



Aabenraa og fjorden

Højvandsbeskyttelse – Mulighedskatalog

AABENRAA KOMMUNE

Dato: 16. august 2021

Indhold

1	Indledning.....	3
2	Mulighedskatalog.....	3
2.1	Mobile løsninger.....	3
2.2	Planmæssige løsninger.....	4
2.3	Regionale løsninger.....	6
2.3.1	Højvandsmure.....	6
2.3.2	Strande, og klitter.....	7
2.3.3	Barrierer, højvandporte og sluser.....	7
2.3.4	Diger.....	8
2.3.5	Dæmninger.....	9
2.3.6	Forhøjet infrastruktur.....	9
2.3.7	Generel landhævning.....	10
2.3.8	Højvandslukker.....	10
2.4	Lokale løsninger.....	10
2.4.1	Lokal landhævning.....	10
2.4.2	Byggetekniske løsninger på enkeltparceller.....	11
2.4.3	Flydende huse.....	11
2.5	Oversigt.....	12
2.5.1	Priser.....	13

1 Indledning

Følgende er en del af projektet "Byerne og det stigende havvand". I projektet støtter Realdania og Kystdirektoratet, Miljøministeriet i alt 9 kommuner i udarbejdelsen af en række pilotprojekter.

I pilotprojektet Aabenraa og fjorden er der udviklet tre byudviklings scenarier. Disse kaldes scenarie A, B og C. Hertil kommer et 0-scenarie, hvor der alene foretages den højvandsbeskyttelse og den byomdannelse, som allerede i dag er besluttet.

For hvert scenarie er der skitseret en højvandsbeskyttelse. Selve udviklingen af højvandsbeskyttelsen vil være en iterativ proces som udformes sammen med byudviklingen. Der vil således både være et tidsperspektiv, altså hvornår beskytter man sig til hvilken statistisk hændelse og der vil være et planmæssigt perspektiv, med udgangspunkt i hvordan man beskytter sig i forhold til byudvikling og planlagt arealanvendelse. Med hensyn til det sidste opererer man dels med lokale løsninger og dels med regionale løsninger.

Det følgende er et mulighedskatalog som gennemgår de umiddelbare mulige løsninger og deres fordele og ulemper. Det vil være delt op i mobile løsninger, planmæssige løsninger, regionale løsninger og lokale løsninger.

2 Mulighedskatalog

2.1 Mobile løsninger

Mobile løsninger er løsninger som kun sættes op ved varsel om at stormfloden kommer. Typiske mobile løsninger er:

- Sandsække
- Watertubes
- Svinerygsplanker
- Pumper
- Mobile barrikader

Eksempler på mobile løsninger er vist i **Fejl! Hensivningskilde ikke fundet.**



Figur 2.1: eksempler på mobile løsninger

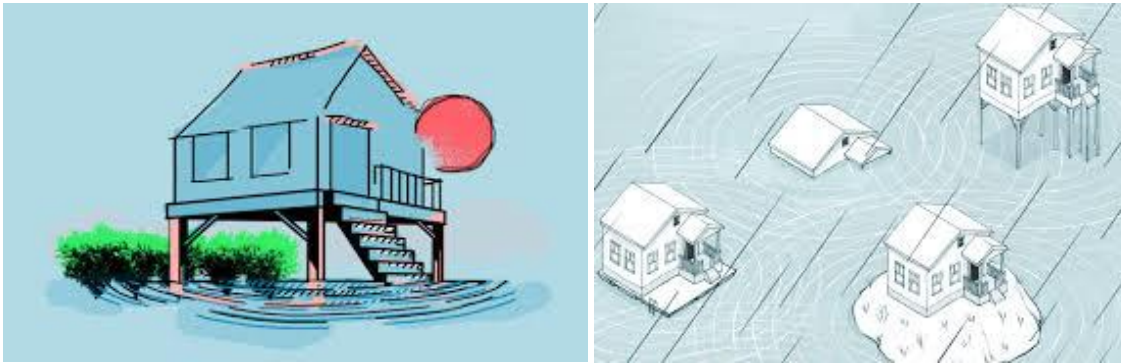
Fordelen ved mobile løsninger er at de ikke fylder i gadebilledet så længe stormfloden ikke er varslet. Når varsel om stormflod kommer, så skal beredskabet i gang og det er typisk meget dyrt både i materiel og mandskabstimer. Den fysiske øvre grænse for vertikal beskyttelse med mobile højvandsbeskyttelser er erfaringsmæssigt omkring 1 m over terræn og de kræver at underlaget er rimeligt plant og impermeabelt, såsom asfaltvej.

2.2 Planmæssige løsninger

Planmæssige løsninger er løsninger hvor man fra et byplansperspektiv vælger en bestemt strategi. Det kunne f.eks. være at man ikke vil højvandsbeskytte en bestemt bydel, men at man hellere vil pålægge nye beboere at bygge med en bestemt sikringshøjde. Typiske planmæssige løsninger er:

- Byplanmæssige løsninger via lokalplaner. Typisk pålæg om sokkelhøjder og lignende

Fordelen ved byplanmæssige løsninger er at der ikke er nogen anlægsomkostninger for kommunen andet end det der skal til for at sikre at kritisk infrastruktur som f.eks. elektricitet og vand også virker under en stormflod. Det skal sikres at beredskabet kan nå frem i forbindelse med akutte situationer som sygdom, fødsler og tilskadekomst, samt at en beredskabsvej er åben ved behov for evakuering. Et skitse-mæssigt eksempel er vist i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** og eksempler på byggeri i oversvømmede områder er givet på **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**



Figur 2.2: Skitse af muligt byggeri i oversvømmelseszoner (bloomberg.com (venstre) og architectmagazine.com (højre)). Figuren til højre viser et oversvømmet hus, et hus på pæle, et hus på opfyld og et flydende hus.



Digital trends.com



Breadylexington.com



The guardian.com



Tampabay.com



Pinterest.com



Assens Havn

Figur 2.3: Eksempler på højvandsikrede bygninger i oversvømmelseszoner rundt om i verden – USA betaler man fx mindre i lovpligtig oversvømmelsesforsikring hvis man har bygget huset oversvømmelsesikkert

Fælles for planmæssige løsninger er at man, fra myndighedernes side stiller minimumskrav til sokkelhøjde i lokalplanen. Derved overgår ansvaret for sikringen til den enkelte grundejer. Nuværende lovgivning er problematisk i forhold til at vælge at bo havværts højvandsbeskyttelse i forhold til fx Stormrådets erstatningsforbehold.

2.3 Regionale løsninger

Regionale løsninger er løsninger som omfatter løsninger for et større område på samme tid. De kan stå alene eller være i kombination med andre løsninger. Typisk dækker de for et større oversvømmelsestruet område bagved. Typiske regionale løsninger er:

- Diger
- Dæmninger
- Højvandsporte
- Højvandsmure
- Regulering af infrastruktur som f.eks. veje, cykelstier, infrastruktur og kajkanter

2.3.1 Højvandsmure

I **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** er vist et eksempel på en højvandsmur fra Lemvig og Hellerup Havn. Højvandsmure er en sikker måde at beskytte sig over længere strækninger. Hvis de er konstrueret rigtigt, kan de modstå havet men de er afhængige af at alle åbninger lukkes inden stormfloden indtræder. De fungerer således kun i samspil med en detaljeret beredskabsplan med tilhørende test, drift og vedligehold af højvandsslukker så man er sikker på at den samlede højvandsbeskyttelse altid er intakt når den skal bruges. Højvandsmure kan ikke forhøjes, men skal udskiftes og relativt til f.eks. diger er de forholdsvis dyre. Deres styrke er at de ikke fylder meget og sat rigtigt kan de indgå som en integreret del af bybilledet.

Der skal tages højde for bagvand og bortpumpning af overskyl.



Figur 2.4: Højvandsmur med højvandsslukker fra Lemvig og Hellerup Havn samt forslag fra Køge og Enø

2.3.2 Strande, og klitter

Regionale løsninger kan også være fremskudte strande med klitter som danner en barriere imod vandet. De mest kendte kystbeskyttelses anlæg herhjemme af den art er Køge Bugt Strandpark og Amager Strandpark som er vist i Figur 2.5. Fordelen ved fremskudte barrierer er at de ofte kan have flere funktioner udover kyst- og højvandsbeskyttelse. F.eks. badning, strandliv, dyreliv og andre rekreative aktiviteter. På en større skala kan de også bebygges som man f.eks. ser på Lynetteholmen, hvor en ny bydel bliver bygget. Desuden er sand og jord relativt billige materialer og barrieren er nem at forhøje hvis vandstanden stiger yderligere i fremtiden. Anlæg af den art er dog relativt dyre i anlæg da de er materiale tunge og de er anlægsteknisk svære at bygge. Men konstrueret rigtigt er vedligeholdet meget lille og den rekreative værdi høj. De kan fungere alene eller i kombination med f.eks. sluse eller diger.



Figur 2.5: Amager Strandpark med ind pumpet sand, sluse og flere rekreative indslag

2.3.3 Barrierer, højvandsporte og sluser

Barrierer, højvandsporte og dobbeltport-sluser er kendte løsninger fra især Holland. Men også her i Danmark har vi sluser og højvandsporte i bl.a. Hvide Sande, Esbjerg, Ribe og en del mindre havne. Barrierer, højvandsporte og sluser er effektive til at holde vandet ude. De bygger på et princip om kun at lukke når stormfloden kommer. De er afhængige af at mekanikken virker, hvilket gør at de kræver en detaljeret drift- og vedligeholdelsesplan og de er relativt dyre i anlæg. De er også svære at forhøje hvis middelvandspejlet senere skulle stige yderligere. Men de er effektive især hvis de placeres på strategiske steder hvor de beskytter et stort bagland. Nogle versioner kræver en del plads. I Figur 2.6 er vist eksempler fra Danmark og Europa. Der skal normalt tages højde for bagvand.

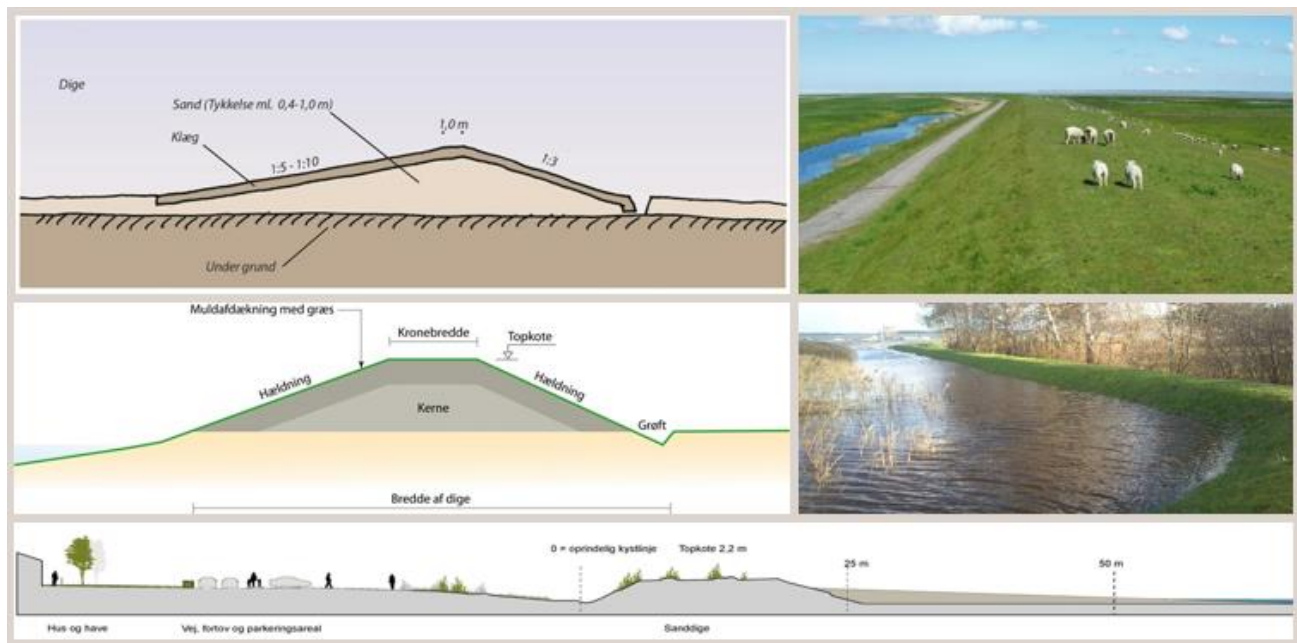


Figur 2.6: Højvandslukker fra Danmark og Europa

Det er vigtigt at forstå forskellen imellem højvandsporte og sluser. Højvandsporte har kun en port og er designet til at holde vandet ude i en kortere periode under stormfloden. Sluser har typisk to eller flere porte og kan holde vandet ude permanent og bruges til fx at flytte skibe fra havet til søer som i Gøtakanalen eller Panamakanalen. Med det stigende havvand må man forvente stigende lukketider på højvandsporte hvorfor de over tid formentligt vil skulle omdannes til sluser fordi baglandet ikke tåler den fremtidige permanente høje ydre vandstand. Dette ligger dog forhåbentligt noget ude i fremtiden.

2.3.4 Diger

Diger er den mest almindelige regionale løsning i Danmark når det gælder højvandsbeskyttelse. De er relativt billige at anlægge og de kan i princippet bygges så høje det skal være. Ulempen er at de har et stort fodaftryk og de virker kun hvis alle åbninger eller underføringer lukkes og de er vedligeholdt ordentligt. De skal altså kobles med en effektiv beredskabsplan og drift- og vedligeholdelsesplan. Der skal endvidere tages højde for bagvand. I **Fejl! Henvissningskilde ikke fundet.** er vist eksempler på diger.



Figur 2.7: Diger

2.3.5 Dæmninger

Dæmninger er i princippet et dige til havs. Det har samme funktion og udformning som diger. Dog ser man oftere dæmninger med erosionsbeskyttelse på ydersiden.

2.3.6 Forhøjet infrastruktur

Forhøjet infrastruktur som f.eks. kajkanter eller veje kan også være en løsning. Det har i princippet samme effekt, som et dige eller en højvandsmur. Til gengæld optager man ikke mere plads end man gjorde i forvejen og de kan laves rekreativt. Se f.eks. **Fejl!** Hensivningskilde ikke fundet..



Figur 2.8: Eksempel på hævet og rekreativt udnyttet kajkant.

En anden mulighed er brug af trafikbump, chikaner og andre trafikale elementer som højvandssikring.

2.3.7 Generel landhævning

Dette er en løsning hvor man lægger jord på et større område med det formål at sikre imod højvande. Det kræver enten at man har et område som man ønsker at bebygge hvor man inden påbegyndelsen kan hæve området eller alternativt at man aktivt, efterhånden som bygningerne i et givet område når deres slutlevetid hæver området inden der bygges nyt. Det første giver en umiddelbar sikring. Det andet giver en sikring over tid og virker først når den sidste parcel er hævet.

2.3.8 Højvandslukker

Højvandslukker ses for det meste i forbindelse med regionale løsninger som små porte eller returventiler i diger, højvandsmure og steder hvor bagvandet føres igennem. Dette ses i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** De kan udformes på mange måder. Både som egentlige metalporte som man sætter i når der er varslet storm som man ser det Lemvig og andre steder, og som egentlige porte som man ser det i mange mindre havne.

Ved udløb af åer og ved dige gennemførelser ser man ofte såkaldte retur ventiler som er porte som lukker når trykket skifter retning. Højvandsporste er effektive, relativt billige og sikre løsninger hvis de vedligeholdes og betjenes rigtigt. Men de forudsætter en god beredskabsplan og en detaljeret drift- og vedligeholdelsesplan så man er sikker på at de virker når de skal. De kan ikke stå alene.

2.4 Lokale løsninger

Lokale løsninger er løsninger som laves punktvis. Det kan både være punktvis ved en bestemt parcel eller punktvis ved en åbning i en dige eller en højvandsmur. Typiske lokale løsninger er:

- Højvandslukker
- Lokal landhævning
- Byggetekniske løsninger på enkeltparceller
- Flydende huse

2.4.1 Lokal landhævning

Man kan enten udføre lokal landhævning i en overgangsperiode imens man venter på en overordnet løsning eller man kan gøre det som led i en mere planmæssig eller regional løsning. Uanset grunden så dækker en lokal landhævning typisk en løsning dækkende en eller få parceller. Metoden er mest anvendt ved nybyggeri hvor man hæver grunden med jord eller fyld inden man påbegynder byggeriet. Man kan også løfte en bygning når den er bygget men det er teknisk besværligt og dyrt. Fordelen ved en lokal landhævning er, at det er enkelt og billigt. Ulempen er, at når den først er gennemført og grunden er bebygget, er det svært at foretage yderligere landhævning, hvis vandet stiger. Et eksempel er vist i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**



Figur 2.9: Eksempel på hævet grund i Jyllinge Nordmark

2.4.2 Byggetekniske løsninger på enkeltparceller

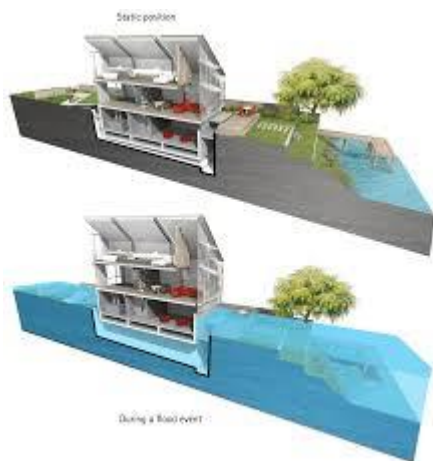
En anden måde at opnå samme effekt er at bygge med høj sokkelhøjde eller sætte huset på stolper. Dette er ligeledes en metode som er nem at implementere i forbindelse med nybyggeri. Det er dog en forudsætning at lokalplanen tillader højere byggeri da det naturligt giver indkigsgener hos naboerne. Metoden er simpel og billig. Men ligesom med den lokale landhævning er den svær at revidere når først huset ligger der. Huse på stolper har endvidere den fordel at området under huset kan udnyttes, se **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**



Figur 2.10: Eksempel på hus bygget i højden (orlastudios.com)

2.4.3 Flydende huse

Der findes i dag også huse som enten altid flyder på vand eller som er bygget på et flydende materiale således at de flyder med op hvis vandet stiger. Husbåde er almindeligt kendt i de danske havne men metoden med flydende huse er endnu ikke særligt udbredt. Ved normal vandstand vil man ikke kunne se at det ikke er et normalt parcelhus. Men når vandet stiger følger det med op. I dag findes metoden mest på konceptstadiet men med det stigende havvand må den type løsninger forventes at vinde et vist indpas. Et eksempel er givet i **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**



Figur 2.11: Flydende hus. Koncept tegning. (dezen.com)

2.5 Oversigt

I det følgende gives en oversigt med fordele og ulemper. Vurderingen af kostpriser er relativ og baserer sig på en pris/m eller en enhedspris for at gøre det sammenligneligt. Den siger ikke noget om den totale anlægspris som vil variere afhængigt af projektets størrelse. Se Tabel 2.1.

projektets størrelse. Se Tabel 2.1.

	Anlægspris	Vedligehold	Pladskrævende?	Beredskabskrævende	Bagvand skal håndteres	Rekreative muligheder	Kan forhøjes	Levetid
Dige	Lav	lav	ja	Nej	Ja	Ja	ja	500+
Dæmning	Lav	moderat	ja	nej	Ja	Ja	ja	50-100
Højvandsmur	Høj	lille	nej	Ja/nej	Ja	Ja	nej	<50
Højvandslukke	Lille	ja	nej	ja	Ja	Nej	nej	<50
Sluse	Høj	stor	Ja/nej	ja	Ja	Nej	nej	50
Højvandsport	Høj	høj	Ja/nej	ja	Ja	Nej	nej	50
Hævet parcel	Lav	nej	nej	nej	Nej	Nej	nej	100+
Generel landhævning	Lav	Nej	nej	nej	Ja/nej	Nej	ja	100+
Hus på stolper	Moderat	Ja	nej	nej	Nej	Ja	ja	50+

Fremskudte strande	moderat	Moderat/lille	ja	nej	Ja	Ja	ja	100+
Mobile løsninger	Lille	Moderat	Nej	Nej	Ja	Nej	Nej	5-20
Flydende huse	Høj	Moderat	Nej	Nej	Nej	Nej	Ja	?

Tabel 2.1 Oversigt. Levetider er anslået

2.5.1 Priser

I Tabel 2.2 er oplyst priser pr løbende meter (m¹)/ pr. kvadratmeter (m²) for de forskellige løsninger. Priserne er i DKK.. Bemærk at beløbene er anslåede priser under en række forudsætninger som skal revideres når detaljerne i projektet bliver kendt.

Tabel 2.2 Oversigt over anslåede anlægspriser

	Mængde	Sikringshøjde (+m DVR90)		
	Enhed Pris	2.50	3.35	4.35
Bredt dige/ blød kant som i scenarie B	DKK/m ¹	3200	5900	10500
Højvandsmur	DKK/m ¹	6000	13440	23440
Tilbageatrækning mm som i scenarie C	DKK/m ¹	11900	13900	16800
Generel landhævning	DKK/m ²	265	435	635
Spunsvæg	DKK/m ¹	20000	22000	24000
Højvandsport/sl use	20-50 mio DKK			