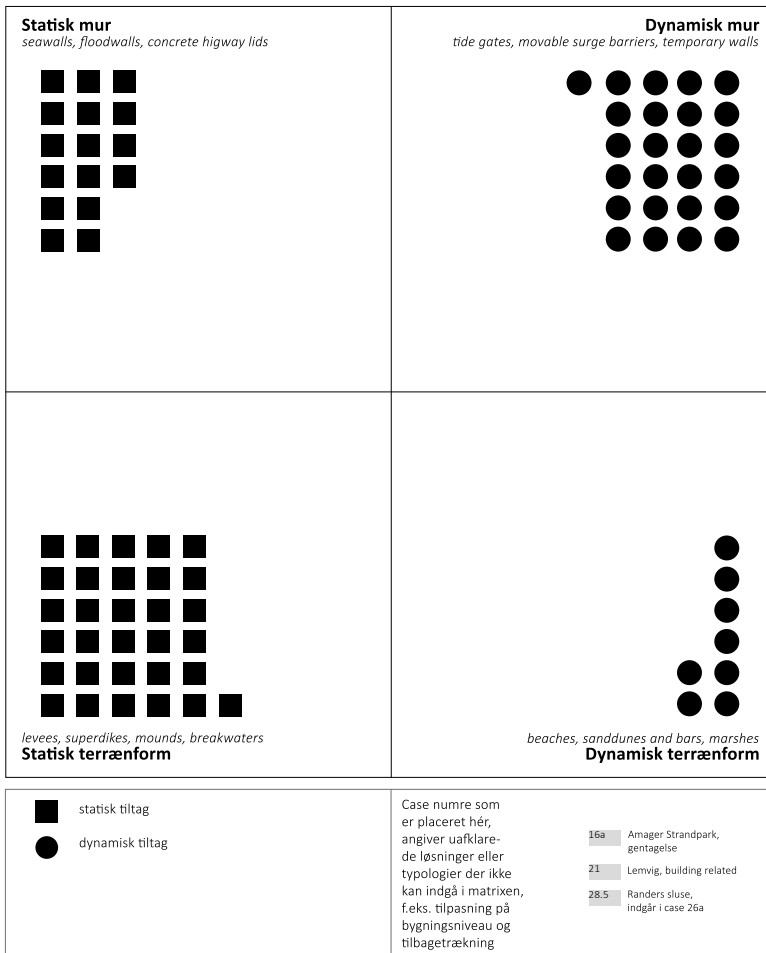
I de 30 danske cases blev der fundet 83 typologier, hvoraf 80 indskrev sig i matricen. I de 23 internationale projekter blev der fundet 41 typologier hvoraf 33 indskrev sig i matricen. Forskellen på antallet af typologier skyldes flere ting, (a) der er flere danske cases, (b) flere af de danske cases indeholdt flere cases<sup>2</sup>, (c) de danske cases indeholder mere information om typologier. Overordnet afspejler de danske cases hvordan at de statiske typologier som diger og dæmninger er udbredte og velkendte tiltag og at fordelingen mellem 'mur' og 'terrænform' typologier er ligelig. Internationalt er mur typologierne ligeledes almindeligt udbredte. Det kunne fremstå som om at terrænform ikke repræsenteres i lige så høj grad internationalt. Med den historiske og teknologiske udvikling in mente, herunder de hollandske poldere, må dette dog snarere skyldes repræsentationen i de internationale state-of-the-art cases.

### *Typologier på bygningsniveau og tilbagetrækning*

I matricerne er tilpasning på bygningsniveau ikke indsat. Disse kunne, med lidt god vilje, høre under mur-typologien, dog adskiller denne case kategori sig væsentligt fra de andre SOTA-projekter idet at de repræsenterer helt lokale tiltag hvori mod størstedelen af cases beskæftiger sig med tiltag i en større skala med væsentlige implikationer på by- og landskabsniveau. Det er yderligere værd at bemærke at tilbagetrækning ikke er egnet til denne type matrix og derfor er hensat til boksen under matrix. Dette peger implicit på hvordan det generelt er sværere at diskutere tilbagetrækning på grund af dens mangel på en egentlig fysisk form. Hertil kommer, at tilbagetrækning adskiller sig væsentligt fra de andre historisk velkendte tiltag. Historisk set er tilbagetrækninger ofte kendt som disaster-driven tilbagetrækninger. hvorimod det som indgår i de internationale pipeline projekter er planlagt tilbagetrækning (se afsnit 4.4).

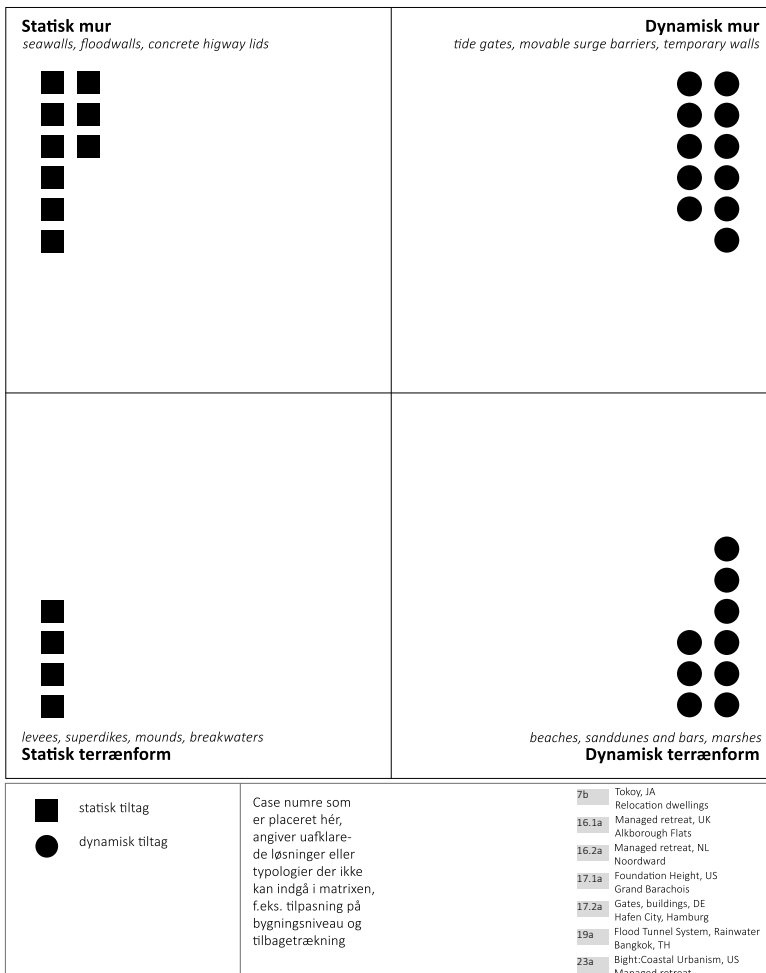
<sup>1</sup> Angivelse af navn, sted og typologier for hver case kan ses i appendix a1, og b1. Matrixer med angivelse af case- og typologi numre kan ses i appendix a2 og a3

<sup>2</sup> Eksempelvis repræsenterer case 24 Odense tre projekter og case 28, planlagte sluser i Danmark, ni projekter



## Danmark

30 danske State-of-the-art kystbeskyttelsesprojekter og deres typologier indsat i Hills matrix



## Internationalt

23 internationale State-of-the-art kystbeskyttelsesprojekter og deres typologier indsat i Hills matrix

*Matrixens opbygning er baseret på Hills matrix i 'Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise', 2015.*

*Begge matrixer er baseret på en afkodning af typologier i hhv 30 danske og 23 internationale cases i hhv Appendix A og B, 'Coastal protection technologies in a Danish context' Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018).*

*De specifikke casenumre og indplacering af deres typologier kan ses i appendix a2 og b2 i dette dokument.*

## Typologier og udvikling over tid

For at kunne give et overblik over tendenser indenfor udviklingen i brug af typologier inddrages matricerne i her i en tidsmæssig opstilling baseret på den oprindelige rapport's inddeling i hhv. historiske-, nylige- og pipeline projekter (historical, recent og pipeline). Generelt afspejler tiltagene deres tid og den teknologi der har været til rådighed. Som nævnt er de danske historiske projekter for en stor del baseret på statiske diger opbygget som 'mur' med terrænform. De internationale case er delvist af nyere dato og indvarsler en periode med storstilede slusebyggerier, dynamiske mure ifølge Hill, som eksempelvis Thames Barrier, Eider barrage og Oosterschelde. Denne tendens fortsættes i nylige cases i bl.a. Rusland og USA. Set i et tidsmæssigt perspektiv er pipeline tendenserne måske mest informative, idet at det er hér havvandstigning kommer ind i billedet og tendenser for udvikling af nye typologier begynder at afspejles. Til trods for at de danske og internationale cases ikke kan sammenlignes 1:1, giver pipeline projekterne dog anledning til nogle opmærksomhedspunkter set i en dansk kontekst.

### *Historiske og pipeline projekter*

I pipeline matricerne markerer tre af de seks internationale projekter sig i den ellers mindst benyttede kategori: dynamiske terrænformer. Dette er tre nordamerikanske cases baseret på kombinerede løsninger der gør brug af en række dynamiske, naturbaserede typologier. De danske pipeline projekter indplacerer sig derimod for en stor del i de velkendte typologier (statisk mur og terrænform, dynamisk mur), herunder et voksende antal sluser. Ved at se på de historiske matricer, kunne det fremgå som om, at Danmark historisk set har været længere fremme med dynamiske terrænløsninger. Dette skyldes at der i de 30 danske cases indgår flere historiske projekter der gør brug af sandfodring og sikring af klitter. Hvis man går mere i dybden med de enkelte typologier, er de tre amerikanske pipeline cases dog baseret på et bredere udvalg af nye, naturbaserede typologier, der kombineres i mere komplekse løsningsrum. Det som adskiller de nye naturbaserede typologier er, at udover at beskytte mod oversvømmelse, er de rettet mod at etablere yderligere værdier som f.eks. biodiversitet og rekreation.

### *Opmærksomhedspunkter*

Der kan være flere gode grunde til at sluser er i repræsenteret i så høj grad i de danske pipeline projekter, herunder, at alene case 28 bidrager med 9 sluser. Alligevel er det værd at gøre opmærksom på den internationale udvikling indenfor nye dynamiske løsninger som kan fungere som pejlemærke i forhold til den danske udvikling udover business as usual. De cases som er udeladt i matricerne (angivet til højre for matrix) er ligeledes værd at bemærke: i de internationale nylige og pipeline projekter indgår planlagt tilbagetrækning. Dette er ikke tilfældet i de danske state-of-the-art cases. Til trods for at de 53 cases ikke kan sammenlignes direkte, er der grund til at se dette som et opmærksomhedspunkt for den danske udvikling i forhold til den internationale. Særligt set fra Hills tilgang hvor u-udnyttede typologier i løsningsrummet kan repræsentere oversete potentialer.

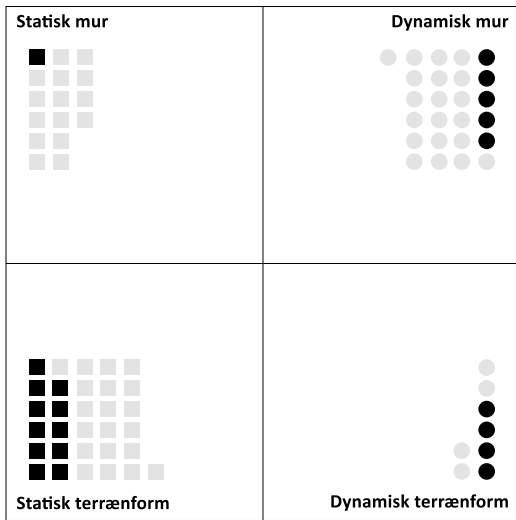
*Matricernes opbygning er baseret på Hills matrix i 'Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise', 2015.*

*Alle matricer er baseret på en afkodning af typologier i hhv 30 danske og 23 internationale cases i hhv Appendix A og B, 'Coastal protection technologies in a Danish context' Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018).*

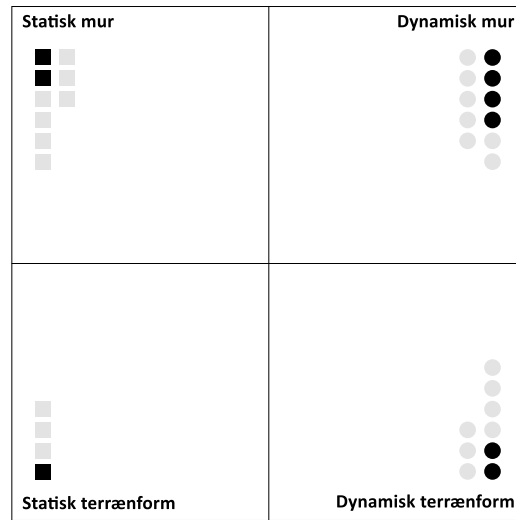
*De specifikke casenumre og indplacering af deres typologier kan ses i appendix a2 og b2 i dette dokument.*



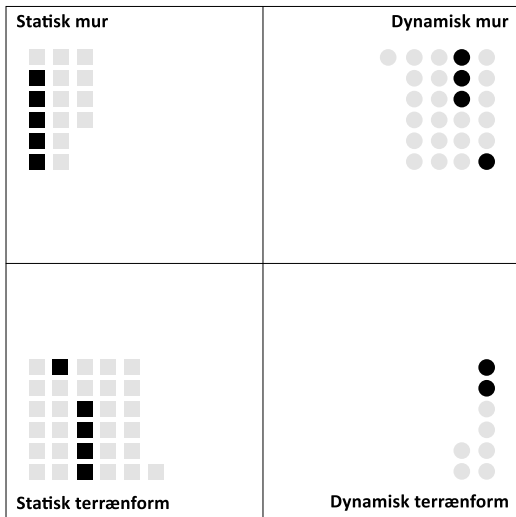
DANSKE HISTORISKE LØSNINGER, CASE 1-11



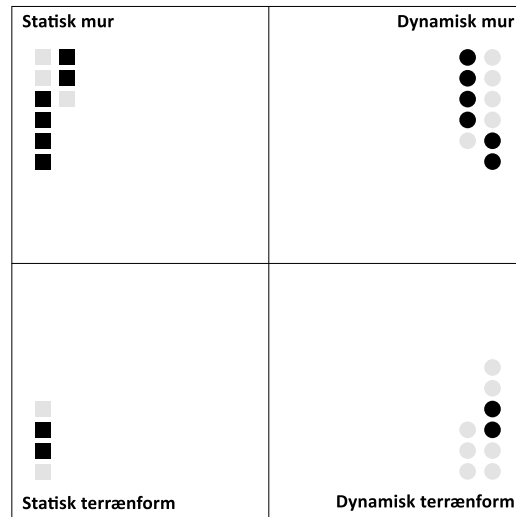
INTERNATIONALE HISTORISKE LØSNINGER, CASE 1-6



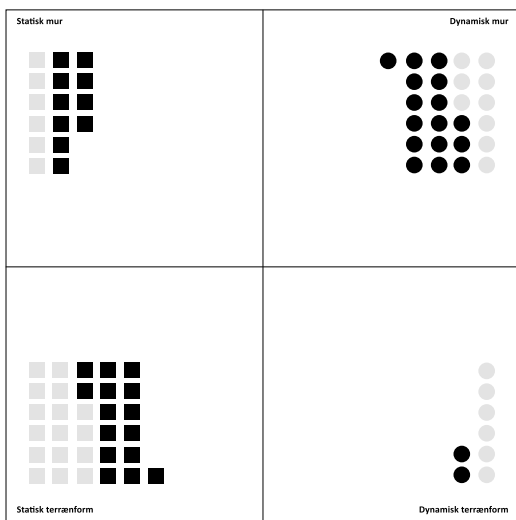
DANSKE NYLIGE LØSNINGER, CASE 12-22



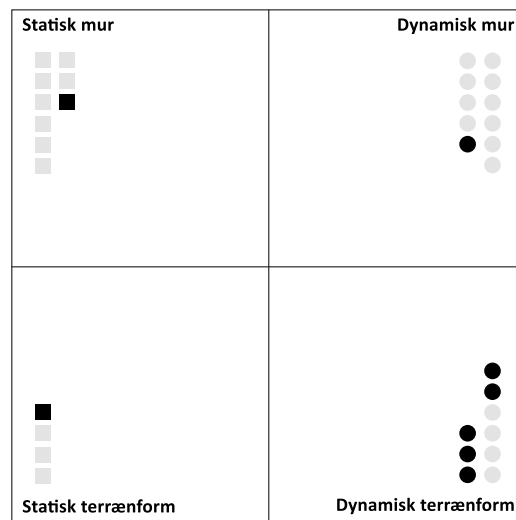
INTERNATIONALE NYLIGE LØSNINGER, CASE 7-17



DANSKE PIPELINE LØSNINGER, CASE 23-30



INTERNATIONALE PIPELINE LØSNINGER, CASE 18-23



DK CASE TYPOLOGI SOM IKKE INDGÅR  
21, bygningsrelateret tilpasning

INT. CASE TYPOLOGI SOM IKKE INDGÅR  
7b relocation dwellings, JA  
16.1a managed retreat, UK  
16.2a managed retreat, NL  
17.1a building related, US  
17.2a building related, DE

INT. CASE TYPOLOGI SOM IKKE INDGÅR  
19a, flood tunnel system, rainwater, TH  
23a, Managed retreat, US



# **3.MATRIX - UDFORDRINGER OG KATEGORIER**

### 3.1 UDFORDRINGER OG KATEGORIER

Som det kunne ses i gennemgangen af de 53 state-of-the-art projekter (afsnit 2.6) er der både forskellige formål (problemer) og typologier i spil indenfor kystbeskyttelse. Som beskrevet har der historisk særligt været fokus på stormflod. Med havspejlsstigning er selve formålet med tiltag blevet mere komplekst hvilket afspejles internationalt i en tendens henimod kombinerede løsningsrum. Som beskrevet i afsnit 2.3-4 gør flere nordamerikanske state-of-the-art projekter brug af kombinerede løsningsrum hvor nogle typologier afbøder skadesomfanget ved f.eks. stormflod og andre er rettet imod selve havspejlsstigningen. Her pågår en udvikling, særligt indenfor naturbaserede og dynamiske typologier. Hertil kommer, at flere af de internationale STA projekter gør brug af planlagt tilbagetrækning som en del af et løsningsrummet hvorimod denne kategori ikke fremgår som en del af løsningsrummet i de danske STA projekter.

Med udviklingen indenfor typologier og kombinerede løsninger, er det dog ikke åbenlyst *hvilke* typologier som gør hvad og hvordan de forskellige delkomponenter er 'sat sammen' med andre. I det følgende etableres en skematisk matrix bygget op omkring typen af udfordring (problem) sammen med tre kategorier for tiltag. Matricen illustrerer det potentielle løsningsrum hvori der indskrives sig forskellige typologier som mulighedsrum. Formålet er, at tydeliggøre delkomponenterne som danner basis for kombinerede løsninger. Afsnit 3 gennemgår udgangspunkter for matricen og afsnit 4 beskriver en række af de typologier som skaber mulighederne i løsningsrummet.

Som beskrevet har der historisk været forskellige formål med kystbeskyttelse og havspejlsstigning øger kompleksiteten. I kvalificeringen af hvilke typologier der vælges, er det væsentligt at se på hvad udfordringen er, det vil sige tiltagets formål. Matricen tager derfor afsæt i en overordnet skelnen imellem tiltag rettet mod et permanent (øget) pres fra havspejlsstigning og tiltag rettet mod at afbøde skadesomfanget ved større hændelser som stormflod og ekstrem højvande. Dette repræsenterer to forskellige, men af hinanden afhængige formål. Hertil kommer, at de typologier som kan afhjælpe hhv havspejlsstigning og ekstrem hændelser i mange tilfælde adskiller sig fra hinanden set i forhold til deres rumlige, æstetiske og bymæssige implikationer.



HAVSTIGNING



HÆNDELSE

## 3.2 HAVSPEJLSSTIGNING OG HÆNDELSER SOM UDFORDRING

*Havspejlsstigning (permanent pres fra havet, landsætning)*

Almindeligt udbredte typologier til at håndtere et konstant pres fra vand er statiske konstruktioner der med 'hard engineering' skarpt adskiller vand og land. Disse løsninger ses ofte i form af større monostrukturer, f.eks. diger og dæmninger, som har væsentlig indflydelse på oplevelsen af det byggede miljø og landskabelige sammenhænge, herunder adgang til kystlinjen og oplevelsen af havet.

Denne type løsninger rejser bl.a. spørgsmål om fleksibilitet over tid (hvor meget og hvor hurtigt forventes havet at stige, kan tiltaget udbygges over tid) og økonomi at de er omkostningstunge i etablering (hvor meget skal investeres her og nu, hvor meget udsættes til fremtidige generationer). Disse typologier kræver væsentlig økonomisk prioritering, herunder vedligehold over tid. Statische konstruktioner der sikrer mod et permanent pres fra havspejlsstigning må formodes i sit udgangspunkt at være dimensioneret til at beskytte i forhold til et vist niveau af både havspejlsstigning og ekstrem hændelser. Når der skelnes her, skyldes det, at fra et arkitektonisk perspektiv, er de rumlige implikationer af statiske monostrukturer ofte markante i både udformning og størrelse med direkte betydning for de oplevede (by)rum som beskyttes bag konstruktionen.

*Hændelser (temporært pres fra stormflod, ekstrem højvande)*

Udbredte løsninger til at mindske skadesomfanget ved ekstrem hændelser kan, i forhold til deres karakter og fysiske udformning, overordnet inddeles i to tilgange. Den ene tilgang består i større, statiske konstruktioner, hard engineering, med et dynamisk element der kan lukkes ved behov, eksempelvis The MOSE Project eller Thames Barrier. Den anden tilgang består i egentlige dynamiske, naturbaserede tiltag, ofte soft engineering, som ikke er rettet mod at skarpt at holde vand ude men derimod at afbøde, eksempelvis i form af 'barriere øer' og strandenge der bryder kraften fra bølger inden de rammer kystlinjen.

Naturbaserede typologier er rettet mod hændelser og vil oftest opleves væsentligt anderledes og fremstå som mindre indgreb i forhold til større, statiske konstruktioner mod et permanent pres. Tiltag der afhjælper skadesomfang ved hændelser rejser dog også en række spørgsmål. Blandt andet hvorvidt vi kan acceptere en vis grad af oversvømmelse.



*Havspejlsstigning giver et permanent (øget) pres som umiddelbart fordrer større, statiske typologier der skarpt kan adskille land fra vand.*

*Øverst: Konstant pres fra havet, Houtrib Dike skal forstærkes til en kontrakt på 90 million €. Kilde: The construction Index.co.uk 2019.12.16. Foto: Seempa, WikiCommons*

*Nedenfor: Konstant pres fra Vadehavet i Holland. Bebyggelserne ligger som i en skål under havniveau. Foto: Hakai Magazine*



*Tiltag rettet mod hændelser kan være baseret på dynamiske højvandslukker, hard engineering, der midlertidigt kan stoppe indtrængen af vand eller naturbaserede typologier rettet mod at afbøde skader ved større hændelser.*

*Top: The MOSE Project, Venedig, tidevandslukke op til + 3 mtr. Foto: Magistrato alle Acque di Venezia - Consorzio Venezia Nuova, Wiki Creative Commons*

*Nederst: Assateague, barriere øer mod Atlanterhavet, Maryland, USA. Foto: U.S. Army Corps of Engineers Digital Visual Library, Digital Visual Library home page. Wikimedia Creative Commons*

### Overordnet kategorisering af udfordringer

Det permanente pres fordrer i sagens natur løsninger der konstant holder vandet ude hvorimod tiltag mod stormflod 'kun' skal mindske skadesomfanget under selve hændelserne<sup>1</sup>.

Som det også fremgår i de 53 SOTA cases kan forskellige udfordringer kan fordrer forskellige typologier. Fælles for alle tiltag er dog at de både indebærer et strategisk valg og en fysisk udformning med betydning for sine omgivelser og den bymæssige oplevelse af at leve med tiltaget. Tiltagene er i den forstand arkitektoniske elementer uanset om de har form af konstruktioner som diger og sluser eller konstruerede naturlige processer som f.eks. barriere øer. En væsentlig forskel mellem tiltag, er selve måden hvorpå forbindelsen mellem hav og by opleves. Med til dette hører hvorvidt tiltagene skaber værdi på andre niveauer end at forhindre oversvømmelse, eksempelvis rekreative muligheder, biodiversitet eller nye erhverv som havbrug og turisme. Hertil kommer værdidiskussioner som f.eks. oplevelsen af tryghed og retfærdighed (hvem/hvad sikres, hvem sikres ikke) samt økonomi (f.eks. hvem skal betale, alle eller de som bor udsat?). For at tydeliggøre de forskellige potentialer i løsningsrummet bruges i det følgende en distinktion mellem permanent og temporært pres vha disse forenklede betegnelser:

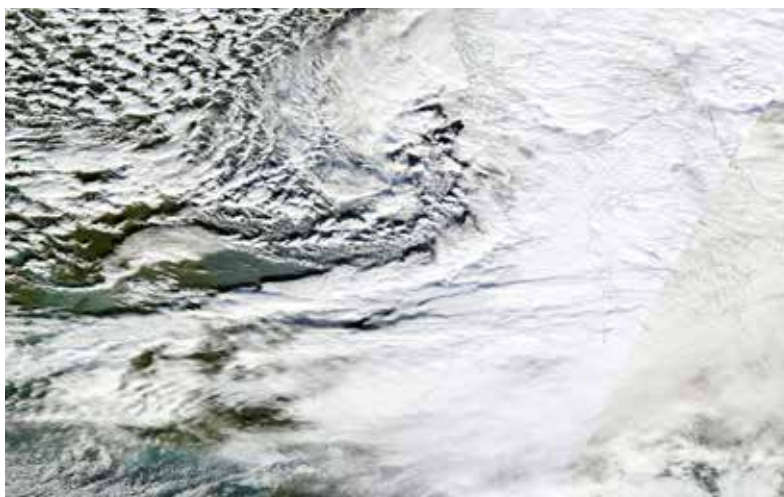
- **Havstigning**

Permanent pres fra havspejlsstigning, landsænkning

- **Hændelse**

Temporært pres fra hændelser som stormflod, ekstrem højvande

<sup>1</sup> Erosion anskues i det følgende som indlejret i både permanent pres (kronisk erosion) og hændelser (akut erosion.)



*Top: Nogle områder er mere udsatte ved havspejlsstigning end andre. Permanent pres fra havspejlsstigning er i samtiden det stille, usynlige pres. Foto: Overwash at fish factory ruins, Virginia District, National Park Services.Gov*

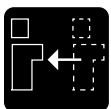
*Bund: Temporært pres fra hændelse, stormen Bodil på vej mod Danmark, 5. dec. 2015. Foto: Worldview.Earthdata.NASA.gov, Creative Commons*



BESKYTTELSE



TILPASNING



TILBAGE  
TRÆKNING

### 3.3 IPCC'S KATEGORIER

Strategier for klimatilpasning inddeles af IPCC i tre overordnede kategorier for beskyttelse af menneskelige interesser i både det byggede og naturlige miljø; beskyttelse (protect), tilpasning (accommodate) og tilbagetrækning (retreat) (IPCC, 2014). Hver kategori repræsenterer en række mulige tiltag med forskellig fysisk udformning, teknisk formåen, grader af planlægning, investeringsmæssige omfang (økonomisk), tidsperspektiver, grader af fleksibilitet samt rumlige kvaliteter. Samlet set kan kategorierne anskues som indeholdende en række typologier med forskellige arkitektoniske potentialer.

Kategorierne må dog betragtes som overordnede, ikke-udtømmende og med visse overlap, eksempelvis har Canadian Institute of Planners (CIP) i en Summary Guide om havspejlsstigning valgt at tilføje en kategori: 'Avoid' (CIP, n.d.). Avoid betyder hér planlægning i form af 'no build areas' i lavtliggende eller våde områder. I den følgende matrix indskrives Avoid som en del af kategorien tilbagetrækning af idet at behov for tilbagetrækning delvist afledes af mangel på 'no build areas' og no-build-areas vil omvendt betyde mindre behov for tilbagetrækning.

I kategorien tilpasning fokuseres der både på den fysiske tilpasning samt tilpasning i form af mindset og beredskab (måden hvorpå oversvømmelseshændelser håndteres, afhjælpes ad hoc og eventuelt delvist accepteres). I matricen bruges en skelnen mellem disse tre kategorier til at synliggøre mulige tilgange og typologier i løsningsrummet.

- **Beskyttelse (protect)**

Eksempelvis diger, dæmning, strandeng, klitter

- **Tilpasning (accommodate)**

Eksempelvis høj indgangskote, overgang fra landbaserede erhverv til vandbaserede, ændret mindset, øget beredskab og koordinerede borgere til mobilisering af ad-hoc afhjælpning, ændret syn på forholdet mellem by og vand









- **Tilbagetrækning (retreat)(avoid)**

Eksempelvis udfasning af udsatte bebyggelser på lavtliggende områder, definering af 'no build areas'.

### 3.4 PRINCIP FOR MATRIX

Som nævnt i afsnit 2 Tendenser går udviklingen henimod kombinerede løsninger hvor et varieret løsningsrum kan bidrage til at løse forskellige udfordringer med forskellige tidsperspektiver og værdier. Princippet for matricen er bygget op omkring en opdeling mellem to typer udfordringer, hhv havspejlsstigning og store hændelser samt inddeling i IPCCs tre kategorier med tilføjelse af avoid. Tilsammen illustrerer dette et potentielt løsningsrum for kombinerede løsninger hvor forskellige typologier repræsenterer forskellige muligheder. I afsnit 4 beskrives matricens typologier i relation til arkitektoniske potentialer samt by- og landskabsmæssige overvejelser. Formålet er at synliggøre mulighedsrummet og derved forhåbentligt bidrage til at kunne diskutere løsninger og kombinatorikker i forhold til formål, arkitektoniske implikationer og potentialer for afledte merværdier.

- **Udfordring: Havstigning - Hændelser**  
Skelen mellem permanent (øget) og midlertidigt pres (forsimpelt kaldet *havstigning* og *hændelser* i matrix)
- **Kategorier: Beskyttelse, Tilpasning, Tilbagetrækning (avoid)**
- **Typologier**  
Typologier inddelt ud fra funktion og karakteristika

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  	TYPOLOGIER	TYPOLOGIER
TILPASNING  	TYPOLOGIER	TYPOLOGIER
TILBAGETRÆK AVOID  	TYPOLOGIER	TYPOLOGIER

*Matricen danner ramme for løsningsrummet bestående af forskellige typologier.*

# 4. MATRIX - LØSNINGSRUM












## 4.1 TYPOLOGI BESKRIVELSER

Typologier rettet mod et permanent pres må forventes at være dimensioneret til i et vist omfang også at kunne modstå hændelser. Den internationale udvikling peger dog på at det ikke nødvendigvis er mest hensigtsmæssigt at benytte f.eks. diger og dæmninger til at løse begge udfordringer, men derimod bruge en bredere palette i løsningsrummet.

Afsnit 4.2-4 udfolder matricens løsningsrum ved at beskrive typologier indenfor hver af kategorierne beskyttelse, tilpasning og tilbagetrækning (avoid). Beskrivelserne tager afsæt i hvilken udfordring de er rettet mod, hhv permanent pres fra havspejlss-tigning eller store hændelser. I beskrivelserne fremgår typologier ikke to steder med mindre der er væsentlige forskelle i deres strategiske eller rumlige implikationer. Som nævnt indgår beskyttelse mod erosion i både permanent pres og hændelser.

I hvert afsnit følges typologibeskrivelserne af en opsamling elateret til rumlige implikationer set fra et bymæssigt, arkitektonisk perspektiv efterfulgt af et opslag med eksempler. Afsnit 4.5 giver en samlet opsamling af matricen som løsningsrum.

	HAVSTIGNING	HÆNDELSE
<b>BESKYTTELSE</b> 		
<b>TILPASNING</b> 		
<b>TILBAGETRÆK AVOID</b> 		

Matricen og dens typologier danner ramme for det potentielle løsningsrum.

### Beskyttelsestypologier:

Seawall St. Ouens Bay, 2011. Foto: Oliver Dixon - <http://www.geograph.org.gg/photo/685>, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56952221>  
 Vadehavsdige Holland. Foto: Hakai magazine  
 Thames Barrier, London. Foto: Diliff - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9424680>  
 Sandmotor, Holland. Foto: CCO, Von Pmbloom - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57549225>

### Tilpasningstypologier:

Eco Barrio Flotante, Primer Barrio Flotante i Buenos Aires. Foto BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45325474rk>, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50315060>  
 Oversvømmelse Ystad småbådshavn, 2017. Foto: Jonn Leffmann, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54792977>  
 Skotter Venedig. Foto: Kari Moseng, 2019  
 Tangbrug, Zanzibar. Foto: WikiCommons, Moongate-climber

### Tilbagetrækning

Foster Floodplain. Foto: Wiberg 2015  
 Visualisering, Bight: Coastal Urbanism. Credit Susannah Drake-Dlandstudio and Rafi Segal AU



## BESKYTTELSE

### 4.2 TYPOLOGIER BESKYTTELSE

Kategorien *beskyttelse* er både historisk velkendt og udbredt i samtiden. Beskyttelse kan betragtes som en 'reaktiv' strategi hvor der bygges fysiske strukturer til at holde uønsket vand væk fra mennesker, infrastruktur og bebyggelser.

#### *Mure, Seawalls, dæmninger*

Typologier som dæmninger og seawalls har forskellige rumlige, funktionelle og æstetiske konsekvenser for deres omgivelser alt efter deres højde. Typologierne indebærer et valg om hvad som skal beskyttes og hvad som 'efterlades' til oversvømmelse. Et grundlæggende spørgsmål er derfor hvor typologien stopper og hvordan der 'sluttes til' de omgivende områder. Her spiller terrænet ind i; kan muren sluttes ved en naturlig skråning i landskabet eller er det nødvendigt at omslutte (fortificere) et område helt. Disse typologier betyder at vand fra baglandet skal pumpes væk og i den større skala indebærer de risiko for at afskære den fysiske og visuelle forbindelse mellem by og hav. Som udgangspunkt beskytter disse typologier typisk bygninger og grå infrastrukturer hvorimod grønne infrastrukturer og forbindelser mellem økosystemer ofte brydes pga den fysiske adskillelse mellem land og vand. Ved lavere mure har typologierne en række designmæssige muligheder for at indbygge multifunktionelle, rekreative og rumlige kvaliteter i form af ophold, aktiviteter som fiskeri, tidevandstrapper med adgang til vandet, mv. Udfordringen er at indtænke hvorvidt sådanne merværdier er mulige over tid hvis de skal bygges højere.

#### *Concrete highway lits, vej-dæmninger i vandet*

I kystbyer vil større diger adskille de umiddelbare visuelle og oplevelsesmæssige forbindelser mellem by og kyst. Alternativet er, at placere en barriere ude i vandet for at mindske de visuelle gener, eksempelvis med funktion af vejinfrastruktur eller større sammenhængende bygninger således at den eksisterende by stadig har en form for udsyn og kontakt til kyst og hav. Klimaændringer er behæftet med væsentlige usikkerheder og typologiernes fleksibilitet og effekt over tid (jvf hvor meget havet stiger, hvor store hændelserne bliver) er derfor væsentlige i de tidlige beslutningsprocesser.



*Statisk mur typologi i den lille skala hvor design og afgrænsning stadig er relativt enkelt at tage stilling til. Middelfart Havn, maj 2019. Foto: Wiberg*



*For at tilføre en oplevelsesmæssig dimension til en stor monostruktur er Afsluitdijk slusen tilført et kunstnerisk særkende i form af Gates of Light, Icoon Afsluitdijk (Studio Roosegaarde). Foto: Cato566, 2017, Wikimedia Creative Commons*

### *Dobbeltsluse/kammersluse*

Historisk er der forskellige typer sluser til forskellige formål. I forbindelse med havspejlsstigning er dobbeltslusen (kammersluse) en mulighed for permanent at kontrollere vandstanden mellem udløb fra åer og havet. Løsningen er dog i sig selv meget lokal og kræver tilstødende løsninger for at beskytte den omgivende by mod oversvømmelse. Det vil sige at typologien i sig selv kræver et kombineret løsningsrum.

### *Sluser, højvandslukke*

Højvandslukke kan fungere som beskyttelse ved hændelser. I stor skala står typologierne gerne som monumenter ude i vandet samt har betydelige konstruktions og vedligeholdelseskostninger uden dog at beskytte mod havspejlsstigning. Sluser kræver pumper og ekstra kapacitet med plads til vandet ved sammenfald mellem f.eks. højvandshændelse og kraftig nedbør.

### *Diger, super levees, super dikes*

Hvor diget er en terrænform der adskiller land fra vand, fungerer en super levee som en konstrueret landhævnings ved hjælp opfyldning hvorpå der kan bygges by og bygninger. Super levees ses bl.a. i Japanske projekter. En af fordelene er, at den ikke kan brydes og at selve bredden betyder, at saltvand afskæres fra at trænge ind til ferskvandet. Super levees minder om det hollandske super-dige der ligeledes fungerer som et bredt dige. Begge typologier har typisk indbygget flere funktioner. Super-diger og levees kan betragtes som en form for bred skråning/bakke der går ind i baglandet.

Både super levees og super dikes har bymæssige og rumlige konsekvenser for den bagvedliggende by. I Japan har det bla. betydet at dele af den eksisterende by skulle flyttes.

I en dansk kystby, hvor arealerne er bebygget tæt ved havet, ville det umiddelbart betyde at der skulle ryddes/allokere eksisterende arealer eller opfyldes betragteligt i vandet. I en sådan kontekst ville den historiske bykerne blive 'gemt væk', skærmet mod havet og udsigten – med betydning for forståelsen af kystbyen, dens identitet og historie. Her har størrelsen på byen også betydning idet der vil være forskel på hvorvidt økonomi, befolkningstæthed, erhvervsinteresser og omfanget af kulturhistoriske bygninger kan befordre etablering af disse typologier. Her er forskel på Thyborøn og København. Også her har landskabet betydning, f.eks. kan en super levee naturligt binde sig på terrænet eller skal der andre løsninger til.



*Slusen i Aarhus Å lige inden mødet med havnebassinet. Ved siden af, er der etableret underjordisk overløbsbassin. Foto: Nikolaj Knudsen.*



*Bygninger på levee i Japan. Foto: Kinori 2004, Creative Commons*

*Vegetation, klitsikring, kunstige klitter, sandfodring, barriere øer, mangrove, saltmarsk, strandeng, kunstige rev*

Disse er alle naturbaserede typologier konstrueret med kernelementer som sand, sten samt vegetation. Deres udgangspunkt er baseret på læring fra naturligt forekommende typologier. Udbredelsen af disse typologier er i vækst og de adskiller sig fra de historisk velkendte statiske beskyttelsestypologier.

Idet at typologierne for en stor del er baseret på at gøre brug af naturlige processer og dynamikker som vind og strøm samt ofte etableres af naturlige materialer, kræver de at der prioriteres areal. Hertil kommer løbende vedligehold, monitorering samt hjælp til genetablering efter store hændelser.

Disse typologier har forskellige rumlige implikationer alt efter hvorvidt de indplaceres på land, zonen mellem land- og vand, eller decideret ude i vandet. Eftersom størstedelen af typologierne er dynamiske og kan bevæge sig over tid er opdelingen dog ikke lige så skarp i et længere tidsperspektiv. Eksempler på landtypologier er klitsikring, etablering af nye klitter og strandfodring, eksempler i zonen mellem land og vand er strandenge, saltmarske, mangroveskov (i varmere egne) og eksempler ude i vandet er kunstige rev og barriere øer.

Sandmotor i Holland er et efterhåndene velkendt eksempel på en naturbaseret strategi i form af barriere ø og strand-klitfodring. Sandmotor er reelt dynamisk og både ændrer og flytter sig over tid. Ifølge Zandmotor.nl, er de fem vigtigste erfaringer efter fem år, at (a) den har en længere levetid end forventet, (b) klitformationer dannes langsommere end forventet, (c) der er flere dyre- og plantearter end forventet, (d) der er færre badende gæster end forventet (e) der flere andre dagsgæster og kitesurfere end forventet.



*De fire fotos viser hvordan Sandmotors omfang, udformning og placering ændrer sig dynamisk over tid.*

*Foto: [www.dezandmotor.nl](http://www.dezandmotor.nl), brochure side 4, <https://www.dezandmotor.nl/uploads/2016/09/1300005-brochure-sandmotor-a4-eng.pdf>*

Med Sandmotor som eksempel, repræsenterer disse dynamiske og umiddelbart mere naturlige typologier ofte en række muligheder for afledte merværdier. For eksempel i form af øget biodiversitet, rekreation, vandbrug, nye erhverv, turisme, skønhed og sanselighed, nye forbindelser mellem vand og land, menneske og natur i dynamiske, foranderlige landskaber. Hertil kommer potentialer indenfor typologier der kan optage Co2 samt rensning af vand. Dynamiske, naturbaserede beskyttelsesstrategier beskrives og visualiseres ofte som grønne og/eller blå. I praksis ses de dog ofte i direkte forbindelse med statiske beskyttelsestypologier som diger. Dette gælder også Sandmotor der lægger sig 'udenpå' eksisterende diger.

De naturbaserede typologier er under udvikling, bl.a. i de nordamerikanske eksempler nævnt i afsnit 2.2-3, fulgt af nyere begreber som Living Shorelines der i selve navnet italesætter et fokus på at der skabes habitater for planter og dyr samt rekreative muligheder for mennesker langs kystlinjen, eller rettere i zonen mellem land og vand. Det samme gælder begrebet Living Breakwaters som arbejder med lignende værdier ude i selve vandet.

Typologierne kan dog stadig bestå af en mildere form for hard engineering, f.eks. breakwaters af sten og beton, men med en placering og udformning der søger at facilitere forskellige habitater. Som svar på at mindske ressourceforbrug (f.eks. beton til breakwaters), eksperimenterer MIT Self-Assembly Lab<sup>1</sup> med et, i udgangspunktet, simpelt koncept for selvgroende øer. Her tages der afsæt i at udvikle dynamiske, modulære løsninger baseret på at bruge lærredssække med sand som qua sin placering kan gøre aktivt brug af naturens kræfter og de materialer som i forvejen flyttes rundt af vind og strøm. I et pilotprojekt på Maldiverne har MIT Self-Assembly Lab strategisk indplaceret sandsække på havbunden for at skabe startskuddet, til en naturlig opbygning af barriere øer for en udsat øgruppe.

---

<sup>1</sup> Se eksperimenter som film og fotos på: <https://selfassemblylab.mit.edu/growingislands>

## OPSAMLING - TYPOLOGIER BESKYTTELSE

### *Monostrukturer som beskyttelsestypologier*

Fra et arkitektonisk synspunkt har statiske monostrukturer som diger, dæmninger og super levees oplevelsesmæssige og æstetiske konsekvenser idet de skaber en tydelig adskillelse mellem vand og kyst med risiko for oplevelse af en for- og bagside. Set fra et bymæssigt perspektiv minder disse typologier om nyere byudviklingshistorie hvor vejen mellem by og havn ofte fik udvidet i sin kapacitet. Fordelen var øget transportkapacitet men samtidig skabtes en fysisk barriere der adskilte byens liv fra havn og kyst. Et greb som mange steder, både internationalt og i Danmark, nu forsøges ændret for at opnå by- og naturmæssige rekreative kvaliteter igennem forbindelse til kysten.

De store monostrukturer er yderligere afhængige af pumpesystemer til at styre vandstanden mellem kyst- og oplandside. Disse typologier stiller også spørgsmålstejn ved hvor det enkelte tiltag stopper og hvad der forbindes til. Her kommer byens landskabelige indplacering og topografi ind i billedet. Kan der sluttes til mod en skrænt i en særlig kote, en højtliggende vej eller et sammenhængende bygningskompleks, skal der bygges videre på tiltaget eller bliver naboområderne oversvømmet istedet? Ligger bebyggelsen ved en å kan en monostruktur der beskytter mod havet betyde risiko for oversvømmelse 'bagfra' (oplandsvand) og dermed skabe behov for yderligere tiltag som ekstra bassiner, pumper samt tiltag i baglandet. De store monostrukturer medfører ligeledes udfordringer i forhold til natur- og miljø ved at afskære sammenhænge mellem land og vand og dermed afskære forbindelser for biodiversitet/økosystemer. Dette gælder ligeledes for menneskelige overvejelser; hvem er udenfor beskyttelsen og hvem er inde?

Negative konsekvenser og risikoadfærd afledt af større dæmninger og diger betegnes som 'Levee-effekten/Levee paradokset'. Begrebet dækker over de afledte psykologiske, planlægnings- og investeringsmæssige effekter af, at gøre et risiko-område 'sikkert' ved hjælp af store monostrukturer til beskyttelse mod oversvømmelse. Studier indenfor 'levee effekt' peger på at store, statiske konstruktioner kan befordre yderligere byudvikling og opbygning af menneskelige og økonomiske værdier i oversvømmelsestruede områder (Di Baldassarre et al., 2018; Grigg, 2019). I sådanne tilfælde vil den daglige, oplevede risiko føles og være lav. Ifald konstruktionen svigter, f.eks. på grund af manglende investeringer og vedligehold eller accelererede klimaændringer og ekstrem hændelser, vil konsekvenserne af oversvømmelsesrisiko øges fra kritisk til potentielt katastrofal. Levee-effekten kan også aflede økonomiske konsekvenser i form af en forventning fra borgere og investorer om at det offentlige er ansvarlig for sikkerheden og dermed også skal betale for yderligere, større beskyttelsesstrukturer.

Som det kunne ses i de danske state-of-the-art projekter (afsnit 2.5, appendix a1) er slusen som typologi væsentligt repræsenteret i danske pipeline projekter. Som rumlig typologi har slusen



*Selv større, internationale byer har stadig svært ved at få genetableret forbindelsen mellem by og vand.*

*Øverst: Lissabon ligger attraktivt placeret ved Tajo bugten nær Atlanterhavet.*

*Forbindelsen mellem by og vand er dog afskåret af vejinfrastruktur.*

*Midte og nederst: Philadelphia by er fysisk afskåret fra Delaware River af intensiv vejinfrastruktur flankeret af større parkeringsarealer.*

*Foto: Wiberg, 2019*

ofte et teknisk udtryk trods design der forsøger at 'bløde op' på dette. Eftersom en sluse ikke kan stå alene, er det en typologi som helt grundlæggende er afhængig af at flankeres af andre typologier.

Set fra et mere lokalt arkitektonisk perspektiv omkring rum og merværdi kræver disse typologier nøje overvejelser omkring kantzone bearbejdning, overgangsarealer og visuelle forbindelser samt materialevalg. Både i forhold til at forbinde et byområde med sin kyst såvel som hvordan arealerne omkring fremstår, kan bruges og knytter sig op på naboområderne. Hastigheden af havspejlsstigning har en uvis tidshorizont og hændelser forekommer i sagens natur kun lejlighedsvist. Her bliver multifunktionalitet en væsentlig kvalitativ overvejelser: hvordan indgår typologien i byens daglige liv, mellem hændelser, imens havet stiger? Alt i alt er de store monostrukturer der kan beskytte mod havspejlsstigning udfordrede i forhold til kystbyers forbindelse til kyst og hav, biodiversitet samt fleksibilitet i forhold til usikkerheder for omfang af havspejlsstigning samt adfærdsmønstre over tid.

### Naturbaserede beskyttelsestypologier

De naturbaserede beskyttelsestypologiers udformning er typisk baseret på konstruerede, naturlige processer med et tilhørende 'naturligt' udtryk der ændrer sig over tid sammen med vandets bevægelse. Disse typologier kan mindske konsekvenserne af hændelser men beskytter ikke som sådan mod havspejlsstigning. I det at disse naturbaserede beskyttelsestypologier ikke skal holde alt vand ude, befordrer de en bearbejdning af zonen mellem land og vand samt forbindelser mellem by og natur, byen og havet. Eksempelvis er vådområder en typologi der kan yde væsentlig beskyttelse mod skader i forbindelse med hændelser (Narayan et al., 2017) og som samtidig kan styrke biodiversiteten i et område. De rumlige konsekvenser fremstår generelt mindre drastiske end ved diger og dæmninger og har store potentialer for en lang række afledte merværdier i perioderne mellem hændelser. Det vil sige potentialer i hverdagens by for sanselige oplevelser og skønhed, biodiversitet, alternative funktioner, rekreative aktiviteter samt erhvervsmæssige potentialer som f.eks. turisme. De vil dog typisk have brug for at indgå i kombination med andre løsninger.



Øverst: Sandmotor 2018, forbindelser til hav og kyst fra klitterne. Foto: Wiki Creative Commons

Nederst: I forbindelse med orkanen Sandy 2012, blev bebyggede områder beskyttet af naturligt forekommende vådområder som f.eks. saltmarske. Det anslåes at i direkte skadesomkostninger på ejendom, gav vådområderne en beskyttelse svarende til 625 millioner USD ([www. theconversation.com](http://www.theconversation.com)). Foto: Coastal Wetlands at Parker River National Wildlife Refuge in Newburyport, MA. U. S. Fish and Wildlife Service - Northeast Region.

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  	   	      



## HAVSTIGNING BESKYTTELSE



### SEAWALL TYPOLOGI

*Seawall St. Ouens Bat, 2011*  
Foto: Oliver Dlxon - <http://www.geograph.org/gg/photo/685>, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=56952221>



### KAMMERSLUSE TYPOLOGI

*Kammersluse Ribe*  
Foto: Nico-dk [CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>)]



### SUPER LEEVE, SUPER DIKE TYPOLOGI

*Super levee med park og bygninger, Japan. Foto: Ara River. Toda, Saitama prefecture, Japan. Foto af Kinori. Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=309489>*



### DIGE, DÆMNING TYPOLOGI

*Vadehavsdige Holland.*  
Foto: Hakai magazine



### DIGE TYPOLOGI

*Kalvebod Fælled. Dige ved Køge bugt. 2013. Foto: CCO. By Martin253 - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45388620>*



### HAVDIGE, VEJ TYPOLOGI

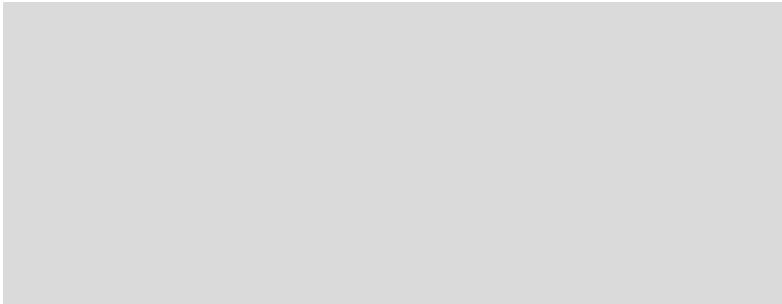
*Havdige Guang'ao, 2014.*  
Foto: Wiki Creative Commons





SLUSE TYPOLOGI

Thames Barrier, London.  
Foto: Diliff - Own work, CC BY-SA 3.0,  
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9424680>



BARRIERE Ø, REV TYPOLOGIER



MITs forsøg med selvgroende barriere øer. Foto: MIT Self-Assembly-Lab  
Foto: Wiki Creative Commons



SANDFODRING TYPOLOGI

Luftfoto Sandmotor, Holland  
Foto: CCO, Von Pmbom - Eigenes Werk, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=57549225>



KLITSIKRING/ETABLERING TYPOLOGI

Klit ved vesterhavet. Foto: CCO Malene Thyssen, <http://commons.wikimedia.org/wiki/User:Malene>



BREAKWATER TYPOLOGIER



Visualisering af kunstigt rev, Living Breakwaters. Credit: SCAPE/ Rebuild by Design



STRANDENG, ØVRE  
MANGROVE  
TYPOLOGIER



Strandeng, Øvre  
Foto: CCO, Af RhinoMind - Eget arbejde, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=63969631>



TILPASNING

### 4.3 TYPOLOGIER TILPASNING

Tilpasning er, i ordets forstand, en adaptiv strategi hvor det er menneskets konstruktioner, funktioner og behov der, ofte på bygningsniveau, tilpasser sig stigende havvand og store hændelser. Tilpasning fordrer typisk ændringer eller gentænkning af byggeskik og materialevalg, hvoraf flere har direkte indflydelse på oplevelsen af den enkelte bygning og byens rum.

Ved tilpasning på bygningsniveau er det væsentligt at skelne mellem den eksisterende bygningsmasse og nybyggeri. Hertil kommer hvorvidt det er tilpasning for den enkelte bygning, et helt kvarter eller en by. Tilpasning af enkelte bygninger vil typisk vil have rumlige konsekvenser for naboerne. Samtidig afhjælper helt lokal tilpasning ikke i sig selv oversvømmelse af områder på by eller kvartersniveau. En anden type af tilpasning er bygninger eller områder som tilpasses til at kunne tåle en vis grad af oversvømmelse for derefter komme sig igen. Tilpasning er derfor også knyttet til begrebet resiliens.

#### *Bygningsniveau - høje sokler og mobile skotter*

Tilpasning af bygninger ved hjælp af høje sokler og indgangskoter er en typologi med betydning for det oplevede byrum, hvor de afledte konsekvenser kan være at området fremstår utrygt, afvisende og uden 'levet liv'. Ved nybyggeri kan 'høje sokler' forbindes og skabe en digelignende effekt på kvarters eller byniveau. I så fald, vil tilpasning nærme sig kategorien 'beskyttelse' og digetypologier.

Mobile skotter er en velkendt og enkel form for tilpasning rettet mod hændelser. Det er et individuelt tiltag der kan etableres i både nyt byggeri og dele af den eksisterende bygningsmasse. Typologien afhjælper oversvømmelse meget lokalt og designmæssigt opleves mobile skotter ofte som et tiltag med en ad hoc karakter hvor det æstetiske udtryk kan fremstå nedprioriteret og 'teknisk' i sit formsprog. Brug af skotter relaterer sig også til et ændret mindset for afhjælpning af hændelser.

#### *Bygningsniveau -bygninger på pæle*

En anden form for tilpasning på bygningsniveau er byggeri på pæle. Bygninger på pæle er en typologi der har stor indflydelse på tilgængelighed, mulighederne for en samlende infrastruktur, forventninger til funktionalitet samt oplevelsen af byrummet. Ved byggeri på pæle må skelnes imellem typologier alt efter hvorvidt bygningen er tiltænkt at stå på land, ved kanten eller i selve vandet.

Ved byggeri på pæle på land, vil underetager kunne benyttes til alternative aktiviteter, enten som private uderum, byrums aktiviteter, alternative erhverv eller parkering. Parkering har dog indflydelse på oplevelsen af byrummet idet parkeringslandskaber ikke er befordrende for oplevelsen af byens rum og det må formodes at ikke alle steder kan oppebære nye byrumsaktiviteter. På danske breddegrader giver en stueetage der indgår som et uderum en udfordring i forhold til solhøjder, skygge, afledt træk



*Svensk feriebolig med undervandsværelse Utter Inn af kunstner Mikael Genberg.*

Foto top: CCO, Josve05a using CommonsHelper, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12202641>

Foto nederst: CCO, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50315060>

grundet skygge samt lokale vindforhold.

I bl.a USA ses eksempler på at eksisterende, oversvømmelsestruede bygninger sættes op på pæle. Disse er dog ofte lette bygningskonstruktioner. Set fra et adgangsmæssigt, rumligt og æstetisk perspektiv virker dette ikke som en oplagt løsning i en dansk kontekst.

Bygninger i kanten mellem land og vand kan fungere med en digevirkning. I større omfang vil dette dog samtidig 'privatisere' og afskære adgangen til vandet for områdets bagvedliggende brugere. Bygninger på pæle i vand er et felt i udbygning der kan udvikles på både individuelt og kvartersniveau. At bo på vandet er historisk velkendt og har potentiale som byudvikling hvor både vand og land er integreret i byforståelsen. Som typologi bidrager denne dog ikke til en sikring af eksisterende byggeri på land.

#### *Flydende bygninger og byer*

Flydende bygninger er ligeledes en historisk velkendt typologi der kan skaleres op fra enkelte bygninger til mindre lokalsamfund på vandet. Typologien ses særligt i Asien, hvor bl.a. Vietnam, Kina og Thailand har flydende boliger og landsbystrukturer som ofte er integreret med fiskefarme eller andet vandbaseret erhverv. BIG Architects har også i 2019 konceptualiseret 'Oceanix City' som en flydende by med 10.000 indbyggere.

#### *Værft, terp og kunstige øer*

Bygninger på konstruerede terrænhævninger kendes historisk bl.a. fra det sønderjyske værft og hollandske terp. Både terp og værft er tilpasningstypologier på en mindre-til-mellem skala for enkelte bygninger eller små landsbyer. Disse kan i princippet også fungere som øer i vand. Som typologi rettet mod hændelser indgår den uproblematisk i forhold til infrastruktur og tilgængelighed. Dette vil i sagens natur være anderledes som typologi rettet mod havspejlsstigning.



*Skotter som i materialer og forarbejdning er tilpasset historisk bygning, Venedig 2019. Foto: Kari Moseng*



*Tangbrug, Zanzibar. Foto: WikiCommons, Moongateclimber*

### *Funktionsændringer som tilpasning*

Tilpasning kan også bestå i typologier baseret på funktionsændringer, herunder nye erhvervs- og bosætningsmuligheder. F.eks. hvor landbrug eller byerhverv helt eller delvist omstiller sig til at gå fra at være landbaserede til at blive havbaserede. Eksempler på landbrug der overgår til havbrug er tang, østers eller muslingedyrkning, hvorved oversvømmelse af områder ville kunne accepteres og nye turismeerhverv og rekreative muligheder udvikles. Dette giver samtidig muligheder for at skabe sideeffekter som f.eks. CO2 optag og rensning af vandet.

### *Afhjælpning*

De senere års oversvømmelseshændelser skyldet skybrud og storme har vist behovet for akut ad hoc afhjælpning, i form af midlertidige stormflodssikringer som water tubes og sandsække samt pumper. Her er kernen, at samarbejde mellem det officielle og det civile beredskab kræver præcis kommunikation og strategisk forberedelse for reelt at kunne indtænkes som tilpasning.

### *Mindset*

Mindset som tilpasning kan være accepten af 'at få våde fødder' ved hændelser. Her er Venedig et velkendt eksempel på oversvømmelse hvor det daglige liv i butikker, restauranter og kulturinstitutioner fortsætter og selv turister sidder på oversvømmede pladser. Tilpasning i form at ændrede mindset må indgå overvejelser om hvad der kan accepteres oversvømmet og afhjælpes ad hoc i et vist omfang. Spørgsmålet er hvilket niveau af oversvømmelse vi kan eller vil acceptere samt hvordan vi forholder os til f.eks. historiske byområder og kulturarv.

### *Beredskabet*

Allerede nu håndterer beredskabet oversvømmelser på tværs af by- og kommunegrænser. Det er en form for tilpasning der kræver strategi, forberedelse, samarbejde på tværs af sektorer og kommunegrænser samt koordinering af civile indsatser. Beredskabets muligheder for afhjælpning er yderligere knyttet til byudviklingen idet at når der byudvikles i risikoområder 'trækkes' der på beredskabet fra andre områder når der er brug for akut hjælp. Det vil sige, at byudvikling i oversvømmelsestruede områder i én kommune kan få betydning for borgere andetsteds i kommunen eller nabokommunerne.

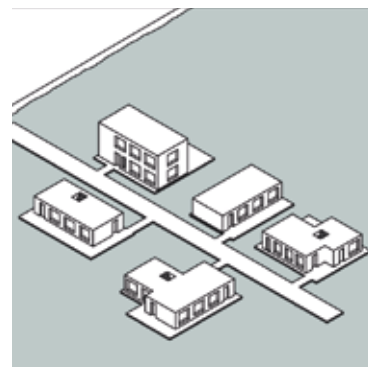
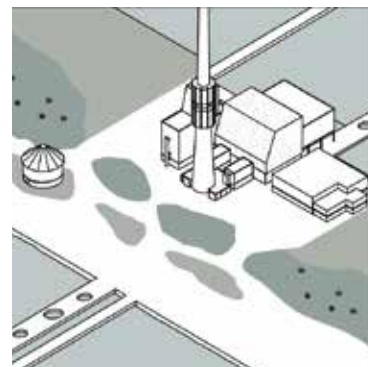


*Venedig oplever regelmæssigt oversvømmelse men livet går ikke i stå imens. Oversvømmelse på Markuspladsen 2004. Foto: Wolfgang Moroder, Wiki Creative Commons*

## OPSAMLING TILPASNING

I eksisterende bebyggelser begrænser tilpasning på bygningsniveau sig til ad hoc tiltag som f.eks. brug af skotter eller etablering af lokale *beskyttelses*stypologier som f.eks. en mur omkring matriklen. Mere permanente, lokale tiltag er at hæve soklen. Spørgsmålet er, hvis f.eks. boliger eller institutioner hæves, hvilke konsekvenser det får for den infrastruktur der skal servicere området. Tilpasning af eksisterende bymiljøer rejser en række spørgsmål af både individuel og kollektiv karakter. For eksempel, hvordan sikres kulturarv? Bør et bygningsmæssigt tiltag have en positiv indflydelse på sit lokalområde? Hvis der bygges med høje sokler, på hævet terræn eller på pæle i et eksisterende lokalmiljø får det betydning for de bagvedliggende bygninger hvilket leder tilbage til spørgsmålet om hvorvidt tilpasning kan/bør bidrage til sit kvarter eller by udover at sikre sig selv. Hertil kommer spørgsmål omkring eksisterende praksisser for lokalplaner og byggetilladelser samt bygningsreglementets krav der kan udfordre udviklingen af nye løsninger.

Tilpasning i form af ændret mindset indskriver sig i selve opfattelsen af oversvømmelse ved hændelser. Både mindset og beredskab adresserer den psykologiske accept af nye præmisser for at bygge og bo samt medmenneskelige og strategiske tilgange til at have et styrket civilt og offentligt beredskab der kan afhjælpe ad-hoc. Mindset adresserer at der kan være brug for et paradigmeskifte i forventningen til byer og bebyggelsers funktionalitet, f.eks. accept af midlertidige oversvømmelser og innovation af nye måder at bo og leve med vandet på. Vores forhold til byen, byens rum og relationen til vandet og kysten kan søges udviklet henimod et dybere samspil med vandet og heraf ændrede måder at bo på, nye erhverv og aktiv naturgenopretning. En sådan udvikling i samspillet mellem mennesket, byen, naturlige processer og vandet beskrives af T. Beatley som Blue Urbanism (Beatley 2018). Praktiske metoder relateret til dette går tilbage til Ian McHargs Design With Nature (McHarg, 1969) metoder til hvordan vi kan planlægge og bygge *med* naturen og naturlige processer til både menneskets og naturens fordel. Design with Nature tilgangen er i fokus blandt planlæggere, landskabsarkitekter og arkitekter, bl.a. med det nyoprettede McHarg Centre i Philadelphia. Fra et bymæssigt og arkitektonisk synspunkt er tilpasnings typologier væsentlig i kombinerede løsninger og tilpasning af mindset kan udvikle opfattelsen af relationen mellem vand og by som et incitament for innovativ byudvikling.

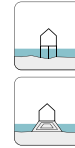


Studieprojekt med eksempler på forskellige former for tilpasning til stigende havvand i form af bygninger der tager afsæt i en relation til vandet. Øverst: boligkvarter på pæle i vådområde eller strandeng. Midt: Eksisterende industri/kulturarv med en vis grad af accept for oversvømmelse. Nederst: nybyg i vandet. Kilde: Uddrag fra projekt af stud. arch Line Østergaard Poulsen, AAA 2019

	HAVSTIGNING	HÆNDELSE
TILPASNING		



## HAVSTIGNING TILPASNING



### PÆLEBYG I VAND, Ø TYPOLOGIER

*Boliger på pæle i København, Teglværkshavnen af tegnestuen Vandkunsten. Foto: seier+seier, Wikimedia.org.*



### FLYDENDE BYG TYPOLOGI

*Flydende boligkvarter, Eco Barrio Flotante, Primer Barrio Flotante i Buenos Aires. Foto BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45325474rk>, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=50315060>*



### HAVBRUG TYPOLOGI

*Fra landbrug til havbrug, eksempelvis tang, muslinger, østers. Funktionsændring/erhvervstilpasning der samtidig kan styrke muligheder for turisme og fritidsaktiviteter.*

*Tangskov i Californien. Foto: NOAA's National Ocean Service - Kelp Forest, CC BY 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=46868953>*



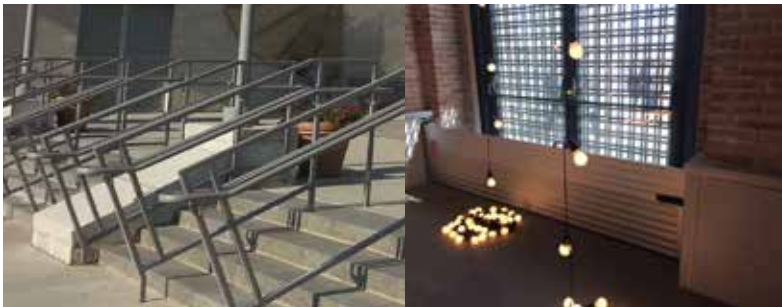
*Østershavbrug, Frankrig. Foto: By Photograph by Mike Peel ([www.mikepeel.net](http://www.mikepeel.net)), CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3428352>*



PÆLEBYG PÅ LAND TYPOLOGI

Ikonisk arkitektur på pæle fra 1931, Villa Savoye af Le Corbusier & Pierre Jeanneret.

Foto: By LStrike - de:File:Villa Savoye 2015.jpg, CC BY-SA 3.0, <https://pl.wikipedia.org/w/index.php?curid=4342288> <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=43447821>, Wikimedia Creative Commons



SKOTTER, HØJ SOKKEL, AD-HOC MUR TYPOLOGIER



Venstre: Høj indgangskote, Norwich Technical High School. Foto: Cpcool3, CC BY-SA 4.0, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=56209401>

Højre: indvendige skotter i historisk bygning, Venedig 2019. Foto: Kari Moseng



AD-HOC AFHJÆLPNING TYPOLOGI

Venstre: Oversvømmelse Ystad småbådshavn, 2017. Foto: Jonn Leffmann, CC BY 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54792977>.



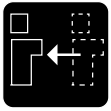
ÆNDRET MIDNSET TYPOLOGI

Oversvømmelse på Markuspladsen, Venedig, stolene er alligevel på plads til turisterne. Foto: Wolfgang Moroder, 2004, WikiCommons



VÆRFT TYPOLOGI

Terp, Holland 2017. Foto: Ruben Binnindijk, CC BY-SA 3.0, <https://en.wikipedia.org/w/index.php?curid=34883865>



## TILBAGETRÆK (AVOID)

### 4.4 TYPOLOGIER TILBAGETRÆKNING (AVOID)

Tilbagetrækning er en strategi med et klart indbygget tidsperspektiv. Peter Plastrik og John Cleveland beskriver tre typer af tilbagetrækning baseret på forskellige funktionelle, planlægningsmæssige og økonomiske overvejelser (Plastrik and Cleveland, 2019, pp. 10–20). Essensen er, at tilbagetrækning i en del bebyggede områder vil blive nødvendigt, hvorom måden der tilbagetrækkes på kan være drevet af forskellige incitamenter og afleder forskellige muligheder:

- *Disaster-Driven Retreat*  
Tilbagetrækning på baggrund af gentagne ekstrem hændelser, f.eks. hvor det ikke længere giver mening eller er muligt at blive boende/flytte tilbage.
- *Market-Driven Retreat*  
Tilbagetrækning på baggrund af akutte økonomiske usikkerheder, f.eks. at man ikke kan sælge eller forsikre sit hus eller tør igangsætte nye byggerier.
- *Plan-Driven Retreat*  
Tilbagetrækning på forkant ved hjælp af planlagte og strategiske overvejelser (plan-driven) hvorved der er mulighed for planlægning af hvór det vil være bedst at udlægge områder til bebyggelse, infrastruktur og natur.

Disaster-Driven tilbagetrækning taler for sig selv. Et opmærksomhedspunkt for Market-Driven tilbagetrækning er, at det ikke i sig selv repræsenterer et bredt spektrum af interesser, interesser og samfundsmæssige overvejelser. Herunder, at det kan efterlade borgere i en meget usikker situation. Plan-Driven tilbagetrækninger er derimod en tilgang 'på forkant' hvor forskelligtrettede interesser og samfundsmæssige værdier kan indarbejdes. Herunder, at der kan arbejdes med lange tidsperspektiver der justeres løbende efter erfaringer og bedst tilgængelige viden om omfanget af havspejlsstigning.

Et eksempel kan ses i Happisburgh, UK. Happisburgh var truet af kraftig kysterosion (defra.gov.uk, 2012) og sammen med indbyggerne igangsattes en proces der ledte til ændringer i arealbrug samt afledte merværdier i form af forbedrede park- og legepladser og en direkte adgang til stranden. Tilsammen fordrede disse tiltag også forbedrede erhvervs muligheder for bl.a. turisme.



Disaster- eller Market-driven retreat er velkendt igennem historien. Her bolig til salg skilt efter oversvømmelse i Gibson, Louisiana, USA i 1973. Foto: John Messina. Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=11912866>



Disaster- eller Market-driven retreat afværges i Happisburgh vha Plan-driven retreat. Foto fra Happisburgh hvor store dele af kystskræningen samt tidligere bebyggede områder er eroderet væk. Foto: CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1343146>



Happisburgh efter en plan-driven retreat indsats hvor bygninger blev relokaliseret, funktioner som landbrug flyttet og nye funktioner som legeplads, turisme samt adgang til kysten blev etableret. Cirkel viser området for nye funktioner og ny adgang til kysten. Foto: John Fielding, 2014, CCO



Foster Floodplain Natural Area med industriområde og indfaldsveje i baggrunden. Foto: Wiberg 2015



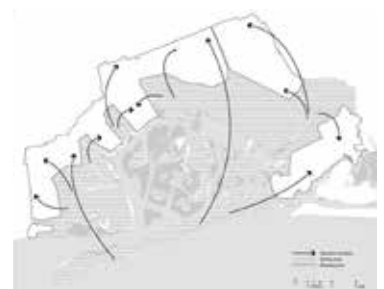
Et andet eksempel på Plan-Driven tilbagetrækning er Foster Floodplain Natural Area<sup>1</sup> udenfor Portland, Oregon. Området var førhen boligområde, og som navnet antyder, placeret i et tidligere vådområde. Ved kraftig regn oversvømmedes vådområdet, en primær indfaldsvej til Portland samt et naboliggende industriområde. Sidstnævnte forårsagede udledning af forurenende stoffer til Johnson Creek. Portland kommune satte en proces igang med opkøb<sup>2</sup> og frivillig flytning hvorefter området blev naturgenoprettet. Vandet har nu plads i vådområdet, recipienten bliver ikke forurenet og borgerne har fået adgang til et attraktivt, bynært naturområde med biodiversitet i højsædet.



Foster Floodplain Natural Area.  
 Øverst: spor fra de tidligere boliger  
 nederst: naturgenoprettet med fokus på biodiversitet og naturlige processer.  
 Foto: Wiberg 2015

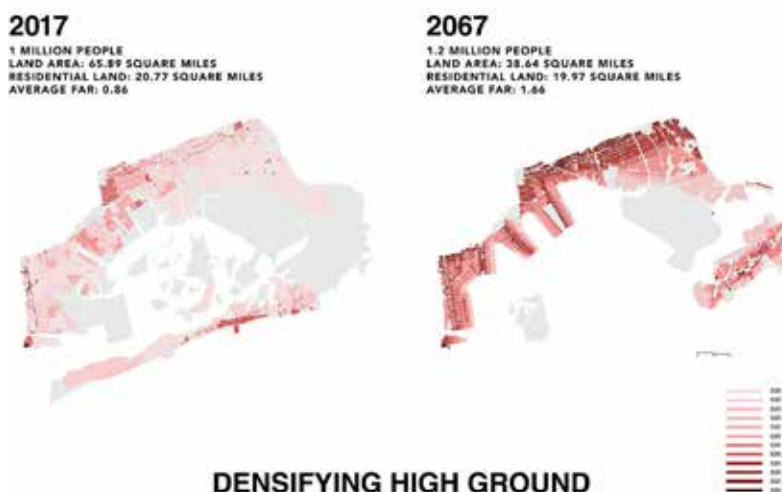
Et eksempel på en vision for en kombineret løsning der integrerer tilbagetrækning er forslaget 'Bight: Coastal Urbanism' af tegnestuen Dland Studio (international Case 23 i afsnit 2.6). Her indarbejdes en række naturbaserede løsninger sammen med en tilbagetrækningsstrategi over en længere tidshorisont som en del af en fortætningsstrategi for selve byområdet.

Planlagt Tilbagetrækning er en strategi der kan optage usikkerheder over tid og iværksættes med en høj grad af fleksibilitet i form af tilbagetrækning der som udgangspunkt iværksættes som mindre, ad hoc tiltag sammen med tiltag der har et længere tidsperspektiv. Tilbagetrækning vil også kunne integreres med typologier som midlertidige eller mobile funktioner og bebyggelser der kan trækkes tilbage ved f.eks. stormflodsvarsel eller som en fleksibel mellempere-løsning imens der eksempelvis erhverves højereliggende arealer som kan tages i brug mere permanent. Tilbagetrækning kan derigennem kombineres med midlertidige tiltag med en tidshorisont på f.eks. 10-30 år med forbillede i f.eks. kolonihaver, flytbare boliger, iværksætter- og byrumsaktiviteter hvor der bygges for en kortere tidshorisont og løbende kan tages stilling til prognoser og udviklingen indenfor havspejlsstigning.



Dland Studios projekt Bight: Coastal Urbanism viser en tilbagetrækningsstrategi hvor by og natur indgår i et nyt samspil.  
 Credit: Susannah Drake-Dlandstudio and Rafi Segal AU

1 <https://www.portlandoregon.gov/bes/article/286175>  
 2 Forskellige typer af funding betalte opkøb



## OPSAMLING TILBAGETRÆKNING

Mulighederne for at trække bebyggelser tilbage fra oversvømmelsestruede områder ved kysten er afhængig af de lokale landskabelige forhold. Eksempelvis hvorvidt der er bagvedliggende, højere områder der kan tilbageføres til eller om det større område et lavtliggende. En anden overvejelse er om der er områder der over tid kan ændre funktion. Byens typologi og historie er ligeledes væsentlig, Eksempelvis er det svært at tilbageføre en historisk bykerne.

Planlagt tilbageføring er derfor afhængig af, at byens visioner og planlægning tager afsæt i landskabet på både bygnings-, kvarters- og byniveau for ikke at bygge sig til nye problemer indenfor det næste århundrede. Arkitektonisk og bymæssigt repræsenterer planlagt tilbageføring også en mulighed for at gøre 'tidligere tiders fejltagelser' bedre. Her er 'avoid', byg-ikke-her-fremadrettet', strategier ligeledes et redskab.

Tilbageføring kræver landskabs- og byanalyser samt inddragelse af mange interessenter, overvejelser i forhold til udviklings- og lokalplaner, nye typer af byggetilladelser og eventuelt gentænkning af typer af ejerskab, jordfordeling eller bytning, boligformer og erhvervstyper. Tilbageføring rejser samtidig en række spørgsmål omkring hvem som skal betale (forsikring, kommune, stat, erhverv, borgere) eller om dette overlades til de kommende generationer. Derfor bliver det at skabe incitamenter i form af nye muligheder og meningsgivende merværdier er afgørende.

Tilbageføring har store potentialer for afledte merværdier, f.eks. biodiversitet, genforbinde tidligere tiders blå-grønne korridorer som nu er bebyggede med oversvømmelsesrisiko, tryghed, sanselige kvaliteter samt funktionsskifter fra f.eks. bebyggelse til natur, fra landbrug til havbrug, fra landbrug til bolig, fra bolig til havbrug. Tilbageføring adskiller sig på flere måder væsentligt fra beskyttelses- og tilpasningskategorierne og må anses som et endnu u-udviklet løsningsrum med et innovationspotentiale. Tilbageføring er tæt knyttet til hvilke mindset vi tager til os. Det repræsenterer et mulighedsrum med et indbygget tidsperspektiv som kan indgå i kombinerede løsninger. Eksempelvis med mindre beskyttelsestypologier og tilpasningsstrategier som over en længere årrække ender i en tilbageføring. Det er værd at bemærke at de danske state-of-the-art projekter i afsnit 2.6 ikke gjorde brug af tilbageføring hvorimod at der i de internationale cases blev brugt tilbageføring som en del af et kombineret løsningsrum.



Nogle steder bliver bedre egnet til andre funktioner end det som de bruges til i samtiden, dette gælder både i byen og på landet.

Øverst: Oversvømmet byområde i New Orleans efter stormen Katrina, 2005.

Foto: Photo/U.S. Coast Guard, Petty Officer 2nd Class Kyle Niemi, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=3899195>

Nederst: Spor efter traktor i våd mark.

Foto: John Poyser, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=12492030>

	HAVSTIGNING	HÆNDELSE
TILBAGETRÆK AVOID		



## HAVSTIGNING TILBAGE- TRÆKNING



## TILBAGETRÆKNING TYPOLOGI

Foster Floodplain Natural Area, Portland, Oregon var i en længere periode et beboelsesområde.  
Foto: Wiberg 2015

Luftfoto 2016. Kiruna by i Sverige skal flyttes 3 km pga landsænkning skyldet den nærliggende mine.  
Foto: NASA International Space Station Program, <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=89010&src=e-oa-iotd>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=52750268>

Dland Studios projekt Bight: Coastal Urbanism med tilbagetrækningsstrategi  
Credit: Susannah Drake-Dlandstudio and Rafi Segal AU



## HÆNDELSER TILBAGE- TRÆKNING









































## AD-HOC TILBAGETRÆKNING, AVOID TYPOLOGIER



Lette konstruktioner og/eller 'oversvømmelses-parate' underetager og midlertidige tidsperspektiver kan indgå i tilbagetræknings- og avoid-strategier for lavtliggende områder.  
Venstre: Schweisisk let konstruktion. Foto: Kecko, Flickr  
Højre Foto, Tiny House i Portland. Foto: DanDavidCook - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=64072087>

## 4.5 OPSAMLING - MATRIX

Tilsammen illustrerer matricens kategorier og typologier de delkomponenter der kan bruges i kombinerede løsninger. Matricens løsningsrum skal derfor betragtes som et *mulighedsrum* for at skabe kombinerede løsninger. Nogle af typologierne er velkendte, andre er under udvikling. Under alle omstændigheder er der en bred palette af typologier som kan være med til både at beskytte, tilpasse og skabe andre værdier for byen, landskabet og det levede liv.

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
<b>BESKYTTELSE</b>  	     	         
<b>TILPASNING</b>  	   	      
<b>TILBAGETRÆK AVOID</b>  	 	

# 5. OPSAMLING & KONKLUSION

## 5.1 KOMBINEREDE LØSNINGER

*Fra løsningsrum til kombinerede mulighedsrum*

Gennemgangen af de 53 state-of-the-art projekter i afsnit 2.6 viste, at det særligt er de velkendte typologier som diger, dæmninger og sluser som benyttes i både nylige og pipeline projekter. Komplexiteten i udfordringerne er øget med havspejlsstigning, øgede stormflodshændelser og skybrud. Dette afspejledes ligeledes i den tidsmæssige udvikling i SOTA-projekterne. I lyset af øget urbanisering og en omfattende eksisterende bygningsmasse betyder det at der fremadret næppe vil være en 'one size fits all'. Som beskrevet i afsnit 2.2-5, går tendensen i de store nordamerikanske pipeline projekter henimod kombinerede løsninger hvor det ikke er enkeltstående typologi som skal løse det hele. Her repræsenterer de kombinerede løsninger en tilgang hvor nogle typologier er rettet mod hændelser imens andre er rettet mod havspejlsstigning.

De 'klassiske' beskyttelses- og tilpasningstypologier er særligt udfordrede på en række områder. Eksempelvis vil beboere bag huse på plinte få blokeret sit udsyn, første række bygninger bag diger vil få størst gener i forhold til en ellers attraktiv havudsigt med mindre de får en etage mere på hvilket igen giver gener for 2. og 3. række, diger og dæmnings opdelling mellem bagland og kystlandskab afskærer visuelle og fysiske forbindelser for vand samt økosystemers forbindelse mellem land og hav. Hertil kommer at udbygningsmuligheder over tid kan være begrænsede og yderst omkostningstunge.

Udviklingen af nye typologier, særligt indenfor det naturbaserede, åbner for et større løsningsrum med arkitektoniske og bymæssige potentialer. Særligt de naturbaserede typologier repræsenterer et mulighedsrum for en lang række merværdier indenfor natur og rekreative oplevelser, biodiversitet, nye erhverv, turisme, mv. For at kunne imødegå både havspejlsstigning og hændelser er der behov for langsigtede overvejelser og strate-



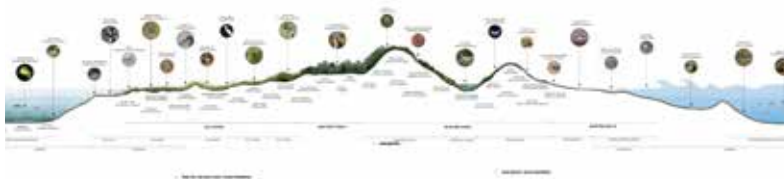
*Visualiseringer i de nordamerikanske projekter som f.eks. The Blue Dunes af West8 refererer til hvad der tidligere var naturfotografi som her - dog med den forskel at på visualiseringerne er byen ofte i baggrunden og rekreative aktiviteter indgår som en del af den samlede stemning. Foto: Dominicus Johannes Bergsma - Own work, CC BY-SA 4.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=54088442>*

gier der kan optage udvikling og usikkerheder over tid. Af samme grund er de storstilede nordamerikanske projekter baseret på et samspil mellem løsninger: kombinerede løsningsrum der kan skabe en række muligheder både i samtiden og fremtiden.

#### *Eksempler på typologier i nordamerikanske projekter*

De amerikanske projekter prioriterer i udpræget grad livability, merværdier og fortællingen om livet som det kunne leves i disse, kommende, resiliente byer. Disse projekter er udviklet af internationalt anerkendte, tværfaglige teams og der ligger ganske givet komplekse beregninger og overvejelser bag det viste udtryk. Det som måske fremgår mindre tydeligt i visualiseringerne er, hvilke fysiske greb de gør brug af. Hvilke typologier består projekterne af? Hvilke tiltag mindsker stormflodsskader og hvilke tiltag er relateret til havspejlsstigning? Hvad er det grønne på visualiseringerne og hvad gør det udover at være smukt? Gøres der brug af tilbagetrækningsstrategier, fjernes der eksisterende bygninger, bygges der super levees? Hvor 'sluttes' der til terræn eller by?

For at bringe mulighederne i kombinerede løsninger frem, giver de følgende sider eksempler på kategorier og typologier der umiddelbart kan aflæses i denne type projekter. Dette skal ikke ses som en uddybende analyse, men som en synliggørelse af de forskellige typologier der ser ud til at tages i brug og som tilsammen danner de blå-grønne resiliente byudviklingsstrategier.



Øverst: Snit fra *The Blue Dunes* der illustrerer de mange former for liv fra vand og indover land.  
Nederst: Visualisering fra *The Blue Dunes* viser en stemningsfuld naturoplevelse fordret af naturbaserede typologier som en integreret oplevelsen i direkte forlængelse af byen. Credit: West8, XYZ / Rebuild by Design

På de følgende sider er matricen (afsnit 4.5) brugt til en visuel analyse til at identificere typologier der bruges i nogle af de tidligere beskrevne nordamerikanske projekter. Ananalysen er udelukkend ebaseret på visualiseringer og skal derfor ses som ikke-udtømmende men mere en indikation. Visualiseringerne som har dannet baggrund for dette er fra hhv Rebuild by Design, Hurricane Sandy Design Competition, 'The Blue Dunes'<sup>1</sup> af hollandske West8 og XYZ, Resilient Boston 'Resilient Boston Harbor Vision'<sup>2</sup> af SCAPE Studio samt Bight:Coastal Urbanism<sup>3</sup> af DLAND Studio. Projekterne går i tråd med eksempler og tendenser i afsnit 2.2-4.' Ved at se på udtryk, navngivning og valget af typologier i projekterne Resilient Boston, The Blue Dunes og Bight:Coastal Urbanism, tegner der sig både en række sammenfald såvel som forskelligheder. Af sammenfald kan nævnes at de tre projekter er (a) baseret på kombinerede løsninger, (b) arbejder med en bred dynamisk zone der forbinder bebyggelse og hav, (c) benytter nye, naturbaserede typologier, (d) er baserede på begrebet resiliens (e) har et udpræget fokus på 'den gode by' hvor natur og naturlige udtryk bruges som grundlæggende elementer.

Til trods for at projekterne arbejder med nogle af de samme (mer)værdier og prioriterer et naturligt, sanseligt og rekreativt udtryk, gør projekterne dog ved nærmere eftersyn brug af relativt forskellige typologi-kombinationer i deres løsningsrum.

Resilient Boston ser ud til i høj grad at bruge af beskyttelsestypologier i form af bl.a. diger, levees og concrete highway lids kombineret med tilpasningstypologier som vådområder. Tiltagene arbejder sig indefra byen og indtager en ny zone med bl.a. marsk ude i vandet. Det ser ud til, at der også bygges en form for super-levees med nye bygninger der beskytter noget af den eksisterende by. Trods et grønt udtryk, fremstår Resilient Boston til for en større del at indskrive sig i velkendte beskyttelsestypologier som diger og dæmninger rettet mod havspejlsstigning suppleret med afbødning af hændelser vha af en bufferzone skabt af saltmarsk. Tilsammen er det en kombineret løsning med vægt mod beskyttelsestypologier som muligvis afspejler særlige forhold omkring Bostons landskab, tætheder og hvilke områder som allerede er bebygget. I The Blue Dunes fremstår tiltagene til at være placeret ude i selve havet hvori der arbejdes med typologier indenfor en bred, dynamisk zone som tilpasning rettet mod hændelser. I projektet er der ret konsekvent taget afsæt i typologier baseret på naturlige processer i form af barriere øer, sandfodring og klitter, samt sandsynligvis varianter over bølgebrydere og rev med habitater (living breakwaters). Det fremgår ikke af visualiseringerne hvilke tiltag der eventuelt arbejdes med på land.





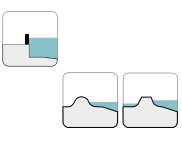
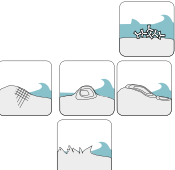




I Bight: Coastal Urbanism forslaget arbejdes der med en tydelig langsigtet strategi der kombinerer tilpasning rettet mod hændelser i form af naturbaserede typologier med tilbagetrækning over en 50 års periode og hvor der samtidig er indtænkt en decideret strategi for tætheder for en ny type by.

---





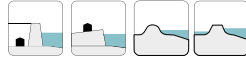






1 <http://www.rebuildbydesign.org/data/files/669.pdf>, <http://www.rebuildbydesign.org/our-work/all-proposals/finalist/blue-dunes--the-future-of-coastal-protection>  
2 <https://www.boston.gov/departments/environment/resilient-boston-harbor>  
3 <https://dlandstudio.com/Bight-Coastal-Urbanism>







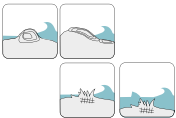




RESILIENT BOSTON  
Resilient Boston Vision (SCAPE Studio)

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  		
TILPASNING  		
TILBAGETRÆK AVOID  		





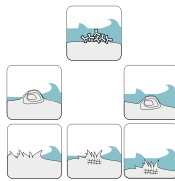





RESILIENT BOSTON  
Resilient Boston Vision (SCAPE Studio)

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  		
TILPASNING  		
TILBAGETRÆK AVOID  		

BLUE DUNES - THE FUTURE OF COASTAL PROTECTION  
New Jersey, USA (West8/XYZ, Rebuild By Design)

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  		
TILPASNING  		
TILBAGETRÆK AVOID  		

BIGHT: COASTAL URBANISM  
Tri-state, USA (DLAND Studio)

	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  		
TILPASNING  		
TILBAGETRÆK AVOID  		

Visuel analyse af identificerbare typologier, baseret på visualiseringer fra hhv. Resilient Boston, Blue Dunes samt Bight: Coastal Urbanism projekterne. Analysen er ikke udtømmende men peger på hvordan kombinerede løsninger i de nordamerikanske projekter arbejder med en bred palette af typologier.

### *Overførsel til en dansk kontekst*

I en dansk sammenhæng, kan inspiration og viden om nye typologier og deres forskellige kombinationsmuligheder bidrage til at synliggøre et større løsningsrum end der umiddelbart ses i de 30 state-of-the-art projekter, afsnit 2.6. De nordamerikanske eksempler er i sig selv under udvikling og der kunne med fordel etableres mere uddybende og opsamlende viden om disse. Herunder valg af, og samspil imellem, kategorier og typologier samt hvordan løsningerne sluttes til landskabet (terrænet) og byen.

Nogle samstillinger af typologier vil være mere relevante i ét landskab end et andet. Eksempelvis vil en østjysk fjordby med høje skrænter kunne optage andre kombinationer end en vadehavskystby med lavtliggende bagland. Mere lokale forskelle vil også spille ind, eksempelvis vil byområder hvor der i forvejen er en hård kant (f.eks. ved havnefronter) kunne fordre andre typologier en områder hvor land og vand mødes i form af blødere, lavtliggende kanter (f.eks. boligområder, grønne områder eller marker). Omfang og lokalitet af eksisterende bebyggelse, kulturarv og samfundsmæssige værdier vil ligeledes fordele sig forskelligt alt efter sin specifikke by- og landskabskontekst.

Selve samspillet mellem baglandets vand og havet som ses i form af blå-grønne strukturer der løber igennem byen i både Boston, New York og Bay Area projekterne (se afsnit 2.4) vil dog være en præmis som kan overføres direkte til en dansk sammenhæng. Ligeledes vil tilgangen hvor der arbejdes med en gradueret zone mellem land og vand være aktuel idet at en fuld beskyttelse af en kystby vil kunne betyde en fortificering som må anskues som u hensigtsmæssig.

**RESILIENT BOSTON HARBOR VISION AF SCAPE STUDIO**

Visualisering fra Resilient Boston Harbor Vision

Credit: SCAPE Studio

[www.scapestudio.com/projects/resilient-boston-harbor-vision/](http://www.scapestudio.com/projects/resilient-boston-harbor-vision/)

Diagrammatisk identificering af typologier: Wiberg



	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
BESKYTTELSE  	    	         
TILPASNING  	    	         
TILBAGETRÆK AVOID  	 	

**THE BLUE DUNES AF WEST 8 / XYZ**

Visualisering fra Blue Dunes- the Future of Coastal Protection´ forslag for New Jersey. Credit: West8, WXY / Rebuild By Design, www.rebuildbydesign.org  
 www.west8.com/projects/resilience\_strategies\_sustainability/blue\_dunes\_the\_future\_of\_coastal\_protection/  
 Diagrammatisk identificering af typologier: Wiberg



	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
<b>BESKYTTELSE</b>  		
<b>TILPASNING</b>  		
<b>TILBAGETRÆK AVOID</b>  		

**BIGHT: COASTAL URBANISM AF DLAND STUDIO**

Forslag til tilbagetrækningsstrategi, Tri-state, USA  
 Credit: Susannah Drake-Dlandstudio and Rafi Segal AU  
 www.dlandstudio.com/Bight-Coastal-Urbanism  
 Diagrammatisk identificering af typologier: Wiberg



	HAVSTIGNING 	HÆNDELSE 
<b>BESKYTTELSE</b>  	   	     
<b>TILPASNING</b>  	    	       
<b>TILBAGETRÆK AVOID</b>  	 	

## 5.2 TILTAG OG MERVÆRDI

At bygge by og byudvikle har i sit udgangspunkt et langt tidsperspektiv og indebærer væsentlige menneskelige, materialemæssige og økonomiske værdier. At tilgodese flere typer af værdi (merværdier), tidsperspektiver og forskelligtrettede interesser i byudviklingen kan ses som en måde adressere samtiden såvel som skabe mulighedsrum for fremtiden uden nødvendigvis at vide præcist hvor meget havet vil stige eller hvad som tillægges størst værdi i byen om 100 eller 200 år. Merværdi kan i det lys ses som en tilgang der kan have til forsæt om at 'åbne døre' fremfor at lukke dem; no-regret solutions. Dette kræver en langsigtet strategisk tilgang til byudvikling der tager afsæt i det eksisterende landskab (f.eks. terrænformer) og lokale forhold omkring bebyggelser (f.eks. kulturarv). I det følgende opsamles der på de tre kategorier beskyttelse, tilpasning og tilbagetrækning med fokus på typologier og merværdi i en byudvikling der skal tilpasses stigende havvand og øgede stormflodshændelser.

### *Klassisk beskyttelsestypologi med synlig merværdi*

Et best-practice eksempel på en statisk beskyttelsestypologi der integrerer flere typer af merværdi, er det hollandske Katwijk dige som modtog BNA<sup>1</sup> prisen i 2016. Katwijk diget er 1200 meter langt og har en betydelig højde på 10-11 meter. Selve grundstrukturen er i beton og diget er, trods sit milde udseende, en 'hård' kystbeskyttelsestypologi der søger at fremstå som påvirket af naturlige processer. Denne oplevelse er skabt i form af en designet zone, frem for linje, med bløde former og beplantning mellem byområdet og havet. Som grund-typologi er det en mur, eller super dige, som er tilført ekstra funktioner og formgivet som et forløb af klitter. Diget bruges indeni som parkeringshus og udenpå som et rekreativt landskab indplaceret mellem by og kyst. Her er lagt betydelig designmæssig prioritering for at skabe æstetisk og rekreativ merværdi i det oplevede 'beskyttelses landskab' der lykkes med både at forbinde byområdet med vandet samtidig med at det beskytter land fra vand.

Økonomisk må diget formodes at være en stor investering i både etablering og vedligehold. I en dansk kontekst i mindre og mellemstore kystbyer vil et sådant tiltag formentlig skulle være i en mindre skala. I så fald ville det skulle overvejes hvordan tiltaget udvides i højden over tid ved havspejlsstigning. F.eks ville det at bygge 'bakkerne' højere kræve at konstruktionen er dimensioneret til en væsentlig større last. Oplevelsesmæssigt vil des højere dige samtidig betyde mindre umiddelbar adgang og visuel forbindelse mellem kyst og bebyggelse. Yderligere overvejelser er, hvordan baglandets vand håndteres samt hvor diget slutter til. Selve Katwijk diget slutter til ved eksisterende diger og levees-hvilket i en del danske kystbyer ikke nødvendigvis er en mulighed

<sup>1</sup> BNA Best Building of the Year er den vigtigste arkitekturpris i Holland og uddeles af The Royal Institute of Dutch Architects (BNA).



*Katwijk projektet er baseret på en hård beskyttelsestypologi tilføjet funktioner som parkering og et udtryk som et rekreativt, naturligt landskab der fysisk og æstetisk forbinder byområdet med kysten og havet. Projektet er udført af hollandske Okra og Arcadis.  
Credit: Okra Landschapsarchitecten, [www.okra.nl](http://www.okra.nl)*

### *Innovation af tilpasningstypologier med merværdi*

De naturbaserede typologier viser en bred palette af muligheder for merværdi og har en karakter der kan udbygges over tid. Her er de tidligere beskrevne projekter i afsnit 4.2, som det storstilede sandfodringsprojekt Sandmotor samt MIT Self-Assembly Lab's eksperimenter for selvgroende øer og rev eksempler på innovative muligheder indenfor nye tilpasningstypologier. Generelt kan det siges at klitter, kunstige rev og barriere øer fremstår med store potentialer for merværdi. Eksempelvis i form af dyrkning af havgrøder (tang, østers, muslinger), øget biodiversitet, CO<sub>2</sub>-optag, turisme, friluftaktiviteter, nye erhvervspotentialer og ikke mindst som smukke, sanselige tiltag. I den forstand nærmer de naturbaserede typologier sig no-regret løsninger idet at der ser ud til at kunne skabes værdier på mange forskellige fronter. De naturbaserede tilpasningstypologier har store potentialer for strategisk samtænkning af typologier i løsningsrummet og kan umiddelbart udvikles over tid- efter behov og erfaringer. I forhold til havspejlsstigning kræver disse typologier dog et kombineret løsningsrum hvor der er samspil med f.eks. beskyttelse i form af mindre diger, tilbagetrækning over tid i meget lavtliggende områder, tilpasning i form af nye boligformer, mv.



Øverst: Natur og rekreation som grundtema i tilpasningen i zonen mellem land og vand. Visualisering fra *The Blue Dunes*. Credit: West8, XYZ / Rebuild by Design  
Nederst: Koncept for 'Living Breakwater' hvor tilpasning integreres som en metode til at skabe habitater og levende områder for planter, dyr og mennesker. Credit: SCAPE Studio / Resilient by Design



### *Tilbagetrækningstypologier er ikke business as usual*

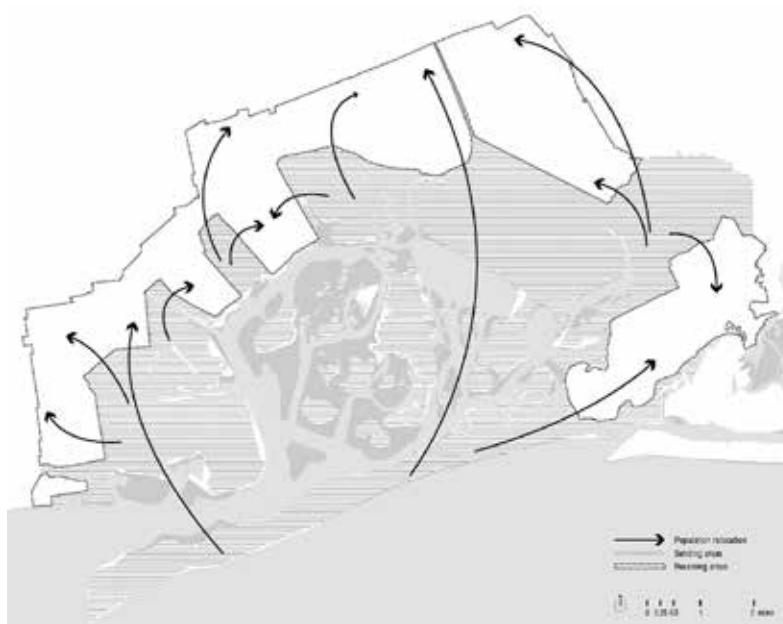
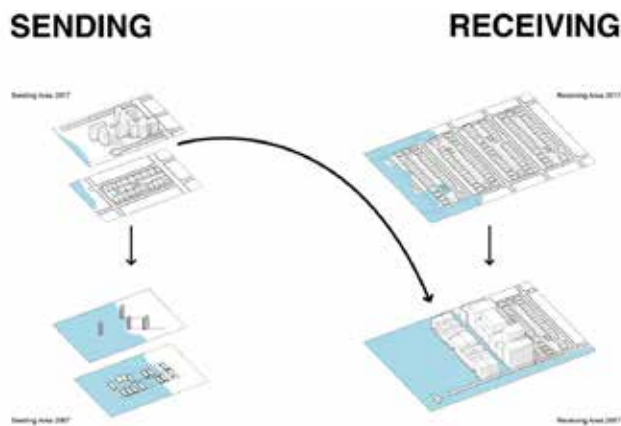
Som det kunne ses i gennemgangen af de 53 State-of-the-art projekter (afsnit 2.6), var tilbagetrækning repræsenteret blandt de 23 internationale projekter men ikke i de 30 danske projekter. Tilbagetrækning som kategori er den absolut mest følsomme i forhold til tilhørsforhold, ejendomsret, investeringer og forventningsafstemninger. I vores samtid er tilbagetrækning (og avoid) den kategori der lægger sig længst fra 'business as usual'. Til trods for ordets umiddelbart negative klang, vil manglende stillingtagen til tilbagetrækning som delkomponent på sigt kunne skabe unødvendige kritiske situationer. Byudvikling i våde områder har relevans for borgere, erhvervsliv og investeringer og risikerer at fordre en forventning til at kommuner eller stat bør afsætte midler til at sikre eksisterende bygninger. I det byer og byudvikling typisk har lange tidsperspektiver er tilbagetrækning væsentlig at diskutere som en del af et kombineret løsningsrum. Først og fremmest for ikke at bygge videre på tidligere tiders 'fejltagelser' eller bygge sig til yderligere problemer med havspejlsstigning og hændelser. Hertil lægger sig 'avoid' strategier til at undgå nybygning i oversvømmelsestruede områder og herved undgå senere behov for tilbagetrækning. Tilbagetrækningsstrategier er afhængige af at være meget lokalt forankrede i forhold til byen, landskabet og borgerne og må anses er en vigtig diskussion når der skal diskuteres kombinerede løsningsrum over tid.

Erfaringsmæssigt er tilbagetrækning nok den mindst beskrevne kategori i form af gode, samtidige eksempler. Her er Platrik og Cleveland's inddeling i disaster-, market- og plan-driven tilbagetrækning et konstruktivt udgangspunkt for diskussion af tilbagetrækning som en del af et løsningsrum. Historisk set er Disaster-driven tilbagetrækning velkendt i form af enten at efterlade eller flytte bebyggelser på grund af ændret klima eller naturkatastrofer. I nyere tid har superstorme i f.eks. Nordamerika, Afrika og Asien vidnet om områder hvor disaster- og market-driven tilbagetrækning er foregået med store konsekvenser, særligt for de fattigste indbyggere. Sådanne eksempler tegner et billede af noget som er gået galt, dog fortæller de ikke om hvad der kunne have været gjort og hvilke nye muligheder en plan-driven tilbagetrækning *kunne* have bidraget til.

Det kan være at der, udover Bight:Coastal Urbanism projektet, også indgår tilbagetrækningsstrategier i de andre profilerede nordamerikanske projekter fra hhv. Boston, Bay Area og New York. Dette fremgår dog ikke umiddelbart af de tilgængelige visualiseringer og overordnede beskrivelser af projekterne.

### Formidling af tilbagetrækning

Vi har de seneste århundreder vænnet os til, at kunne bygge by hvor vi vil det. På den vis kan tilbagetrækning virke særligt kontroversiel da den umiddelbart strider imod de praksisser vi har opbygget. Her til kommer, at plan-driven tilbagetrækning heller ikke er nemt formidlende eller inspirerende i billeder. På fotoeksemplerne i afsnit 4.4, ligner fra Foster Floodplain Natural Area mest af alt et relativt ordinært naturområde med stier. De viste luftfotos af Happisburgh fremstår heller ikke videre inspirerende. De beskrevne tilbagetrækningsstrategier for Happisburgh og Foster Floodplain Natural Area eksemplificerer dog i praksis hvordan helt lokale overvejelser (placemaking), miljømæssige hensyn og rekreative muligheder kan samtænkes og skabe merværdi lokalt, samtidig med at der klimatilpasses på landsby- og byniveau. I forhold til formidling, er The Bight: Coastal Urbanismprojektet særligt interessant idet at det visualiserer tilbagetrækning og samtidig peger på et mulighedsrum for visionær byudvikling over tid.



### Bight: Coastal urbanism

Øverst: Måske en af de få visualiseringer hvor tilbagetrækning illustreres med æstetiske potentialer for at skabe en tæt by med umiddelbar adgang og tilknytning til blå-grønne områder.

Venstre: Den svære del; hvem skal flytte og hvor skal de hen? I forslaget angives en byfortætningsstrategi baseret på tilflytning af beboerne fra oversvømmelsestruede områder pga havspejlstigning. Tri-state, USA.

Credit: Susannah Drake-Dlandstudio and Rafi Segal AU, [www.dlandstudio.com/](http://www.dlandstudio.com/) Bight-Coastal-Urbanism

### 5.3 GENERELLE OVERVEJELSER

*Byen, vandet, landskabet, naturen - og mennesker!*

Tilpasning til stigende havvand og hændelser fordrer en række spørgsmål til hvilken by vi ønsker fremadrettet, både helt lokalt, kvarters-, bymæssigt og regionalt. I disse overvejelser er de lokale terrænforhold, placering af kulturarv, vigtige institutioner og områder med stor betydning for borgere samt naturmæssige hensyn væsentlige at tage stilling til. Når et område sikres kan det betyde at andre områder lades i stikken. Dette fordrer at der tages langsigtet stiling til hvilke kombinerede løsninger der er brugbare i den enkelte kystby og dens lokale område og ikke mindst hvordan tiltagene kan udbygges og spille sammen over et længere tidsperspektiv så de kan optage usikkerheder i prognoser om havspejlsstigning og hændelser. frem for at bygge sig til lock-ins. Her kan mulighederne for at skabe merværdi og kvaliteter i vores samtid ses som et umiddelbart incitament til også at skabe muligheder til fremtiden.

Nogle grundlæggende spørgsmål med relevans for arkitektonisk kvalitet og valg af løsninger er bl.a.:

- *Hvordan er landskabet - kan der trækkes tilbage til højdedrag? Kan tiltaget 'sluttes til' bakkeformationer eller skal områder omsluttet?*
- *Har byen fortsat forbindelse til den kystlinje som den i sit udgangspunkt var placeret ved?*
- *Hvilke løsninger er egnede til et konstant øget pres fra havspejlsstigning - og hvilke er egnede til at mindske skadesomfang ved store hændelser?*
- *Hvordan virker tiltagene over tid, skabes der lock-ins eller kan de udbygges hvis realiteterne ændrer sig*
- *Hvilke kvaliteter, merværdier, kan et tiltag bidrage med udover ren sikring - på daglig basis (havspejlsstigning) eller i perioder mellem hændelser?*
- *Hvordan spiller forskellige løsninger sammen funktionelt og rumligt ?*
- *Understøttes multifunktionelle og arkitektoniske kvaliteter bedre af nogen løsninger end andre?*
- *Lades nogle i stikken? Er alle områder lige vigtige?*

## 5.4 KONKLUSION

### Status og state-of-the-art

#### *Danmark og de velkendte løsninger*

Kystbeskyttelse mod stormflod og ekstrem tidevande er velkendt i Danmark og har historisk, udover de sønderjyske værfter, for en stor del bestået i velkendte typologier som diger og dæmninger, senere hjulpet på vej af pumper. I en gennemgang af 30 danske state-of-the-art projekter for kystbeskyttelse baseret på Farago et als rapport fra 2018, ser det ud til at disse stadig er de foretrukne typologier sammen med sluser og højvandslukker der tilsyneladende er typologier i fremgang.

#### *Øget kompleksitet i udfordringer -kombinerede løsningsrum*

I samme gennemgang, bestående af 30 danske og 23 internationale state-of-the-art projekter ses det, at størstedelen af nylige og pipeline projekter nu er rettet både mod store hændelser som stormflod og havspejlsstigning. Dette øger kompleksiteten i løsningsbehovet som yderligere er påvirket af ændrede nedbørsmønstre. I Danmark øges kompleksiteten både af øget nedbør og mange steder grundvandsstigning.

#### *Nye typologier*

I Nordamerika pågår en række pipeline projekter med international bevågenhed som alle tager afsæt i kombinerede løsningsrum med en bred palette af typologier rettet mod både havspejlsstigning, store hændelser såvel som oplandsvand der bevæger sig ud mod kysten. I disse internationale projekter arbejdes der ikke med én eller to typologier der skal løse det hele, men derimod med udvikling af en bred vifte af typologier hvoraf nogle er rette mod at afbøde skadesomfanget ved store hændelser og andre er rettet mod havspejlsstigning (fra nu SLR). Der pågår her en væsentlig udvikling indenfor dynamiske typologier baseret på konstruerede naturlige processer, eksempelvis selvgroende barrierer øer, sandformationer, levende rev, saltmarsk og strandenge. Fælles for disse projekter er en tilgang hvor der fokuseres på hvad tiltagene bidrager med i 'mellemtiden', det vil sige perioderne mellem hændelser og imens SLR pågår. Dette er relateret til begrebet no-regret solutions som tilgodeser værdier udover ren beskyttelse mod oversvømmelse. Her tages afsæt i samtidens udfordringer forbundet til klimaændringer hvilket adresseres ved at udvikle typologier der kan bidrage til at øge biodiversiteten og styrke økosystemers forbindelse mellem indland og kyst.

#### *Resiliens og en ny byforståelse*

Disse internationale projekter repræsenterer en resiliens-baseret tilgang til beskyttelse af menneskelige interesser der samtidig skaber habitater til dyr og planter samt sanselige, rekreative og erhvervsmæssige 'habitater' til mennesker. Resiliens tilgangen og fokus på naturbaserede, dynamiske typologier afspejles i projektnavnene som f.eks. Resilient Boston, The Blue Dunes og South Bay Sponge. Dette afspejles ligeledes i selve vokabularret for nye typologier, f.eks. Living Shorelines og Living Breakwaters, såvel som på en større skala med termer og begreber som Coastal Green Infrastructures, Coastal Urbanism, Blue Urbanism og Blue Biophilic Cities (Beatley, 2014, 2018). Disse begreber

italesætter en gentænkning af relationen mellem by og vand og peger på muligheder for at leve og bygge med vandet som en integreret del af vores opfattelse af kystbyer.

#### *Matrix som indgang til et kombineret løsningsrum*

De mange delkomponenter som findes i de nordamerikanske projekter gør det samtidig mindre entydigt at afkode et givent projekt ud fra et arkitektonisk- og bymæssigt perspektiv. Hertil kommer, at det ikke umiddelbart er tydeligt hvilke typologier som afhjælper skadesomfanget ved f.eks. stormflod og hvilke typologier som beskytter mod SLR. Her kan en identifikation af delkomponenterne betragtet som rumlige typologier bidrage til at synliggøre løsningsrummet i en bredere forstand. For at bidrage til et overblik over et voksende løsningsrum, har vi etableret en matrix der udpeger hvorvidt et tiltag er rettet mod store hændelser og/eller SLR. Dette er opsat i forhold til IPCCs tre kategorier Beskyttelse, Tilpasning og Tilbagetrækning (IPCC, 1990) (samt Avoid). For at identificere mulighederne har vi i matrixen udpeget velkendte og nyere typologier som et mulighedsrum for kombinerede løsninger.

#### **Opmærksomhedspunkter**

##### *Des større usikkerheder, des længere tidshorisont*

Diger kan i sagens natur beskytte mod både SLR og stormflod. Udfordringen er dog, at hvis disse skal bygges i en højde der tager SLR i de kommende 50-100 år i betragtning og samtidig modstå stormflod bliver det i en arkitektonisk og bymæssig forstand kritisk at bo bag disse. Ved at fortsætte med løsninger der for en større del baseres på typologier som diger og sluser risikerer vi at gå glip af værdifulde muligheder i byudviklingen og bygge os til nye udfordringer med arkitektonisk og bymæssig betydning. Usikkerhedsmomentet, særligt i omfang og hastighed af havspejlsstigning, gør det væsentligt at kvalificere løsningsvalg der kan udvikle sig over tid alt som erfaringer og prognoser ændrer sig. Sat lidt på spidsen kan det siges at des større usikkerhed – des mere fleksibilitet og langsigtet planlægning er der behov for. Udviklingen indenfor –og behovet for- kombinerede løsninger kræver synliggørelse af typologier i forhold til deres fleksibilitet over tid. Herunder hvilke rumlige og funktionelle potentialer de kan opnå sammen. For at kvalificere løsningsvalg er den specifikke kontekst i form af byens struktur og historie sammen med landskabets karakteristika som terræn, vegetation og jordbundsforhold afgørende.

##### *Der er forskel på bystørrelser og råderum*

I en større del af de 30 gennemgåede danske state-of-the-art projekter er den internationale udvikling af nye typologier og kombinerede løsninger dog ikke umiddelbart slået igennem. De udbredte typologier diger og sluser som identificeres i de danske pipeline projekter kan være et tegn på en tendens til at vælge business as usual, det velkendte. Her er et opmærksomhedspunkt at der er stor forskel på størrelsen af danske kystbyer (udenfor storkøbenhavn) og de nordamerikanske projekter. Dermed er der også mindre økonomisk råderum og specifikt behov for helt lokale by- og landskabsmæssige overvejelser.

## Vidensbehov

*Nye udfordringer og typologier udvider det velkendte løsningsrum*

De dynamiske, naturbaserede typologier der internationalt er i fremgang kan af naturlige grunde ikke evalueres over tid endnu. Et eksempel er dog Sandmotor som efter fem år 'performede' bedre på fire ud af fem parametre indenfor afledte værdier som biodiversitet og rekreative aktiviteter. Erfaringer kan dog også findes i naturligt forekommende vådområder nær byer. Eksempelvis beskyttede en naturlig saltmarsk et større byområde og afbødede skadesomfanget betragteligt under Superstorm Sandy (Narayan et al, 2017). Her kan erfaringer fra byområder som er, eller historisk har været, beskyttet af naturligt forekommende strandenge, saltmarske, rev og barriere øer give yderligere viden. Usikkerhederne om hastigheden af havspejlsstigning giver behov for undersøgelse af forskellige scenarier med fokus på fleksibilitet over en længere tidshorison. Dette vil kunne bidrage til at kvalificere og nytænke muligheder indenfor kombinerede løsningsrum. Her er der særligt brug for viden om hvordan forskellige typologier rumligt, arkitektonisk kan spille sammen med byudvikling i forskellige landskabstyper over tid.

*Fra kystlinje til dynamisk zone*

Udviklingen i de internationale projekter peger på et paradigmeskifte hvor opfattelsen af kystlinjen som en statisk linje der skal beskyttes i stedet ansues som en relativt bred, dynamisk zone mellem land og vand hvori løsningsrummets kombinerede typologier indskrives sig. Disse projekter arbejder med en gradient frem for linje. Hertil kommer at indland, by og hav forbindes igennem blå-grønne infrastrukturer. Samtidens planlægnings- og byudviklingspraksisser er dog bygget op omkring linjer i form af administrative og økonomiske grænser. Her er behov for viden om og eksemplificering af nye tilgange og metoder der kan belyse forholdet mellem land og vand som en dynamisk zone.

*Tilbagetrækning – afvikling eller et mulighedsrum i byudviklingen*

Indenfor IPCCs tre kategorier beskyttelse, tilpasning og tilbagetrækning (samt Avoid) er planlagt tilbagetrækning særligt underbelyst. I de 30 danske state-of-the-art projekter var denne kategori ikke eksisterende hvorimod flere af de 23 internationale state-of-the-art projekter integrerede tilbagetrækning med andre typologier. Yderligere viden om mulighederne for kombinerede løsningsrum der, f.eks. over tid, også gør brug af tilbagetrækning er særlig vigtig viden i forhold til borgere, investorer og politikere. Selve ordet tilbagetrækning kan i sig selv have en negativ klang som umiddelbart kan stride imod ejendomsretten. Tilbagetrækning har så at sige en indbygget negativ klang der giver associationer til *afvikling* og derigennem kan synes uforenelig med det vi traditionelt kender som *byudvikling*. Det til trods, er det en kategori der bruges i både England, Skotland og USA hvor både den enkelte og byområder har oplevet positive sideeffekter af planlagt tilbagetrækning.



## BIBLIOGRAFI

- Beatley, T., 2018. Evolving Perspectives on Coastal Resilience: EVOLVING PERSPECTIVES ON COASTAL RESILIENCE. *City Community* 17, 16–20. <https://doi.org/10.1111/cico.12284>
- Beatley, T., 2014. *Blue urbanism : exploring connections between cities and oceans*. Island Press, Washington, D.C.
- Beatley, T., 2000. *Green urbanism: learning from European cities*. Island Press, Washington, DC.
- Charlier, R.H., Chaineux, M.C.P., Morcos, S., 2005. Panorama of the History of Coastal Protection. *J. Coast. Res.* 211, 79–111. <https://doi.org/10.2112/03561.1>
- Chini, C., Canning, J., Schreiber, K., Peschel, J., Stillwell, A., 2017. The Green Experiment: Cities, Green Stormwater Infrastructure, and Sustainability. *Sustainability* 9, 105. <https://doi.org/10.3390/su9010105>
- Christensen, J., 2017. *Urbaniseringen i Danmark siden 1926 (Analysenotat)*. Kommunernes Landsforening (KL).
- CIP, n.d. *Sea Level Rise Primer Summary Guide*.
- COWI, 2017. *BYERNES UDFORDRINGER MED HAVVANDSSTIGNING OG STORMFLOD*.
- defra.gov.uk, 2012. *Coastal Change Pathfinder Review. Final Report*. Flood Management Team. [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk), Department for Environment, Food, and Rural Affairs.
- DHI, Hasløv & Kjærsgaard, 2015. *Kystdynamik og kystbeskyttelse Naturlige erosions- og oversvømmelsesprocesser – beskyttelsesmetoders virkning og økonomi*.
- Di Baldassarre, G., Kreibich, H., Vorogushyn, S., Aerts, J., Arnbjerg-Nielsen, K., Barendrecht, M., Bates, P., Borga, M., Botzen, W., Bubeck, P., De Marchi, B., Llasat, C., Mazzoleni, M., Molinari, D., Mondino, E., Mård, J., Petrucci, O., Scolobig, A., Viglione, A., Ward, P.J., 2018. Hess Opinions: An interdisciplinary research agenda to explore the unintended consequences of structural flood protection. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 22, 5629–5637. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5629-2018>
- DMI, 2018. *Fremtidige klimaændringer i Danmark [WWW Document]*. Dan. Meteorol. Inst. URL <https://www.dmi.dk/klima/temaforside-fremtidens-klima/fremtidens-klima-i-danmark/?L=1> (accessed 4.25.19).
- Fragó, M., Arnbjerg-Nielsen, K., Rasmussen, E.S., Fryd, O., Rønne Nielsen, E., 2018. *Coastal protection technologies in a Danish context*. Vand i Byer - Innovationsnetværk for klimatilpasning, Høje Tåstrup, Denmark.
- Gascon, M., Zijlema, W., Vert, C., White, M.P., Nieuwenhuijsen, M.J., 2017. Outdoor blue spaces, human health and well-being: A systematic review of quantitative studies. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 220, 1207–1221. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.08.004>
- Geodatastyrelsen, 2013. *Nyt kort viser, hvor Danmark synker*.
- Grigg, N.S., 2019. Global water infrastructure: state of the art review. *Int. J. Water Resour. Dev.* 35, 181–205. <https://doi.org/10.1080/07900627.2017.1401919>
- Hill, K., 2015. Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise. *Front. Ecol. Environ.* 13, 468–476. <https://doi.org/10.1890/150088>
- Ingeniøren, 2016. *Danmark spilder milliarder på at beskytte kysten med overflødige høfder*. Ingeniøren.dk 3.



## BIBLIOGRAFI

- Kaag Andersen, A., Christiansen, H., Jørgensen, U.R., Thorsen, T., 2018. Indbyggere og jobs samles i byerne (DST Analyse). Danmarks Statistik (DST).
- Klimatilpasning.dk, 2014. Danske kystbyer synker.
- Martin, S., 2012. Examples of 'no-regret', 'low-regret' and 'win-win' adaptation actions.
- McHarg, I.L., 1969. Design with nature, First edition, second printing. ed. Doubleday, New York.
- MIT Self-Assembly-Lab, 2019. Growing Islands. MIT.
- Narayan, S., Beck, M.W., Wilson, P., Thomas, C.J., Guerrero, A., Shepard, C.C., Reguero, B.G., Franco, G., Ingram, J.C., Trespalacios, D., 2017. The Value of Coastal Wetlands for Flood Damage Reduction in the Northeastern USA. *Sci. Rep.* 7, 9463. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-09269-z>
- Naturstyrelsen, CRES, 2014. Analyse af IPCC delrapport 2 - Effekter, klimatilpasning og sårbarhed- med særligt fokus på Danmark. Miljøministeriet, Naturstyrelsen.
- Nordstrom, K.F., 2014. Living with shore protection structures: A review. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 150, 11–23. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2013.11.003>
- O'Donnell, J.E.D., 2017. Living Shorelines: A Review of Literature Relevant to New England Coasts. *J. Coast. Res.* 332, 435–451. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-15-00184.1>
- Plastrik, P., Cleveland, J., 2019. CAN IT HAPPEN HERE? IMPROVING THE PROSPECT FOR MANAGED RETREAT BY US CITIES. Innovation Network for Communities With funding from the Summit Foundation, [lifeaftercarcon.net](http://lifeaftercarcon.net).
- Powell, E.J., Tyrrell, M.C., Milliken, A., Tirpak, J.M., Staudinger, M.D., 2019. A review of coastal management approaches to support the integration of ecological and human community planning for climate change. *J. Coast. Conserv.* 23. <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0632-y>
- Rijkswaterstaat, 2016. The Sand Motor: driver of innovative coast maintenance (Interim results 2011-2015). Ministry of Infrastructure and the Environment.
- Sutton-Grier, A.E., Wowk, K., Bamford, H., 2015. Future of our coasts: The potential for natural and hybrid infrastructure to enhance the resilience of our coastal communities, economies and ecosystems. *Environ. Sci. Policy* 51, 137–148. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.006>
- UN, 2018a. *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision*. United Nations, Economic & Social Affairs.
- UN, 2018b. *Population Facts. The speed of urbanization around the world (No. 2018/1)*. United Nations, Department of Economic & Social Affairs, Population Division.
- VanKoningsveld, M., Mulder, J.P.M., Stive, M.J.F., VanDerValk, L., VanDerWeck, A.W., 2008. Living with Sea-Level Rise and Climate Change: A Case Study of the Netherlands. *J. Coast. Res.* 242, 367–379. <https://doi.org/10.2112/07A-0010.1>
- Wagner, M., Merson, J., Wentz, E., n.d. Design with Nature: Key lessons from McHarg's intrinsic suitability in the wake of Hurricane Sand. *Andscape Urban Plan.* 155, 33–46.
- Wedin, A., n.d. ETHICAL ISSUES RELEVANT TO ADAPTATION TO RISING SEA LEVELS. AN OVERVIEW.
- WXY, West8, Stevens Institute of Technology, AIR Worldwide, Arcadis, n.d. The Blue Dunes Report. [RebuildByDesign.org](http://RebuildByDesign.org).

## WEBSITES

### Projektreferencer

Dland Studio:  
<https://dlandstudio.com/Bight-Coastal-Urbanism>

MIT Self Assembly Lab:  
<https://selfassemblylab.mit.edu/growing-islands>

Okra:  
<https://www.okra.nl/en/projects/kustversterking/>

Rebuild by Design:  
<http://www.rebuildbydesign.org/our-work/sandy-projects>

<http://www.rebuildbydesign.org/our-work/bay-area-challenge>

SCAPE Studio  
<https://www.scapestudio.com/projects/living-breakwaters-competition/>

<https://www.scapestudio.com/projects/resilient-boston-harbor-vision/>

West8  
[http://www.west8.com/projects/resilience\\_strategies\\_sustainability/blue\\_dunes\\_the\\_future\\_of\\_coastal\\_protection/](http://www.west8.com/projects/resilience_strategies_sustainability/blue_dunes_the_future_of_coastal_protection/)

## APPENDIX A1

### Oversigt, liste

#### 30 danske State-of-the-art projekter

Oversigten er baseret på metoder beskrevet i dette notat afsnit 4.5 baseret på 'Coastal protection technologies in a Danish context' (Faragó et al. 2018), Appendix A 'A State of the art of coastal protections technologies in a Danish context', side 65-76 Faragó, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønne Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018). Coastal protection technologies in a Danish context. Vand i Byer. 2018

#### Historical solutions

1. Coastal protection at Thyborøn, West Jutland  
Problem: storm surge, erosion  
Typologies:  
1a Groynes  
1b Coastal feeding  
1c Dike
2. Dikes at the Wadden Sea, Southwest Jutland  
Problem: storm surge  
Typologies:  
2a Dike at Tønder Tønder Marsken  
2b Højer sluice  
2c Det Fremskudte Dike  
2d Vidå sluice
3. Ribe, Southwest Jutland  
Problem: storm surge  
Typologies:  
3a Ribe Dike  
3b Ribe Kammersluse
4. Køge Bugt Strandpark, Zealand  
Problem: storm surge)  
Typologies:  
4a breakwaters, 4b artificial beach
5. Det Lollandske dige, Lolland  
Problem: storm surge  
Typologies:  
5a dike, (5b sluice)
6. Hvide Sande, West Coast  
Problem: regulating water level, navigation  
Typologies:  
6a dunes, 6b sluices
7. Coastal protection of West Coast  
Problem: erosion  
Typologies:  
7a breakwaters, 7b beach nourishment
8. Værft(ø)- terps, North/South West Jutland  
Problem: storm surge, high tide  
Typologies:  
8a earth mound
9. Gyldensteen Strand, North coast Funen (land reclamation)  
Typologies:  
9a dike/dam
10. Amager strandpark, Zealand- Copenhagen  
Problem: storm surge  
Typologies:  
10a dike/barrier island, 10b wavebreaker (artificial beach recent, unresolved category in appendix)
11. Vestamager dike, Zealand- Copenhagen  
Problem: storm surge  
Typologies:  
11a dike

**Recent solutions**

12. Coastal protection of North Funen  
Problem: erosion

Typologies:  
12a sand nourishment  
12b wave breakers

13. Floodwall at Lemvig, Limefjord  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
13a floodwall

14. Fredericia C, South Jutland  
Problem: storm surge, sea level rise)

Typologies:  
14a floodwall

15. Gentofte Kommune, (Zealand) (problem: erosion, storm surge)

Typologies:  
15a coastal road (dike)

16. Coastal protection in Copenhagen  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
16.1 Amager strandpark: 16.1a barrier island,  
16.1b wavebreakers  
16.2 Vestamager dike: 16.2a dike  
16.3 Avedøre Holme dike: 16.3a dike

17. Nørresundby Waterfront, Aalborg-North Jutland

Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies:  
17a floodwall

18. Aarhus  
Problem: storm surge, sea level rise, cloud-burst

Typologies:  
18a sluice, 18b dike

19. Frederiksværk, Zealand  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
19a sluice

20. Vejle  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
20a sluice

21. Buildings related solutions (elevated buildings)

Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies: not in matrix, smaller scale/individual typology

22. Water tubes  
Problem: storm surge

Typologies:  
22a mobile barriers

**Pipeline projects**

23. Vejle  
Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies:

23.1 Blue Green Necklace: 23.1a floodwall,  
23.1b dike  
23.2 Inside Out: 23.2a floodwall, 23.2b dam  
23.3 Super Dike: 23.3a super dike

24. Odense  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
24.1 Stige Ø: 24.1a sluice, 24.1b dikes, 24.1c floodwall  
24.2 Seden Strandby: 24.3a dike  
24.3 Færgevej: 24.3a dike

25. København  
Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:  
25.1 Trekroner-Kalveboder: 25.1a dams,  
25.1b dikes, 25.1c floodgates  
25.1 Nordhavnen: 25.2a dams, 25.2b dikes, 25.2c floodgates  
25.1 Svanemøllen: 25.3a dams, 25.3b dikes, 25.3c floodgates  
25.1 Amager East Coast: 25.4a dams, 25.4b dikes, 25.4c floodgates

26. Randers  
Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies:  
26a dikes, 26b sluices

27. Kerteminde  
Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies:  
27a floodwall, 27b sluices, 27c dike

28. Planned sluices in Denmark  
Problem: storm surge, sea level rise)

Typologies:  
28.1 Frederikssund: 28.1a sluice, 28.1b dike  
28.2 Køge: 28.2a sluice, 28.2b dike, 28.2c dam  
28.3 Korsør: 28.3a sluice  
28.4 Sakskøbing: 28.4a sluice  
28.5 Randers (already shown in Case 26)  
28.6 Esbjerg: 28.6a sluice  
28.7 Thyborøn: 28.7a sluice  
28.8 Kolding: 28.8a sluice  
28.9 Kerteminde: 28.9a sluice

29. Assens Havn  
Problem: storm surge, sea level rise  
Typologies:  
29a floodwalls, 29b dikes, (29c gates)

30. North Zealand Coast  
Problem: erosion  
Typologies:  
30a sand nourishment, 30b slope protection

APPENDIX A2  
OVERSIGT, MATRIX

30 DANSKE STATE-OF-THE-ART PROJEKTER

Metoder for denne oversigt er beskrevet i dette notat afsnit 4.5. Matricen er baseret på matrix udarbejdet af Kristina Hill, 2015: Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise. Front. Ecol. Environ. 13, 468–476. <https://doi.org/10.1890/150088> Matrix side 472.

De 30 state-of-the-art projekter er baseret på 'Coastal protection technologies in a Danish context', Appendix A 'A State of the art of coastal protections technologies in a Danish context' side 65-76. Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018). Coastal protection technologies in a Danish context. Vand i Byer. 2018.

Statisk mur <i>seawalls, floodwalls, concrete highway lids</i>					Dynamisk mur <i>tide gates, movable surge barriers, temporary walls</i>					
1a	23.1a	25.4a			29c	28.3a	25.3c	19a	2b	
13a	23.2a	27a				28.4a	25.4c	20a	2d	
14a	24.1c	28.2c				28.6a	26b	22a	3b	
15a	25.1a	29a				28.7a	27b	24.1a	5b	
17a	25.2a					28.8a	28.1a	25.1c	6b	
18b	25.3a					28.9a	28.2a	25.2c	18a	
Statisk terrænform <i>levees, superdikes, mounds, breakwaters</i>					Dynamisk terrænform <i>beaches, sanddunes and bars, marshes</i>					
5a	12b	23.2b	25.3b	28.2b					16.1a	
4b	11a	23.1b	25.4b	28.1b					12a	
3a	10a	16.3a	24.3a	27c					7b	
2c	9a	16.2a	24.2a	26a					6a	
2a	8a	16.1b	24.1b	25.1b			30b		4a	
1c	7a	15b	23.3a	25.2b	29b			30a		1b

1a	Eks. Case 1 med to typologier,	Case numre som er placeret hér, angiver uafklarede løsninger eller typologier der ikke kan indgå i matricen, f.eks. tilpasning på bygningsniveau og tilbagetrækning	16a	21	28.5
1b	hhv. 1a og 1b		Amager Strandpark, gentagelse	Lerbyvej, building related	Randers sluse, indgår i case 26a
1.1a	Eks. Case 1 med to delprojekter,				
1.2a	hhv. 1.1a og 1.2a				
1.1a	Eks. Case 1 med to delprojekter,				
1.1b	1.1a og 1.2a, med to typologier				
1.2a	for hvert delprojekt				
1.2b	hhv. 1.1a og 1.1b, 1.2a og 1,2b				

APPENDIX A3  
OVERSICHT, SKEMA

DENMARK case number	sea level rise	storm surge	high tide	erosion	land reclam.	reg. water level, navigation	cloudburst, others
01 historical		X		X			
02 historical		X					
03 historical		X					
04 historical		X					
05 historical		X					
06 historical						X	
07 historical				X			
08 historical		X	X				
09 historical					X		
10 historical							X
11 historical		X					
12 recent				X			
13 recent	X	X					
14 recent	X	X					
15 recent		X		X			
16 recent	X	X					X
17 recent	X	X					
18 recent	X	X					X
19 recent	X	X					
20 recent	X	X					
21 recent	X	X					
22 recent		X					
23 pipeline	X	X					
24 pipeline	X	X					
25 pipeline	X	X					
26 pipeline	X	X					
27 pipeline	X	X					
28 pipeline	X	X					
29 pipeline	X	X					
30 pipeline				X			

Skemaet er baseret på en direkte optælling ud af de 30 danske cases i Appendix A 'Coastal protection technologies in a Danish context' Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018).

## APPENDIX B1

### OVERSIGT, LISTE

#### 23 INTERNATIONALE STATE-OF-THE-ART PROJEKTER

Metoder for denne oversigt er beskrevet i dette notat afsnit 4.5.

De 23 state-of-the-art projekter er baseret på 'Coastal protection technologies in an international context', Appendix B 'A State of the art of coastal protections technologies in a Danish context' side 77-84. Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018). Coastal protection technologies in a Danish context. Vand i Byer. 2018.

#### Historical solutions

##### 1. THAMES BARRIER, LONDON, UK

Problem: storm surge

Typologies:

1a movable flood barrier

##### 2. Eider Barrage, DE

Problem: storm surge

Typologies:

2a barrage

##### 3. Oosterschelde barriers, NL

Problem: storm surge

Typologies:

3a sluice, 3b dam

##### 4. Maeslantkering, NL

Problem: storm surge

Typologies:

4a storm surge gate/sluice

##### 5. Afsluitdijk, NL

Typologies:

5a dam

Problem: storm surge

##### 6. Hondsbossche en Pettemer Zeewering, NL

Problem: storm surge

Typologies:

6a dike, 6b dune, 6c beach nourishment

#### Recent solutions

##### 7. Tokyo, JA

Problem: storm surge

Typologies:

7a super levee, 7b relocation

##### 8. Saint Petersburg Flood Prevention Facility

Complex, RU

Problem: storm surge

Typologies:

8a dams, 8b locks

##### 9.

IHNC (Inner Harbor Navigation Canal Lake

Borgne Surge Barrier) Lake Borgne Surge

Barrier in New Orleans, USA

Problem: storm surge

Typologies:

9a wall, 9b gates

##### 10. Katwijk coastal works project , NL

Problem: storm surge

Typologies:

10a dike

##### 11. Dakpark, Rotterdam, NL

Problem: ?

Typologies:

11a dike

##### 12. Boulevard Scheveningen in the Hague, NL

Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:

12a floodwall, 12b beach nourishment

##### 13. Cleveleys, North West UK

Problem: sea level rise

Typologies:

13a floodwall

##### 14. Examples of mobile solutions:

Problem: storm surge (river)

Typologies:

14.1. Grein, Austria: 14.1a floodwall, 14.1b mobile barrier

14.2. Stein-Krems, Austria: 14.2a mobile barrier

14.3. Dresden, Germany: 14.3 mobile barrier

##### 15. Water tubes, France

Problem: storm surge (river)

Typologies:

15a water tubes

##### 16. Managed retreat, UK, NL

Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:

16.1 UK: 16.1a

16.1 NL: 16.2a

##### 17. Building-related solutions, USA, DE

Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:

17.1 Grand Barachois, US: 17.1a elevated floor/foundation

17.2 Hafen City Hamburg, DE: 17.2a adopting gates

#### Pipeline projects

##### 18. MOSE of Venice (Italy)

Problem: storm surge

Typologies:

18a Mobile gate

##### 19. Tunnels to protect Bangkok, TH

Problem: flood from intense rainfall/drainage system not fully functional

Typologies:

19a underground basins

##### 20. NYC Manhattan Seaport City, USA

Problem: storm surge

Typologies:

20a Dike

##### 21. Dryline, New York, USA

Problem: storm surge

Typologies:

21.a floodwall

##### 22. Proposal for Galveston Island State, USA

Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:

22a sand dunes, 22b salt marshes

##### 23. Project on Long Island entitled: "Bight: Coastal Urbanism", USA

Problem: storm surge, sea level rise

Typologies:

23a retreat, 23b saltmarsh, 23c dunes, 23d barrier islands

APPENDIX B2  
OVERSIGT, MATRIX

23 INTERNATIONALE STATE-OF-THE-ART PROJEKTER

Metoder for denne oversigt er beskrevet i dette notat afsnit 4.5. Matricen er baseret på Kristina Hill, 2015: Coastal infrastructure: a typology for the next century of adaptation to sea-level rise. *Front. Ecol. Environ.* 13, 468–476. <https://doi.org/10.1890/150088>, matrix side 472  
De 23 state-of-the-art projekter er baseret på 'Coastal protection technologies in an international context', Appendix B 'A State of the art of coastal protections technologies in a Danish context' side 77-84. Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018). Coastal protection technologies in a Danish context. *Vand i Byer*. 2018.

<p><b>Statisk mur</b> <i>seawalls, floodwalls, concrete highway lids</i></p>	<p><i>tide gates, movable surge barriers, temporary walls</i> <b>Dynamisk mur</b></p>
<p>3b 13a</p> <p>5a 14.1a</p> <p>8a 21a</p> <p>9a</p> <p>11a</p> <p>12a</p>     <p>20a</p> <p>10a</p> <p>7a</p> <p>6a</p> <p><b>Statisk terrænform</b> <i>levees, superdikes, mounds, breakwaters</i></p>	<p>14.1b 1a</p> <p>14.2a 2a</p> <p>14.3a 3a</p> <p>15a 4a</p> <p>18a 8b</p> <p>9b</p>           <p>22b</p> <p>22a</p> <p>12b</p> <p>23d 8b</p> <p>23c 6c</p> <p>23b 6b</p> <p><b>Dynamisk terrænform</b> <i>beaches, sanddunes and bars, marshes</i></p>

<p>1a Eks. Case 1 med to typologier, 1b hhv. 1a og 1b</p> <p>1.1a Eks. Case 1 med to delprojekter, 1.2a hhv. 1.1a og 1.2a</p> <p>1.1a Eks. Case 1 med to delprojekter, 1.1b 1.1a og 1.2a, med to typologier 1.2a for hvert delprojekt 1.2b hhv. 1.1a og 1.1b, 1.2a og 1,2b</p>	<p>Case numre som er placeret hér, angiver uafklarede løsninger eller typologier der ikke kan indgå i matricen, f.eks. tilpasning på bygningsniveau og tilbagetrækning</p> <p>7b Tokoy, JA Relocation dwellings</p> <p>16.1a Alkborough Flats Managed retreat, UK</p> <p>16.2a Noordwaard Managed retreat, NL</p> <p>17.1a Foundation Height, US Grand Barachois</p> <p>17.2a Gates, buildings, DE Hafen City, Hamburg</p> <p>19a Flood Tunnel System, Rainwater Bangkok, TH</p> <p>23a Bight: Coastal Urbanism, US Managed retreat</p>
--	---

## APPENDIX B3

### OVERSIGT, SKEMA 23 INTERNATIONALE CASES

Skemaet er baseret på en direkte optælling ud af de 23 internationale cases i Appendix B 'Coastal protection technologies in a Danish context', side 77-84. Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Rønde Nielsen, E., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2018).

<b>INTERNATIONAL case number</b>	<b>sea level rise</b>	<b>storm surge</b>	<b>high tide</b>	<b>erosion</b>	<b>land reclam.</b>	<b>reg. water level, navigation</b>	<b>cloudburst, others</b>
01 historical		<b>X</b>					
02 historical		<b>X</b>					
03 historical		<b>X</b>					
04 historical		<b>X</b>					
05 historical		<b>X</b>					
06 historical		<b>X</b>					
07 recent		<b>X</b>					
08 recent		<b>X</b>					
09 recent		<b>X</b>					
10 recent		<b>X</b>					
11 recent							<b>X</b>
12 recent	<b>X</b>	<b>X</b>					
13 recent	<b>X</b>						
14 recent		<b>X</b>					
15 recent		<b>X</b>					
16 recent	<b>X</b>	<b>X</b>					
17 recent	<b>X</b>	<b>X</b>					
18 pipeline		<b>X</b>					
19 pipeline							<b>X</b>
20 pipeline		<b>X</b>					
21 pipeline		<b>X</b>					
22 pipeline	<b>X</b>	<b>X</b>					
23 pipeline	<b>X</b>	<b>X</b>					







## **HAVSPEJLSSTIGNING**

### **Arkitektonisk kvalitet og typologier for løsningsrum i kystbyer**

Udarbejdet for Realdania i regi af kampagnen Byerne og det stigende havvand

Forfatter: Katrina Wiberg, Projektleder: Tom Nielsen

Sted: Lab1, Arkitektskolen Aarhus Dato: 9. Oktober 2019

AARHUS SCHOOL OF ARCHITECTURE