

09-01-2015

En forsvarsløs kyst

- En undersøgelse af kystbeskyttelsen ved Lønstrup
Klint og dens effekter på Nørlev Strand



Merete Munch & Jakob Dahm Jensen

3. SEMESTER PROJEKT "NATURLANDSKABET – DYNAMIK OG PROCESSER
SKOLEN FOR ARKITEKTUR, DESIGN OG PLANLÆGNING (SADP)
EFTERÅR 2014

Indholdsfortegnelse

Indledning.....	2
Problemrelevans	2
Problemformulering:	4
Undersøgelsesspørgsmål	4
Områdebeskrivelse	5
Områdets arealanvendelse	5
Geologi	8
Nordjyllands geologi	8
Projekt områdets geologi.....	9
Fremgangsmåde og metode	9
Kystmorfologi.....	12
Hvad er kystmorfologi?.....	12
Kysterosion og sedimenttransport	12
Bølger	14
Strømme	15
Vandstandsvariationer	15
Kysttyper	16
Første undersøgelsesspørgsmål	17
Kystsikringsmetoder – Lønstrup Klint	18
Kystsikringens påvirkning af Lønstrup Klint	21
Andet undersøgelsesspørgsmål.....	26
Nørlevs Strands påvirkning af Kystsikringen ved Lønstrup.....	26
Konklusion	31
Litteraturliste	32

Indledning

”Det er sæson for de hårde storme. På den jyske vestkyst betyder det, at bølgerne hele tiden gnaver af landet. De, der har huse i den yderste klitrække, kæmper en hård kamp mod elementernes rasen. Og taber som regel i sidste ende” (Adrian, 2014).

Sådan lyder manchetten på en artikel publiceret i Politiken d. 24. januar 2014. Kystsikring kan være løsningen på problemet – med metoder der hindrer kysters erosion og beskytter kystnær bebyggelse og menneskabte værdier. Med kystbeskyttelse gribes der med andre ord ind i naturens egne processer og naturlige dynamik. Hvordan virker kystsikring egentlig – og hvilken effekt har kystsikring på nærliggende ikke-kystsikrede områder? Disse spørgsmål undersøges i nærværende projekt med fokus på den nordjyske vestkyst. Projektet undersøger, hvordan etablering af kystsikring ved Lønstrup Klint påvirker Nørlev Strand nord for Lønstrup.

Problemrelevans

Kystsikring er et aktuelt emne i et land som Danmark, der består af mere end 7.300 kilometer kyst, og hvor alle indbyggere har mindre end 50 km til nærmeste kyst. Kysten er grænselandet mellem havet og landet, og kyster udgør på en og samme tid enestående natur og eftertragtede områder til bebyggelse, fritidsmål, turisme og industri. Oprindeligt har den store skibsfart som følge af industrialiseringen bidraget til udviklingen af kystsamfundene, og fiskeri har været en væsentlig indtægtskilde og ressource (Johansen m.fl., 1993; Kappel m.fl., 1997). I takt med den stigende velstand og velfærd i det 19. århundrede blev det populært for byboere at købe sommerhuse i rekreative områder ved kysten, ligesom kysten også er blevet en attraktiv destination for turister. På den måde er *”Kysterne (...) i fokus for mange aktiviteter og benyttes året rundt til en bred vifte af formål”* (Kystdirektoratet, 2011: 4).

Kyster er i sin naturlighed dynamiske og forandres over tid. Det sker som følge af nogle kontinuerlige morfodynamiske processer, hvor bølger og vind former kysten: *”Under storme med forhøjede vandstande, store bølger og kraftige strømninger, er sedimenttransporten og dermed også erosionen stor, hvilket bevirker kysttilbagerykning”* (Kystdirektoratet, 2014). Imens der under mere rolige vejrforhold forekommer kystopbygning foranlediget af sedimentaflejring (Ibid.). I spørgsmålet om kystsikring springer forskellige interesser i øjnene: *”De danske kyster er naturens kampzone. Voldsomme kræfter æder løs af klinter, diger brydes, land oversvømmes, og tangler, revler og barreøer bygges langsomt op. Men kysten er også en kampzone mellem forskellige menneskelige interesser.*

Hvor skal kysten sikres, hvor skal naturen råde (...)” (Kappel m.fl., 1997: 6). Dette dilemma indikerer konflikten mellem et natursyn, hvor kystens frie dynamik ønskes bevaret og imellem de samfundsmæssige interesser, der ønsker, at landskabet og kystsamfundet skal beskyttes.

Klimaændringer har betydet højere vandstande og kraftigere storme, som vil øge havets eroderende effekt på kysten og dermed sætte de menneskelige interesser og aktiviteter under pres. Den 5. december 2010 ramte stormen Bodil Danmark, hvor den bl.a. tog 10 meter af kysten ved Nørlev Strand, hvilket resulterede i, at et sommerhus faldt ned på stranden (Bjørnager, 2013). Kysters omskiftelighed er naturlig, men hvis der fjernes mere materiale end der tilføres, vil det betyde nedbrydning af kysten, og det er tilfældet mange steder langs den jyske vestkyst. Bestyrelsesmedlem, Christian Hartmann, i Grundejerforeningen Nørlev Strand, udtrykker i forbindelse med stormen i 2010, at: *”Vi har fået dramatikken ind på livet og alle kan se konsekvensen af at lade naturen gå sin gang (...)*” (Steffensen, 2013). Omvendt er det netop Danmarks Naturfredningsforenings holdning, at naturen så vidt muligt skal gå sin egen gang: *”Det er i mødet mellem land og hav, vi i Danmark oplever den vildeste natur. Her er det naturens kræfter, der er altdominerende. Det gør kysterne og deres naturtyper til et evigt dynamisk område (...). Denne dynamik skal i videst muligt omfang fortsat råde”* (Naturfredningsforening, 2012).

De senere års ændringer i klimaet har alligevel for alvor sat kystsikring på dagsordenen. Kystsikring er beskyttelse af kyster ved hjælp af forskellige metoder med henblik på at bevare de eksisterende kystlinjer og dermed forhindre erosion og materialetransport. I kystbeskyttelsesloven fremgår det, at formålet med kystbeskyttelse er: *”at beskytte mennesker mod oversvømmelser samt ejendom mod oversvømmelser og nedbrydning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet”* (Miljøministeriet, 2009). Samtidig fremgår det, at kystsikringsbehovet skal afvejes med en række øvrige hensyn som økonomi og naturens frie udfoldelse: *”(...) kystbeskyttelse skal udføres, så den belaster kysten mindst muligt, og gevinsten skal ud fra en helhedsbetragtning overstige omkostningerne bredt set.”* (Kystdirektoratet, 2011: 11) Ifølge kystdirektoratet skal der altså findes en balance i kystsikringen mellem den menneskelige aktivitet på kysten og naturens frie udfoldelse: *”Det er centralt, at den menneskelige aktivitet, så vidt muligt, skal kunne beskyttes. For de åbne områder, der alene trues af havets naturlige nedbrydende virkning, er bevarelsen af kystområdets dynamik afgørende (...) og at deres bevarelse som sådan prioriteres højt uden unødigt kystbeskyttelse.”* (Kystdirektoratet, 2011: 16).

Flere steder langs den jyske vestkyst er der oprettet kystsikring. Der er bl.a. etableret kystsikring ved Lønstrup Klint på kyststrækningen langs Lønstrup by med henblik på at bevare den bymæssige bebyggelse og kulturvenen, som er knyttet til byen. Kystsikringen ved Lønstrup blev oprettet i 1982 efter en kraftig storm, og den består af fire kystsikringstyper: skråningsbeskyttelse, høfder, sandfodring og bølgebrydere. Nord for Lønstrup ligger Nørlev Strand, som er et populært turistmål om sommeren bl.a. pga. de brede sandstrande. Da Nørlev Strand er et sommerhusområde og ikke nogen selvstændig by med samfundsmæssige værdier som Lønstrup, er der på baggrund af Kystdirektoratets vurderingsgrundlag samt Hjørring Kommune ikke etableret permanent kystsikring her (Linne-mann, 2013). Samtidig er Nørlev Strand udpeget som Natura 2000-område, bestående af særlig bevaringsværdige naturområder, hvorfor der i disse områder ikke må planlægges i modstrid med naturforholdene (Miljøportal, ukendt år).

I imidlertid kan man undre sig over, hvorfor der ikke er oprettet permanent sikring af kysten ved sommerhusområdet Nørlev Strand – når man i medierne hver vinter hører om nye sommerhuse, der er rykket tættere på havet, og når ”*Det er almindeligt accepteret, at indgreb ét sted langs kysten kan påvirke kysterosionen andre steder (...)*” (Christiansen, 2012: 1). Årsagen til hvordan sådan en påvirkning sker, og hvordan den kan modvirkes er endnu ikke afklaret (Ibid.), og det får os til at stille nedenstående problemformulering.

Problemformulering:

Hvordan påvirkes kysten ved Nørlev Strand af kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint?

Undersøgelsesspørgsmål

- (1) *Kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint beskrives og metodernes påvirkning af Lønstrup Klint forklares.*
- (2) *Det analyseres og vurderes, hvilke effekter kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint har på kysten ved Nørlev Strand.*

Områdebeskrivelse

I dette afsnit vil der blive redegjort for området omkring Nørlev Strand og Lønstrup Klint. Afsnittet indeholder en beskrivelse af områdets arealanvendelse, såsom benyttelsen af området omkring kysten og naturen i disse områder. Her inddrages orthofotos fra programmet ArcGis, hvor kyststrækningens ændring over tid kortlægges, med henblik på at visualisere den tilbagetræknings problematik, projektet beskæftiger sig med.

Områdets arealanvendelse

De områder projektet arbejder med er primært Nørlev Strand og Lønstrup Klint. På Figur 1 kan man se et topografisk kort over området, hvor Lønstrup Klint ligger sydvest for Nørlev Strand.

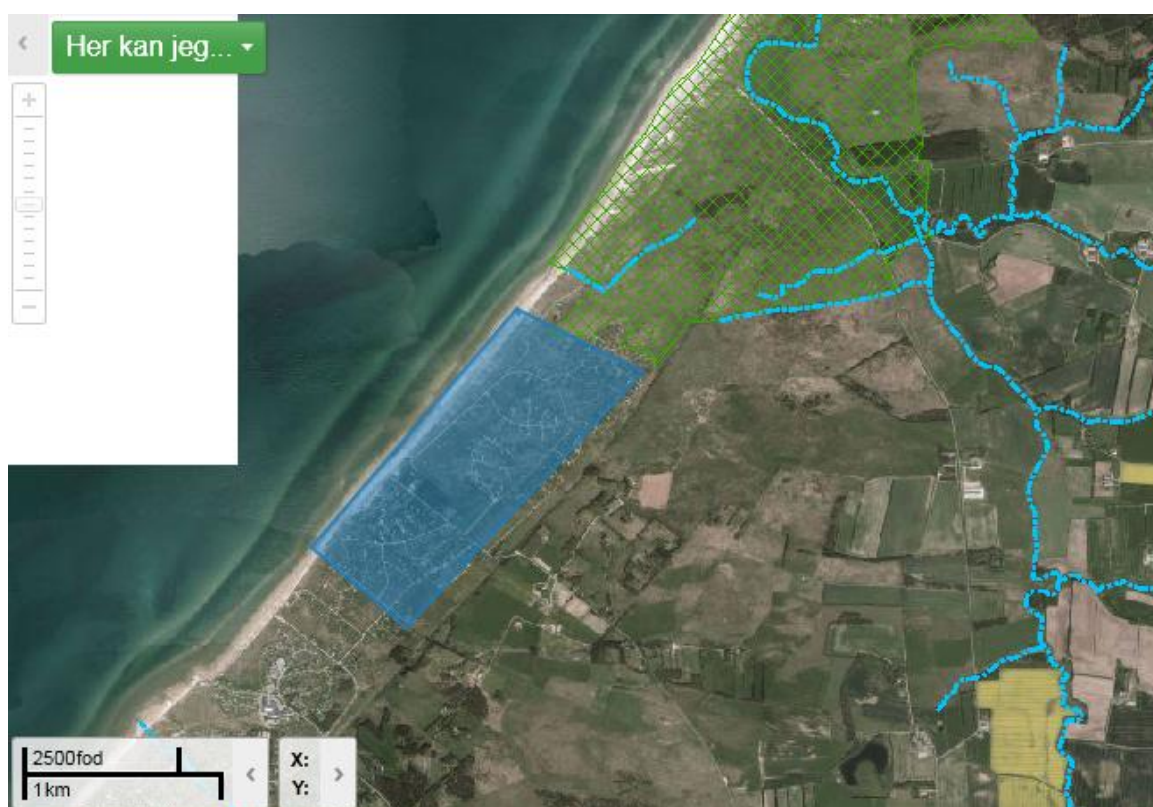


Figur 1: Topografisk kort over kyststrækningen fra Lønstrup Klint til Nørlev Strand (Geodatastyrelsen, ukendt år A)

Nørlev Strand er et mindre sommerhusområde, som er beliggende nordøst for Lønstrup Klint og nord for Skallerup Strand. Det er et sommerhusområde med 300 enheder, som har en kystlængde på 600 m ud til Skagerrak. Lønstrup Klint strækker sig over en længere distance. Fra Lønstrup by og ned til Løkken i syd, hvilket i alt er ca. 15 km (Andersen & Sjørring, 1992). Selve klinten er ved Lønstrup by, og den er under stadig nedbrydning af havet. Alene igennem 100 år har kystlinjen ryk-

ket sig 100 meter tilbage, hvilket afsnittet vil illustrere senere (se Figur 4) (Ibid.). Lønstrup har 500 faste indbyggere og er udpeget af Hjørring Kommune til at være en lokalby i bymønstret, hvilket er en del af lokalplanen (Hjørring Kommune, 2013). I lokalplanen er der en beskrivelse af byen, som værende en by med et tæt gademiljø og værende landskabsorienteret. Disse to værdier vil kommunen gerne bevare samtidig med at udvikle turisterhvervet i byen og sikre et levedygtigt miljø for helårsbeboere. Kulturbevarelsen i Lønstrup er højt prioriteret, hvilket er velbeskrevet i kommuneplanen. Lønstrup har været med i et projekt, da Hjørring Kommune var kulturarvskommune fra 2006 til 2008, hvor udpegelsen af kulturarvsområder blev foretaget. Selve Lønstrup by, Møllebakken og sommerhusområdet Harrerenden, som er et område mellem Lønstrup Klint og Nørlev Strand, blev udpeget til at være kulturbærende lokaliteter (Ibid.).

Naturinteresserne i områderne er ligesom de kulturmæssige forhold også forskellige, hvilket er illustreret på Figur 2 og Figur 3.



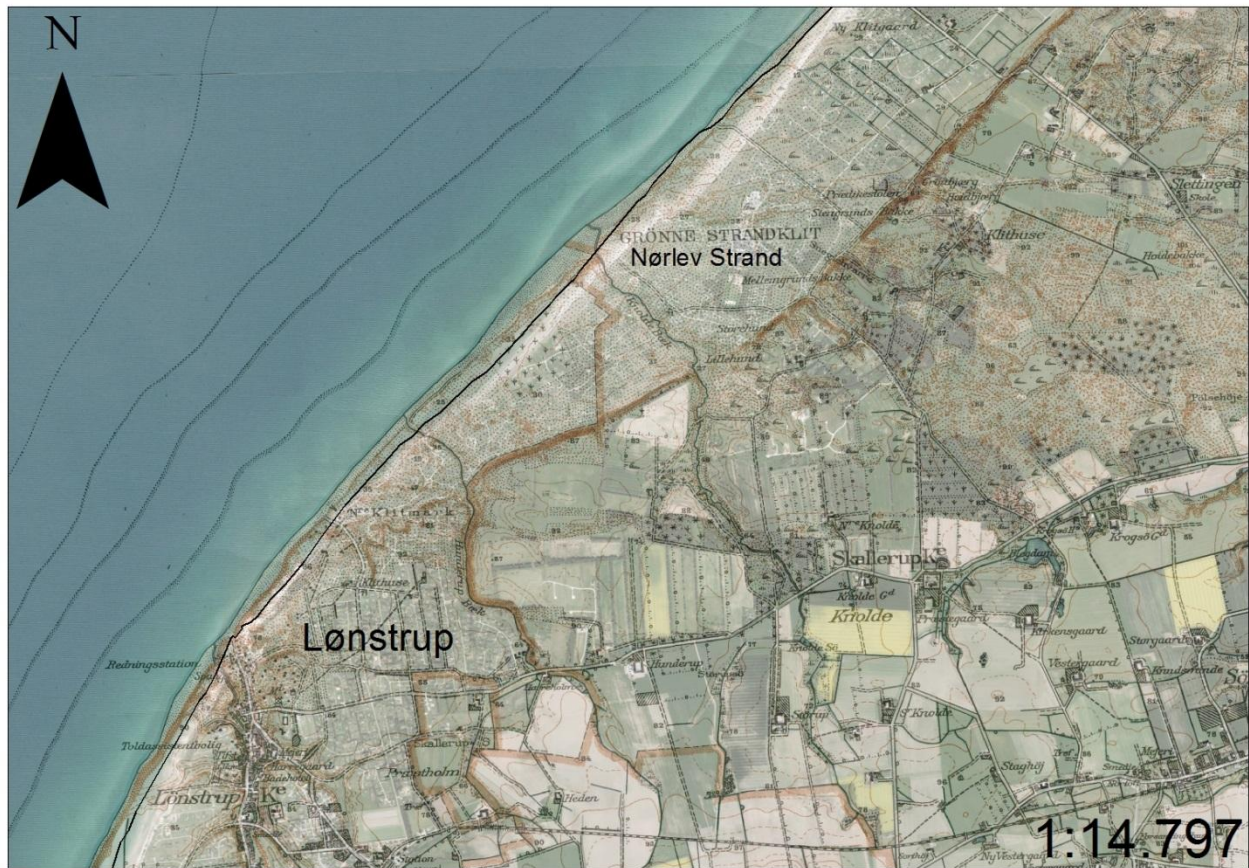


Figur 3: Vedtaget naturområder i forhold til Planloven for Lønstrup Klint og Nørlev Strand (Geodatastyrelsen, ukendt år B)

Omkring Lønstrup by er der ikke i kommuneplanen vedtaget områder med økologiske forbindelser, potentielle økologiske forbindelser eller naturbeskyttelsesinteresser. Dette er dog gældende for dele af Lønstrup Klint og kyst. Derimod ved Nørlev Strand er der store områder med økologiske forbindelser og naturbeskyttelsesinteresser. Miljøportalens kort på Figur 2 illustrerer, at der er Natura 2000 områder nord for Nørlev Strand (Nørlev Strand er det blåmarkerede område). Natura 2000 områder er naturbeskyttelses områder, som er udarbejdet af kommunerne og EU. Målet er at stoppe forringelsen af naturens mangfoldighed og et sådant område findes nord for Nørlev Strand.

Selve kyststrækningen ved Nørlev Strand og Lønstrup Klint har ændret sig over tid. Kystlinjen har trukket sig tilbage, hvilket er illustreret på Figur 4. Baggrundskortet er fra 1901-1971 kaldet ”DTK/Lave målebordsblade” og er holdt op mod de miljødata fra klimatilpasningsplanen, hvor

kystlinjen så er indsat som en sort streg. Det ses tydeligt, at kysten har trukket sig tilbage over ca. 100 år (Andersen & Sjørring, 1992; Geodatastyrelsen, ukendt år A).



Figur 4: Kysttilbagetrængning ved Lønstrup Klint og Nørlev Strand (Geodatastyrelsen, ukendt år A)

Geologi

Nedenfor behandles geologien for Nordjylland, for at give et overordnet geologisk billede af Nordjyllands dannelse. Derefter fokuserer afsnittet på geologien i projektets specifikke område (Lønstrup Klint og Nørlev Strand).

Nordjyllands geologi

Nordjylland befinder sig i den centrale- og nordlige del af det danske bassin. Det danske bassin er adskilt af den Fennoskandiske randzone samt Ringkøbing-Fyn ryggen, som må betegnes som det danske bassins afgrænsninger, når man skal placere Nordjylland geografisk. Det danske bassin har en aflejringsstykkelse op til 6-8 km, hvilket varierer jo længere nordpå man bevæger sig (Andersen & Sjørring, 1992). Undergrundens struktur er påvirket af, at det nordlige Jylland har fungeret som et sænkingsområde. Sænkingsområdet skal forstås som et langt dybt fad, der langsomt er blevet

fyldt op med sedimenter, hvor erosion fra Kvartærtidens istid har arbejdet sig yderligere ned i undergrunden. Denne billedelige beskrivelse af nedsynkningen er foregået i forbindelse med trappeformede forkastninger, som er dannet langs brudzoner i jordskorpen (Ibid.) Når der er sket en langsom opfyldning af det danske bassin, det lange dybe fad, samtidig med at området sænker sig ind, er det sket over 240 millioner år. Over denne ”opfyldningstid” var det danske bassin et forholdsvis lavvandet shelf-område, fordi netop opfyldningen og indsnævringen har holdt hinanden i skak. Derimod skete en erosion af eksisterende aflejringer da bassinets kyst rykkede sydvest over og i perioder blev tørlagt pga. havniveauets nedsynkning.

Projekt områdets geologi

Selve projektets område ligger som sagt i det danske bassin. Men området har en lidt mindre lagtykkelse end andre steder i Nordjylland. Det vurderes, at Lønstrup Klint og Nørlev Strands lagtykkelse er omkring de 2-4 km (Andersen & Sjørring, 1992). Geologien ved Lønstrup Klint og Nørlev Strand består af flere kvartære aflejringer, hvor Prækvartær overfladens højde er 200-250 meter under havets overflade (Ibid.). Her er der skiftevis smeltevandssandlag og smeltevandsler, som i den sidste istid er blevet skubbet op af en gletscher fra nord, hvilket også A. Jessen beskriver (Kappel m.fl., 1998). Ifølge A. Jessens opmålinger af profilen viser aflejringer fra Weichsels tid, hvor smeltevandssand og smeltevandsler er forekomne. Op igennem Sen Glacial og den tidlige Postglaciale periode findes søaflejringer og littorinahavaflejringer med sand, ler og gytje. Derefter er der aflejringer af tørv og senere flyvesand og martørv, som er det øverste lag på ca. 35 meter (Jessen, 1931; Andersen & Sjørring, 1992; Kappel m.fl., 1998). Derudover har Lønstrup Klint og Nørlev Strand fået sine marine aflejringer, tidligere nævnt som søaflejringer eller littorinahavaflejringer, efter sidste istid. Det er til trods for at området er indkapslet af geologisk område med marine aflejringer fra sidste del af sidste istid (Yoldia-aflejringer). (Andersen & Sjørring, 1992).

Fremgangsmåde og metode

I det følgende afsnit beskrives projektets fremgangsmåde og metodebrug. For at besvare problemformuleringen: Hvordan påvirkes kysten ved Nørlev Strand af kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint? Har vi opstillet to undersøgelsesspørgsmål, der vil udgøre strukturen i undersøgelsen.

I første del af undersøgelsen vil *kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint beskrives og metodernes påvirkning af Lønstrup Klint forklares*. Vi finder det relevant at undersøge kystsikringsmetodernes virkning på Lønstrup Klint, inden effekten på Nørlev Strand undersøges. Første del af undersøgelsen

sen indledes derfor med at give et overblik over forskellige kystsikringstyper, herunder de kystsikringsmetoder, der er taget i anvendelse ved Lønstrup Klint. Dernæst undersøges kystsikringens påvirkning af Lønstrup Klint. Denne undersøgelse foretages primært ved at undersøge, hvor meget kysten har trukket sig tilbage over tid. Hertil benytter vi os af programmet ArcGis, hvor vi tager udgangspunkt i nogle orthofotos med forskellig alder fra før etablering af kystsikring og efter etablering af kystsikring. Sammenligningen sker ud fra et bestemt fix-punkt, hvor kystlinjepunkterne på hvert kort markeres flugtende med fix-punktet. På den måde vil det være muligt for os at bestemme, hvor meget kysten har rykket tilbage og dermed, hvordan kystsikringsmetodernes oprettelse har påvirket kysten. Desuden forsøges det at give et estimat for hvor meget materiale, der fjernes fra kysten med udgangspunkt i, hvor meget der sandfodres. Estimatet er fastsat efter Kystdirektoratets undersøgelse af Lønstrup Klint (Kystdirektoratet, 2013 A).

I anden del af undersøgelsen *analyseres og vurderes det, hvilke effekter kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint har på kysten ved Nørlev Strand*. Efter at have undersøgt hvordan Lønstrup Klint har ændret sig over tid, og hvordan kystsikringsmetodernes her har påvirket klinten, er det interessant at undersøge, hvilken effekt kystsikringen ved Lønstrup har på Nørlev Strand, som er beliggende nordøst for Lønstrup. Dette undersøges på tilsvarende måde ud fra forskellige orthofotos fra forskellige årstal fra før og efter kystsikringen. På samme måde udvælges der på kortene et fix-punkt, hvor ud fra de forskellige kystlinjepunkter fastsættes. Ved herefter at sammenligne de forskellige kort kan kystlinjens tilbagerykning bestemmes. Estimatet for erosionsmængden for Nørlev Strand fastsættes ud fra DHI's erosionsatlas (Sørensen, 2013).

Som det er fremgået, anvendes der i projektet forskellige metoder. Computerprogrammet, ArcGis, er et geografisk informationssystem, der kan bruges til at lave kort og analysere geodata. GIS-softwaren bruges altså til at afdække og illustrere mønstre og sammenhænge i geografisk data (Balstrøm m.fl., 2010). Denne metode benyttes i projektet som analyse- og visualiseringsværktøj, når det undersøges, hvor meget kystlinjen ved hhv. Lønstrup Klint og Nørlev Strand har ændret sig som følge af kystsikringens oprettelse ved Lønstrup – mere specifik i forhold til at undersøge, hvor meget kystlinjen har trukket sig tilbage. Projektet har brugt følgende kort fra Geodatastyrelsen og COWI: ”DTK/Høje målebordsblade” (anden del af 1800-tallet), ”DK-DDOland1954_25cm_UTM32ETRS89” (1954), ”DTK/4-cm kort” (1983-1997), ”DK-DDOland1995_80cm_UTM32ETRS89” (1995), ”DK-DDO-land1999_40cm_UTM32ETRS89” (1999), ”DK-DDOland2004_25cm_UTM32ETRS89” (2004), DK-

DDOland2006_25cm_UTM32ETRS89” (2006), ”DK-DDOland2008_125mm_UTM32ETRS89” (2006), DK-DDOland2014_12cm_UTM32ETRS89” (2014). Når vi bruger disse kort, er vi opmærksomme på, at der kan være usikkerhed forbundet med kortenes opmåling, særligt kan usikkerheden være stor for de ældre kort, som strækker sig over en lang periode. De ældste kort, der benyttes i projektet er desuden målt af flere omgange, imens kortene fra COWI er et øjebliksbillede fra luften.

Dokumenter anvendes også som metode: ”*ved (...) dokumentation forstås (...), i snæver forstand, anvendelsen af og henvisningen til publicerede eller upublicerede dokumenter – dvs. trykte eller håndskrevne, papirbårne tekster*” (Duedahl & Jacobsen, 2010). I første undersøgelsesspørgsmål bruges en undersøgelse af Lønstrup Klint udarbejdet af Kystdirektoratet, ”Fællesaftalestrækningen Lønstrup – bilag til fællesaftale mellem staten og Hjørring kommune om kystbeskyttelsen for perioden 2014-18” (Kystdirektoratet, 2013 A), til at estimere erosionsmængden for Lønstrup Klint. Desuden udledes centrale resultater og pointer fra bilaget til fællesaftalen sammen med ”Nordkystens fremtid – Skitseprojektet” (Hasløv & Kjærsgaard, 2014) til at supplere og understøtte resultaterne i vores undersøgelse. Ved brugen af disse dokumenter, er vi klar over, ”*(...) at dokumenter og arkiver er oprettet med et bestemt formål for øje, og at forfatteren og/eller arkivskaberens som regel med dokumentet eller arkivet ønsker at forme eftertidens historiske bevidsthed og erindring om de forhold (...)*” (Duedahl & Jacobsen, 2010: 51). Med brugen af Kystdirektoratets undersøgelse er vi derfor bevidste om, at Kystdirektoratet er en statslig instans med egne interesser, som selv har undersøgt Lønstrup Klint. Derimod er skitseprojektet fra arkitektfirmaet Hasløv & Kjærsgaard en mere uvildig instans, idet kommunen har bestilt firmaet til at lave undersøgelsen. I andet undersøgelsesspørgsmål anvendes skitseprojektet (Hasløv & Kjærsgaard, 2014) ligeledes til at udlede centrale pointer. Desuden bruges DHI’s¹ erosionsatlas (Sørensen, 2013) til at give en tilnærmelsesvis estimering af erosionsmængden for Nørlev Strand. DHI udlægger sig selv som værende en uafhængig forskningsorganisation. DHI har lavet undersøgelsen for Kystdirektoratet, hvilket gør undersøgelsen mindre ”farvet” af Kystdirektoratets interesser.

Feltobservationer er desuden benyttet til at danne os et eksplorativt indblik i projektets område, kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint samt situationen på Nørlev strand.

¹ DHI (Institut for vand og miljø) Rådgivnings- og forskningsorganisation.

Kystmorfologi

Det er fremgået, at de danske kysters oprindelige udseende er dannet som følge af isens indvirkning under istiden. Ismasser og smeltevand har sammen med jordskorpebevægelser og havspejlsændringer formet det danske landskab – herunder kystlandskabet. Den videre udvikling af kysten sker som følge af nogle morfologiske kræfter som bølger og strømme, der til stadighed modellerer og justerer på kystens form (Binderup, 2012). I det følgende afsnit beskrives de processer og faktorer, der spiller ind, når kyster ændrer form og eroderer, og som afrunding på dette afsnit defineres forskellige kysttyper.

Hvad er kystmorfologi?

”Kystmorfologien er læren om kystens former og (...) Kystmorfologien har som sit arbejdsfelt det område (kystzonen), der påvirkes eller har været påvirket af marine kræfter” (Nielsen & Nielsen, 1978: 1). Kystmorfologien beskæftiger sig med kystmorfologiske fænomener som kysterosion og materialetransport, og fordi det danske landskab overvejende er et istidslandskab, er kystens sedimenter hovedsageligt løse og dermed lette nedbrydelige og transportable for bølger og strømme (Binderup, 2012)

Den Jyske vestkyst ligger åben mod vest og er derfor placeret i et vestenvindsbælte. Det betyder, at kysten har en udsat position og betegnes som en højenergikyst modsat lavenergikysterne i de indre danske farvande. Placeringen i vestenvindsbæltet og det faktum, at Nordsøen har en stor udstrækning og havdybde skaber mulighed for bølger og strømme med høj energi (Ibid.). Når bølger bevæger sig mod bugtede kyster, er det hovedsageligt de fremskydende dele af kysten, ”forbjergene”, der rammes. Her eroderes materiale, som transporteres og aflejres i bugter og vige. Over tid bevirker denne proces med kysterosion og materialetransport, at der dannes udligningskyster, hvor de fremspringende områder samt bugter og vige rettes ud. Sådanne processer finder sted på den jyske vestkyst, der er et eksempel på en udligningskyst. Kysters udformning ændres desuden over tid som følge af årstidsvariationer. Om vinteren blæser der kraftige vinde og, der dannes store bølger, som virker destruktive og nedbrydende på kysten. Herved bliver kystprofilen relativt fladt, modsat det stejle kystprofil i sommerhalvåret, der er forårsaget af roligere bølgeforhold med en konstruktiv og opbyggende effekt på kysten.

Kysterosion og sedimenttransport

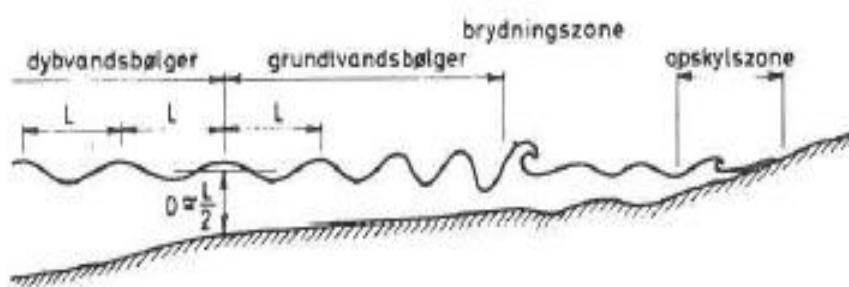
Erosion er betegnelsen for den proces, der ’angriber’ og nedsliber jordoverfladen, herunder fast materiale og løse sedimenter. På latin betyder erosion slitage eller afgraving, og det finder sted i

kombination af fysiske og kemiske processer som; markante temperature (varme og kulde), vand-, is-, vindpåvirkninger, og som følge af syrepåvirkning og biologisk aktivitet. De processer, der forårsages af vinden og vandet har overvejende betydning for den erosion og omfordeling af materiale, der finder sted i kystmiljøet. Kysterne ”*undergår hele tiden ændringer som følge af de forskellige erosionsprocesser. Bølger, tidevand og havstrømme gnaver sig ind i kontinenterne (...)*” (Redaktionen, 2014), og vanderosion er dermed en proces, hvor løse sedimenter fra en overflade fjernes af rindende vand. Dette ses i floder og vandløb og som følge af kraftige regnskyl, men vanderosion finder også sted langs kyster, hvor materiale af forskellig størrelse fjernes af bølger og havstrømme. Vinderosion flytter også løst materiale i form af fine jordpartikler. Dette fænomen kaldes ’flyvesand’, og processen fortsætter indtil overfladen ikke længere indeholder fint og flytbart materiale.

Sedimenttransport udtrykker det fænomen, at løst materiale, som følge af bølger, vind og strømme, transporteres enten til eller fra kysten. Sediment- eller materialetransporten er årsagen til, at kyster kan opleves forskellige som følge af årstidernes skift: ”*Enhver marint opbygget form i kystzonen er et resultat af en materialeomsætning – af samspillet mellem kræfter og materialer*” (Nielsen & Nielsen, 1978: 93). Sedimenter sættes i bevægelse, når forskydningsspændingen overstiger kræfterne, der holder sedimentkornene fast. Friktionens størrelse er bestemt af bundens ruhed, herunder sedimenternes kornstørrelse, og den strømningshastighed, der skal til for at materiale kan bevæge sig betegnes som materialets igangsætningshastighed eller kritiske erosionshastighed (Ibid.). Transporten af sedimenter kan ske både parallelt med og vinkelret på kysten. Er der over tid ingen ændringer i de kystformende forhold, vil kyster udvikle et ligevægtsprofil, hvor der er balance mellem bølgerne og sedimenternes placering på tværs af kysten. Ligevægtsprofilet er et statistisk gennemsnitsprofil, og når ”*netto-materialebevægelsen overalt er nul, er ligevægtsprofilet dannet (...)*” (Ibid.: 97). Er der variation i de kystformende faktorer kan ligevægtsprofilet ikke dannes, og der sedimenttransporteres på to måder; ved et fladt kystprofil vil bølgerne transportere sedimenter fra havbunden ind på land, hvorfor kystlinjen rykker ud ad. Her bliver profilet stejlere, og stranden opleves bredere. Ved et stejlt kystprofil vil bølgerne derimod erodere kysten og transportere materiale ud i havet, hvorved profilet bliver fladere, og ”*kystlinjen rykker ind i landet, som det f.eks. sker i det tilfælde, hvor klinten nærmer sig sommerhuset*” (Binderup, 2012: 404). Det langsgående materialetransport, som foregår parallelt med kysten, sker i opskyldszonen og i brændingszonen, hvor turbulens fra bølgernes brænding hvirvler sedimenter op i bølgestrømmen, der fører materiale hen ad kysten i zigzagbevægelser (Ibid.).

Bølger

Bølger er den vigtigste morfologiske faktor med indflydelse på kystændringerne. Bølger dannes som følge af den friktion, der sker, når vinden blæser hen over en havoverflade. Vindens energi overføres til vandet, og ved vandoverfladen vil der opstå hvirvler og turbulens, der danner kapillarbølger, som er små uregelmæssige bølger, der ophører, når vinden stopper. Fortsætter vinden med at blæse, dannes der tyngdebølger eller vindbølger, som er kraftigere og længere tid om at falde til ro. Bølgestørrelsen er betinget af vindens hastighed, vindens varighed, størrelsen på det frie stræk (afstanden til kysten) og vanddybden (Nielsen & Nielsen, 1978). Når bølgerne er dannet, forplanter de sig i en bevægelse ind mod kysten. Her tabes der i begyndelse kun ringe energi, fordi bølgerne på dybt vand (dybtvandsbølger) ikke påvirkes af bunden. Men når bølgerne nærmer sig kysten og møder en vanddybde, der er halvt så stor som bølgelængden, vil bunden begynde at påvirke bølgerne, og bølgernes form ændres (grundtvandsbølger). Bølgernes friktion mod havbunden på de lave vanddybder betyder, at bølgelængden og bølgehastigheden mindskes, imens bølgerne samtidig bliver højere og stejlere: ”Bølgetoppene indsnævres, og bølgedalene bliver bredere. Bølgen bliver således stadig mere asymmetrisk (...) Bølgens energi koncentrerer sig på grund af den korte bølgelængde, hvorved bølgehøjden og dermed stejlehedsforholdet (...) øges. Samtidig bevirker friktionen et energitab” (Nielsen & Nielsen, 1978: 31). Med fortsat aftagende vanddybde vil bølgerne, med en bølgehøjde der er 0,8 gange vanddybden, brydes. I den forbindelse skabes der turbulens, hvor materiale hvirvles op i vandmasserne og transporteres videre. Herefter gendannes bølgerne med mindre energi, der kan bryde igen helt inde ved kysten, hvorved bølgerne skyller op på land (Burcharth, 1968; Binderup, 2012).



Figur 5: Skematisk fremstilling af bølgeprofilændringen ved kystbrydning (Burcharth, 1968: 9)

Strømme

Strømme er endnu en kraft, der har indflydelse på de kystformende processer. Der er tale om forskellige typer af strømme, hvoraf bølgestrømme er mest betydningsfulde for materialeomlejring i kystzonen. Bølgestrømme dannes, når bølger løber skråt ind mod kysten, og her resulterer bølgenes refraction² i, at deres impuls kraft kommer til at løbe på langs af kysten. Bølgestrømme finder sted fra kystlinjen og ud til den yderste brydningszone og knytter sig derfor til de kystnære zoner. På kyster med revler er strømningsforholdene mere kompliceret. Bølgestrømme bevæger sig skråt ind over revlerne og brydes, hvilket medfører kraftig bølgestrøm på revlen. Samtidig forhindrer revlerne vandmasserne i at løbe tilbage. Derfor bevæger vandet sig parallelt med kysten indtil revlen ophører, hvorved vandmasserne i en tværstrøm strømmer tilbage til havet. Denne strøm eller passage kaldes også for hestehuller og er karakteriseret ved kraftig strøm: *"Tværstrømmene (...) kan ved kraftig pålands storm opnå hastigheder på flere knob og er i stand til at føre store mængder ud på dybere vand"* (Burcharth, 1968: 12). Vindstrømme er strømme, som vinden skaber i havets overflade, som følge af vindens friktion med vandet. Denne strøm opstår i de øverste vandlag og er på store vanddybder relativt svag, men på lavt vand ved kysterne vil strømmene afbøjes og kan opnå større hastigheder. Imidlertid dominerer bølgestrømmen ved de fleste kyster. Tæthedsstrømme opstår, hvor der er forskelle i vandtemperaturen eller hvor salt- og ferskvand mødes, og desuden dannes der udadrettede kompensationsstrømme, som bortleder ophobet vand ved kysterne. Endelig dannes der strømme ved tidevandsskifte. Tidevandsstrømme opstår som følge af månens og solens tiltrækningskraft, der forårsager hævnings og sænkninger i vandspejlet.

Vandstandsvariationer

Vandstandsvariationer har også indflydelse på ændringer af kysten, men de udgør ikke en selvstændig kystmorfologisk kraft. Vandstand har som nævnt indflydelse på bølgers størrelse: *"Jo større vanddybde, jo større bølger kan nå strandområdet"* (Burcharth, 1984: 49), og samtidig har vandstandsændring betydning for strømningsforholdene. *"Vandstanden er ikke en kraft der som bølger og strøm kan modellere kysten, men den er afgørende for, i hvilket niveau modelleringen finder sted. Ændres vandstanden skal kysten tilpasse sig en ny situation"* (Binderup, 2012: 404). Forskellige årsager kan være skyld i vandstandsvariationer, og variationerne kan spænde fra få minutter til millioner af år. Kortest varighed har tidevands- og vindstuvningsfænomener, hvor hhv. vinden samt

² Refraktion er en proces, hvor bølgeenergien, når bølger er på vej mod kysten, koncentrerer omkring kystens forbjerg imens der vil ske en spredning af bølge energi i bugterne. Det resulterer i kompensationsstrømme på langs af kysten (Nielsen & Nielsen, 1978)

månens/solens tiltrækningskraft fører til højere vandstande. Derudover skelnes der mellem eustatiske og isostatiskke ændringer. Eustatiske ændringer er forbundet med globale klimaskift, hvor den totale vandmængde ændrer sig. Det kan ske, hvis rumfanget på klodens ismasser forøges, eller hvis ismasserne smelter: ”Eksempelvis er det udregnet, at afsmeltning af den nuværende grønlandske indlandsis ville bevirke en hævnning af oceanernes vandspejl på ca. 8 meter, og gennem kvartærtidens 4 istider har havets vandstand svinget ca. +/- 100 m i forhold til det nuværende niveau” (Burcharth, 1968: 16). Isostatiskke ændringer er derimod knyttet til ændringer i landniveauet. Disse ændringer kan dels forårsages af tektoniske bevægelser, som jordskorpens foldning under bjergkædedannelse, og dels af forandringer i jordskorpens belastning, bl.a. som følge af erosion eller under opfrysning eller nedsmeltning af ismasser: ”Når landområder eroderes, vil vægten af det eroderede og af floder og vandløb transporterede materiale flyttes ud i havet, hvorved vægtfordelingen ændres således, at havbunden langsomt synker, medens landområderne hæves. Opfrysning og afsmeltning af store ismasser på kontinenterne bevirker henholdsvis sænkning og hævnning af de isdækkede områder” (Burcharth, 1968: 16).

Kysttyper

En kyst er ikke bare en kyst, fordi morfologien langs de danske kyster varierer (se forrige afsnit). Generelt grupperes de danske kyster indenfor enten *stejlkysten* eller *fladkysten*. Kysttyper der hører under kategorien stejlkyst, er alle kendetegnet ved at være erosionsformer, hvor bølgerne fordi landskabet er stejlt eroderer kysten. Sådanne kyster er bl.a. klippe- og klintekyster. Kysterne, der defineres som fladkyster, er modsat stejlkysten akkumulationsformer, hvor bølgerne aflejrer materiale på en flad hældning. Her er der tale om kyster som tilgronings- og strandvoldskyster (Binderup, 2012).

I Danmark findes *klippekyten* kun på det nordlige Bornholm. Karakteristisk for denne kysttype er nemlig, at bølger her eroderer i krystallinske bjergarter som ex. granit. Klippekyter kan have forskellige former. Enten kan de være glatte og afslebne eller også kan de være ru og sprækkede. Kysterrosionen på klippekyster foregår langsomt, fordi materialet består af klippe, men sprækker og kløfter i klippevæggen øger nedbrydningen, fordi vandet kan trænge ind i klippen, ligesom tø- og frostprocesser også bidrager til erosion (Binderup, 2012). *Klintekysten* er modsat klippekysten stærkt repræsenteret i det danske kystlandskab. Klinters udformning er bestemt af materialet og af de eroderende kystmorfologiske kræfter. Klinterne, der består af eksempelvis ler eller kalk, vil have en stejl hældning og vil erodere i store stykker, imens klinte opbygget af mindre sammenhængende

materiale som bl.a. smeltevandssand lettere vil erodere, hvilket bidrager til en mindre stejl kyst (Nielsen & Nielsen, 1978). Første klintetype, udgjort af relativt sammenhængende materiale, ses bl.a. på klinerne ved Grenå, Stevns og Møn, imens sidstnævnte klintetype bestående af mere usammenhængende materiale optræder ved Lønstrup Klint på den nordjyske vestkyst. Når kliner eroderes vil store og tunge materialer havne ved klintefoden, imens lettere materiale vil opslæmmes i vandet og, ” (...) bliver transporteret langs kysten, hvor det bliver brugt til opbygning af kystformer eller aflejres på havbunden andre steder” (Binderup, 2012: 413).

Fladkysterne er den hyppigste kysttype i Danmark (Burcharth, 1968), som er dannet, ” (...) hvor det geologiske udgangsprofil, initialprofilet, er fladt, således at der føres materiale ude fra havbunden og ind mod kysten, eller hvor der er stor tilgang af sedimenter fra nabokysterne” (Binderup, 2012: 415). *Tilgroningskysten* er en fladkyst, hvor strandbredden mangler, fordi vegetationen dominerer kystprofilet. Disse kyster kaldes ofte strandenge og findes ved fjorde, bugter og laguner. Her forekommer der ringe bølgedannelse, da vandstanden er lav, og det frie stræk er kort, og derfor foregår kystudviklingen meget langsomt. Strandengene opstår ved, at der ved kystlinjen vokser hårføre planter, der kan modstå salt og vand. Ved gentagne vandstigninger aflejres vandets opslæmmede materiale mellem planterne, hvilket giver anledning til, at flere mindre hårføre planter kan vokse. Disse strandengs- eller tilgroningskyster findes bl.a. i østjyske fjorde som Roskildefjord og Isefjorden og på Saltholm i Øresund (Binderup, 2012; Nielsen & Nielsen, 1978). *Strandvoldskysten* er hyppigere udbredt end tilgroningskysten, og modsat tilgroningskysten findes strandvoldskyster i områder med større bølgeaktivitet. Strandvoldskyster er under stadig forandring af de morfologiske kræfter, og de består af en strandvold parallelt med kystlinjen udgjort af sand, sten eller grus: ”En strandvoldskyst er dannet af havets bølger. Bølgerne tager materiale med sig ind til kysten hvor det aflejres og danner en vold” (NIRAS, 2009: 8). Det er således bølgenes op- og tilbageskyl, der danner kystprofilet, som ofte ændrer form som følge af årstidernes skiften. Rolige vejrforhold skaber en lang og bred strandbred, imens voldsommere vejr gør strandbredden kortere og smallere. Strandvoldskyster findes overalt i Danmark, og Nørlev Strand i Nordvestjylland er et eksempel på en sådan en kyst.

Første undersøgelsesspørgsmål

I det følgende besvares første undersøgelsesspørgsmål, som er en undersøgelse af kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint samt kystsikringens påvirkning af klinten. Dette undersøgelsesspørgs-

mål er første trin i undersøgelsen, og vi betragter det som en forudsætning først at undersøge kystsikringens påvirkning på Lønstrup Klint, inden vi dernæst kan undersøge, hvordan kystsikringen ved Lønstrup påvirker det nærliggende område, Nørlev Strand (andet undersøgelsesspørgsmål). Første undersøgelsesspørgsmål er toledet og deles derfor op i to afsnit. I første afsnit redegøres der for kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint, hvorefter andet afsnit indeholder en analyse af, hvordan den etablerede kystsikring påvirker klinten ved Lønstrup.

Kystsikringsmetoder – Lønstrup Klint

Nedenfor beskrives kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint. Afsnittet starter bredt og giver indblik i forskellige kystsikringstyper, hvorefter det snævres ind og afrundes med den kystsikring, der finder sted ved Lønstrup Klint.

Kystsikringsmetoder kan deles op i flere kategorier, hvor den gængse klassifikation er ”hårde” og ”bløde” kystsikringsmetoder. Kystdirektoratet anser de ”bløde” kystsikringsmetoder som værende sandfodring og etablering af klitter, hvor der sker mindst mulig med naturen, når kysterne skal beskyttes. Sandfodring bliver også kaldet strandfodring, strandnær fodring eller revlefodring og går ud på at tilføre ekstra sand, ral eller andre sedimenter til kysten. Denne metode bruges til at kompensere for det tab af sediment, som kysten naturligt lider under. Når der tilføres sediment til kysten mindskes eller standses kystens tilbagerykning, fordi sandet, som kysten fodres med, ikke er indvundet fra selve kysten men fra dybtliggende havbunde i nærheden. Denne indvinding af sand fra nærliggende områder sker i overensstemmelse med det mest naturligt forekommende udgangspunkt. Det sikrer kystens naturlige udvikling så både flora og fauna vedligeholder sit nuværende miljø. Netop fordi sandfodring ændrer mindst muligt på kystens miljø, betegnes sandfodring som den ene af de mere ”bløde” kystbeskyttelsesmetoder (Kystdirektoratet, 2013 B). Den anden ”bløde” kystbeskyttelsesmetode er etablering af klitter. Klitter er naturligt forekommende, men kan desuden dannes ved at etablere strandbeplantning eller faskiner, som er med til at forhindre sandflugt. Klitter kan også etableres ved at tilføje sand og derved etablere kunstige klitter. Klitter beskytter bagvedliggende områder mod oversvømmelse og skaber en form for sandreservoir. Dette mindsker risikoen for oversvømmelse samt kystens erosion. Derimod standser klitter ikke selve kysttilbagerykningen, men beskytter det bagvedliggende. Klitter er ligesom sandfodring en ”blød” kystbeskyttelse, hvor etablering af klitter er naturligt og mindst muligt påvirkeligt på kysten og naturen (Kystdirektoratet, 2013 C).

En kategorisering af kystbeskyttelsesmetoder som værende ”hård” og ”blød” koncentrerer sig om beskyttelsesmetodernes påvirkning på naturen som værende hhv. stor og lille. Kystbeskyttelsesmetoderne kan også opdeles i to kategorier efter formål. Sandfodring beskytter mod erosion, mens etablering af klitter er mere højvandsbeskyttende. Erosionsbeskyttelse og højvandsbeskyttelse kan derfor også være udgangspunktet for en klassifikation af kystbeskyttelsesmetoder. Blandt de højvandsbeskyttende metoder tæller bl.a. mobil højvandsbeskyttelse. Det er mindre relevant i dette projekt, da det primært er sandsække og andre midlertidige etableringer, som har til formål at beskytte højvande over korte tidsperioder. Derimod er etablering af diger en metode, som primært beskytter det bagvedliggende ved at inddrage højvandet fra havet. Havdiger skal placeres med stor overvejelse ift. området. Digerne kan placeres uden eller med et område foran alt afhængig af om påvirkningen af erosion på diget skal være stort eller lille, da bølgerne eroderer på digets skråninger. Diger har derimod den ulempe, at det er en meget stor foranstaltning og kan ændre udsyn for beboere eller gæster (Kystdirektoratet, 2013 D).

Kystbeskyttelsesmetoder som har til formål at mindske erosionen, og som samtidig befinder sig i den ”hårde” kategori er høfder, bølgebrydere og beskyttelse af skråninger. Høfder indfanger sand og hjælper dermed med at mindske kysttilbagerykningen. Høfder er en opsats bestående af en beton-, sten eller sandkerne, som er overlagt med store sten eller blokke og placeret vinkelret på kysten. Denne formation ude i vandet skal indfange det sand, som bølger skubber ind mod kysten. Det er dermed den langsgående sedimenttransport, der bliver forhindret af høfdernes tilstedeværelse. Ved etablering af høfder skal det gøres klart, at de har store negative gener ved kystens nedstrøms side. Derfor skal der forekomme sediment på opstrøms siden for at høfderne skal have den virkning som tiltænkes. Derimod kan der kompenseres for de negative konsekvenser nedstrøms ved at sandfodre, sådan at sedimenttabet formindskes. Denne kombination er gængs ift. kystbeskyttelse og beskyttelse mod erosion. En anden metode som også er erosionsbeskyttende er bølgebrydere. Bølgebrydere er en konstruktion parallelt med kysten, som skal mindske bølgenes påvirkning på kysten. Bølgebrydere er etableringer af større sten i flere lag, som kan være etableret enkeltvis eller i intervaller ned af en given kyst. For at sikre bølgebryderens virkning skal det sikres, at der er sediment på kyststrækningen. Det samme gælder for bølgebryderne, som for høfderne, nemlig at der kan kompenseres for et sedimenttab, som bølgebryderne forårsager. Den sidste erosionsbeskyttende metode, som nævnes er beskyttelse af skråninger. Skråningsbeskyttelse har til formål at forhindre, at havet nedbryder klitter og skrænter. Skråningsbeskyttelse etableres ved, at store sten eller betonklodser placeres ved foden af klitten eller ved skræntfoden. Derimod hindrer skråningsbeskyttelse

ikke kystens tilbagetrækning, men forhindre erosion på selve skrænten eller klitten (Kystdirektoratet, 2013 E; Kystdirektoratet 2013 F; Kystdirektoratet 2013 G).

Kystbeskyttelsen ved Lønstrup er projekteret af Kystdirektoratet, hvor udgifterne er fordelt mellem staten (50 %) og hhv. Hjørring Kommune (25 %) samt Nordjyllandsamt (25 %). Kystbeskyttelsen blev oprettet i 1982-1983 som følge af, at en kraftig storm i 1981 havde eroderet en stor del af klinten (Kystdirektoratet, 2013 H). Kystbeskyttelsen består af en kombination af forskellige kystsikringstyper; bølgebrydere, høfder, skråningsbeskyttelse og sandfodring. På Figur 6 og Figur 7 er de forskellige kystsikringsmetoder ved Lønstrup vist. Parallelt ud for kysten er der etableret bølgebrydere. I 1982-83 blev der oprettet 10 bølgebrydere, der er placeret med nogle intervaller (Kystdirektoratet, 2013 E). De er dannet af brudstenskonstruktioner, der som ordet antyder, bryder bølgerne og dermed reducerer bølgeenergien, inden bølgerne rammer kysten. Samtidig forhindrer bølgebryderne, at der fjernes sediment fra kysten. Vinkelret på kysten ses høfderne, der også består af store stenblokke. Der blev etableret to høfder, opfanger det sand, der transporteres på langs af kysten og hindrer dermed den langsgående materialetransport. Helt inde ved klinten anvendes skråningsbeskyttelse, der på billedet ses som de store sten, der er ligget ved klintens fod. Disse beskytter ikke forstranden, men har til opgave at beskytte selve klinten mod erosion. Til sidst anvendes sandfodring som kystbeskyttelsesmetode. Ved kystsikringens oprettelse blev der gennemført en sandfodring på 63.000 m³ sand. Denne kystsikring, kan være vanskelig at se med det blå øje, men på feltobservationen var vi heldige at se en lastbil i færd med at sandfodre (se Figur 6). Sandfodring består således i at tilføje stranden nyt sand som en kompensation for den erosion af sediment, der finder sted (Ibid.) Foruden at der løbende er blevet tilføjet nyt sand til stranden har den eneste vedligeholdelse af kystbeskyttelses konstruktionerne fundt sted i 1986. Her blev nogle af bølgebryderne forlænget med 10 m og tilført yderligere 10-20 kubikmeter brudsten for at reducere afstanden mellem bølgebryderne (Kystdirektoratet 2013 A).



Figur 6: Kystbeskyttelsesmetoderne ved Lønstrup Klint (eget foto, 2014)



Figur 7: Sandfodring ved Lønstrup Klint (eget foto, 2014)

Kystsikringens påvirkning af Lønstrup Klint

I dette afsnit vil kystsikringsmetodernes påvirkning på Lønstrup Klint forklares. Lønstrup Klints tilbagetrækning illustreres og bestemmes gennem ArcGis-kort og estimater af erosionsmængden bestemmes ift. sandfodring. Løbende inddrages der henvisninger til bilag til fællesaftale for Lønstrup Klint (Kystdirektoratet, 2013 A) med henblik på at supplere og understøtte undersøgelsen.

Lønstrup Klint er en stejlkyst og tilmed en erosionskyst, der påvirkes af forskellige kystmorfologiske kræfter. Da Lønstrup samtidig prioriteres som en kulturbevarende by er incitamentet for at mindske erosionen af kysten stor. Inden etableringen af kystsikring ved klinten havde de morfologiske kræfter ingen begrænsninger. Her påvirkede bølger, vinde og strømme kysten i en sådan grad, at erosionen af kysten var stor. På Figur 8 fremgår det, at kysten inden oprettelsen af kystsikring havde trukket sig meget tilbage. Kystlinjen for Lønstrup Klint har fra ca. 1850'erne til 1954 trukket sig 57,82 m tilbage. Årsagen til denne kysttilbagetrækning skyldes først og fremmest kystens placering i vestensvindsbæltet, hvilket både giver anledning til en stor vinderosion af løst og fint materiale fra kystens overflade. Samtidig skabes der, som følge af det lange frie stræk til kysten og den store vanddybde, bølger og strømme, der uhæmmet kan erodere kysten og transportere materiale ud i havet.

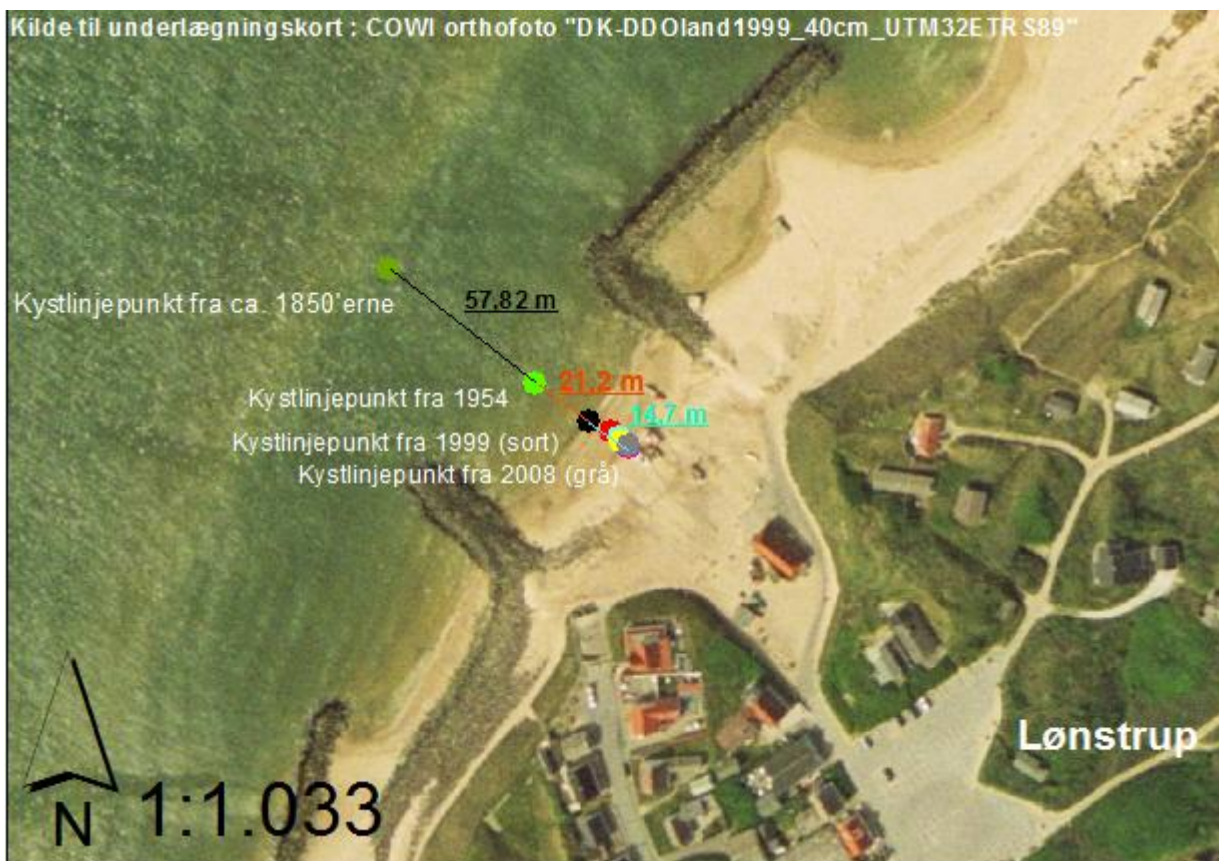
Efter oprettelse af kystsikringen ved Lønstrup Klint i 1982 har udviklingen af kysten ændret sig.



Figur 8: Lønstrup Klints kystlinje 1954. (COWI, ukendt år)

Der blev som det er fremgået oprettet fire kystsikringstyper; bølgebrydere, høfder, skråningsbeskyttelse og sandfodring med det formål at beskytte kysten mod erosion og dermed beskytte de menneskabe værdier, der knytter sig til Lønstrup by. Kystsikringen blev besluttet i takt med, at klimaet har ændret sig, hvilket har først til hyppigere storme og vandstandsstigninger, som er energikilde til de kysteroderende kræfter. Af Figur 9 nedenfor ses det, at kysten har trukket sig ca. 21,2 m tilbage fra 1954-1999. Af denne periode har de første 28 år været uden kystsikring, imens de efterfølgende 17 år har været efter kystsikringens oprettelse. Fra 1999-2008 har kysten trukket sig 14,7 m tilbage. Denne tilbagetrækning har fundet sted, mens kystsikringen har eksisteret. Ud fra Figur 9, kan der argumenteres for, at kystbeskyttelsesmetoderne har haft begrænset virkning, fordi det fremgår, at der fra 1999-2008 er der sket en længdemæssig større tilbagetrækning, end fra ca. 1850'erne til 1999. Modsat det argument opstår der en kritik af vores kystlinjepunkter fra 1999-2008, da disse punkter ligger meget tæt på hinanden. Afstanden målt fra 1999-2008 kan således være forbundet med tilfældige forhold som blandt andet årstidsvariationer, høj- og lavvande og vejrforhold. Desuden kan afstanden skyldes usikkerhed når selve kystlinjepunkterne er sat. Derfor er kystlinjepunktet

fra 1999 til kystlinjepunktet for 2008 de to yderpunkter, der er målt. Derimellem befinder kystlinjepunkterne for hhv. 1995, 2004, 2006 og 2014 sig. Her skal det forstås, at afstanden mellem de to kystlinjepunkter 1999 og 2008 snarere er et udtryk for usikkerheden i målingernes præcision, end det er et udtryk for en reel kysttilbagetrækningslængde. Med disse kritiske forbehold in mente kan det påvises, at størstedelen af kysterrosionen har fundet sted inden kystsikringens etablering i 1982-83, og at kystsikringen altså har haft den tilsigtede effekt.

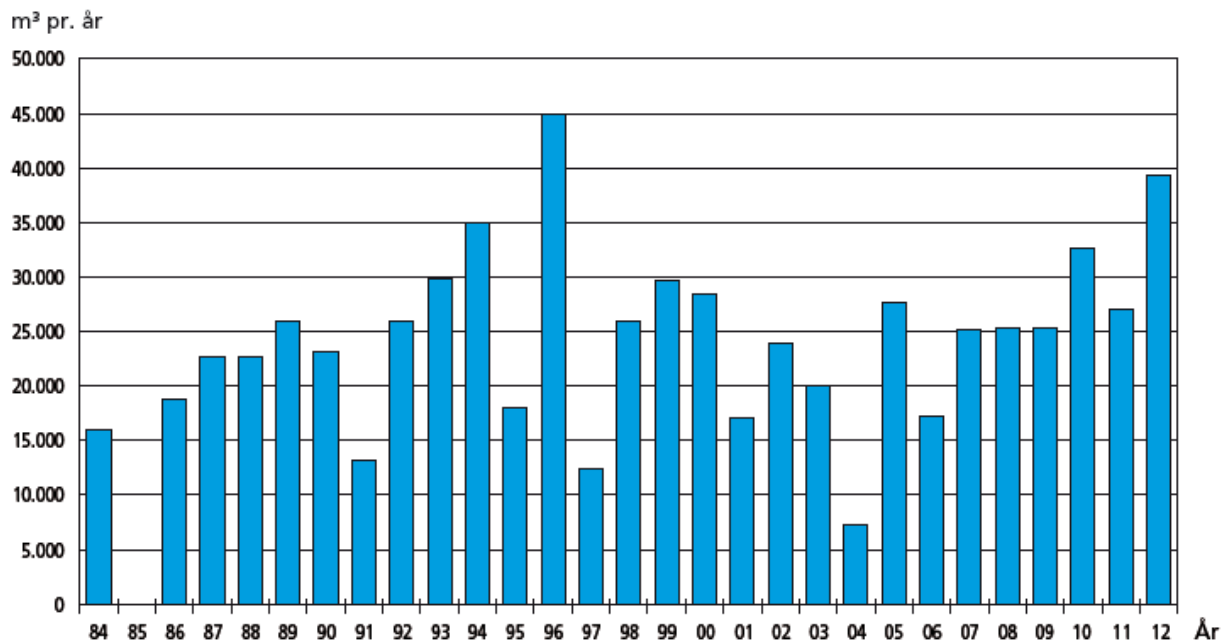


Figur 9: Lønstrup Klint fra 1999. Kilde: (COWI, ukendt år)

På baggrund af undersøgelsen i ArcGis ses det, at kystsikringsmetoderne har haft en virkning. Det understreger Kystdirektoratet også i deres undersøgelse af Lønstrup Klint udarbejdet inden beslutningen om videre beskyttelse blev taget: ”Kystbeskyttelses anlægget fra 1982-83 på den 1.100 m lange strækning ud for Lønstrup har virket efter hensigten. Skrænten er fastholdt, og dermed er risikoen for bebyggelsen indenfor forsvundet” (Kystdirektoratet, 2013 A:1). Dette er den overordnede konklusion over 31-32 års kystbeskyttelse. Kystdirektoratet berør også skråningsbeskyttelsen ved Lønstrup Klint, hvor formålet med denne metode var at sikre og standse skråntilbagerykning-

gen samt risikoen for bebyggelsen på skrænten. Princippet om skråningsbeskyttelse har til formål at forhindre erosion på selve klinten, hvilket er lykket: *”Skrænten er fastholdt, og skråningen er groet til med vegetation. Dermed er den primære målsætning for kystbeskyttelsen opfyldt”* (Kystdirektoratet, 2013 A:7). Ud over skråningsbeskyttelsens virkning har også høfder og bølgebrydere også haft en virkning på kysttilbagetrækningen. Bølgebryderne er anlagt parallelt med kysten med det formål at reducere bølgenes energi, inden de rammer kysten, hvilket nedsætter erosionen af sediment fra kysten. Det sediment som fjernes fra kysten, bremses af bølgebryderne: *”På bagsiden vil der over tid dannes en smal sandaflejring (en ”tombolo”) mellem bølgebryderen og kysten”* (Hasløv & Kjærsgaard, 2014:15). Høfderne er modsat bølgebryderne etableret vinkelret på kysten med henblik på at opsamle den parallelle sedimenttransport. Ved Lønstrup Klint bremser høfderne *” (...) det sand, som bølger og lokale strømninger fører med sig langs kysten med henblik på at reducere kysttilbagerykningen”* (Hasløv & Kjærsgaard, 2014:15).

En anden metode til beskyttelse og bevarelse af kysten ved Lønstrup Klint er sandfodring. Formålet med sandfodring er at beskytte kysten mod erosion, som sker ved bølgenes erodering på kysten: *”Sand flytter sig naturligt (...) Når bølgen ruller ind på lavt vand, hvirvles sand op fra havbundet [og] (...) Under storm med forhøjede vandstande, store bølger og kraftige strømme øges sandtransporten væsentligt (...) ”* (Hasløv & Kjærsgaard, 2014: 15). Uden sandfodring ved Lønstrup Klint vil bølgerne fjerne sediment fra kysten, og formålet med at sandfodre er netop at kompensere for det tab erosionen medfører. Lønstrup Klint har gennem 30 år fået tilført sand gennem sandfodring. Kystdirektoratet har selv udarbejdet en opgørelse over sandfodringens omfang siden 1984 (Se Figur 10).



Figur 10 Opgørelse over sandfodringens omfang siden 1984 Kilde: (Kystdirektoratet, 2013 A)

Ud fra Figur 10 kan det ses, at mængderne af sandfodring har været meget svingende fra 1984 til 2007. Efter 2007 har fodringen fundet et stabilt leje på omkring de 25.000 m³ pr. år, hvor de forrige ca. 20 år har været alt fra 45.000 m³ pr. år i 1996 til ingen fodring i 1985. Gennemsnitligt har kysten fået tilført 22.900 m³ sand pr. år siden 1984, hvor Kystdirektoratet i deres bilag til fællesaftalen bestemmer behovet til at være 27.000 m³ pr. år. På baggrund af Kystdirektoratets vurdering af sandfodringsbehovet på 27.000 m³ pr. år kan dette tal estimeres til at være den mængde, som eroderes fra Lønstrup Klint altså den årlige erosionsmængde. Dette estimat er antagelsesvis fodringsbehovet nu, hvor behovet har givetvis har ændret sig gennem de sidste 20 år (Kystdirektoratet, 2013 A). Den reelle sandfodring ved Lønstrup Klint har fra 2004 til 2012 i gennemsnit haft en tilførsel af sand på ca. 23.200 m³ pr. år, hvilket er 3.300 m³ mindre sandtilførsel i forhold til den estimerede erosionsmængde på 27.000 m³, svarende til 14,1 % lavere end erosionsmængden. Ifølge fællesaftalen er den fremtidige sandfodring for Lønstrup Klint, fra 2014-2018, ud fra en økonomisk ramme bestemt til at være 23.200 m³ pr. år. Denne bestemte sandfodring stemmer overens med den gennemsnitlige sandtilførsel fra 2004-2012. Når den reelle sandtilførsel er mindre end den estimerede erosionsmængde skyldes det sandsynligvis, at man ikke er interesseret i at fremrykke kystlinjen, men i stedet for bevare den nuværende kystlinje. Den interesse hænger sammen med en politisk og økonomisk betragtning af, hvad der akkurat er tilstrækkeligt for kystens beskyttelse og miljøet omkring.

Undersøgelsen af første undersøgelsesspørgsmål har vist, at kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint har haft en bevarende virkning på kysten. Tidligere havde kysten trukket sig markant tilbage, men efter etableringen af kystbeskyttelse i 1982, er tilbagetrækningen mindsket. Undersøgelsen i ArcGis viser, at kysten har trukket sig maksimalt 93,72 m tilbage over fra ca. 1850-2014. Derudover har vi på baggrund af Kystdirektoratets rapport for Lønstrup Klint (Kystdirektoratet, 2013 A) estimeret klintens erosionsmængde til 27.000 m³ pr. år, hvilket i midlertidig er højere end den planlagte og tilførte sandfodring fra 2004-2018.

Andet undersøgelsesspørgsmål

Efter at have undersøgt hvordan kystsikringen ved Lønstrup Klint påvirker klinten, undersøges det i andet undersøgelsesspørgsmål nedenfor, hvilken effekt kystsikringen ved Lønstrup Klint har for kysten ved Nørlev Strand. Denne undersøgelse foretages i ArcGis, hvor det undersøges, hvordan kystlinjen har ændret sig over tid, både før kystsikringen blev oprettet og efter oprettelsen af kystsikringen. I den forbindelse giver undersøgelsen indblik i kystsikringsmetodernes negative virkning på Nørlev Strand. Afsnittet suppleres løbende med og med pointer fra centrale dokumenter (Sørensen, 2013; Hasløv & Kjærsgaard, 2014).

Nørlevs Strands påvirkning af Kystsikringen ved Lønstrup

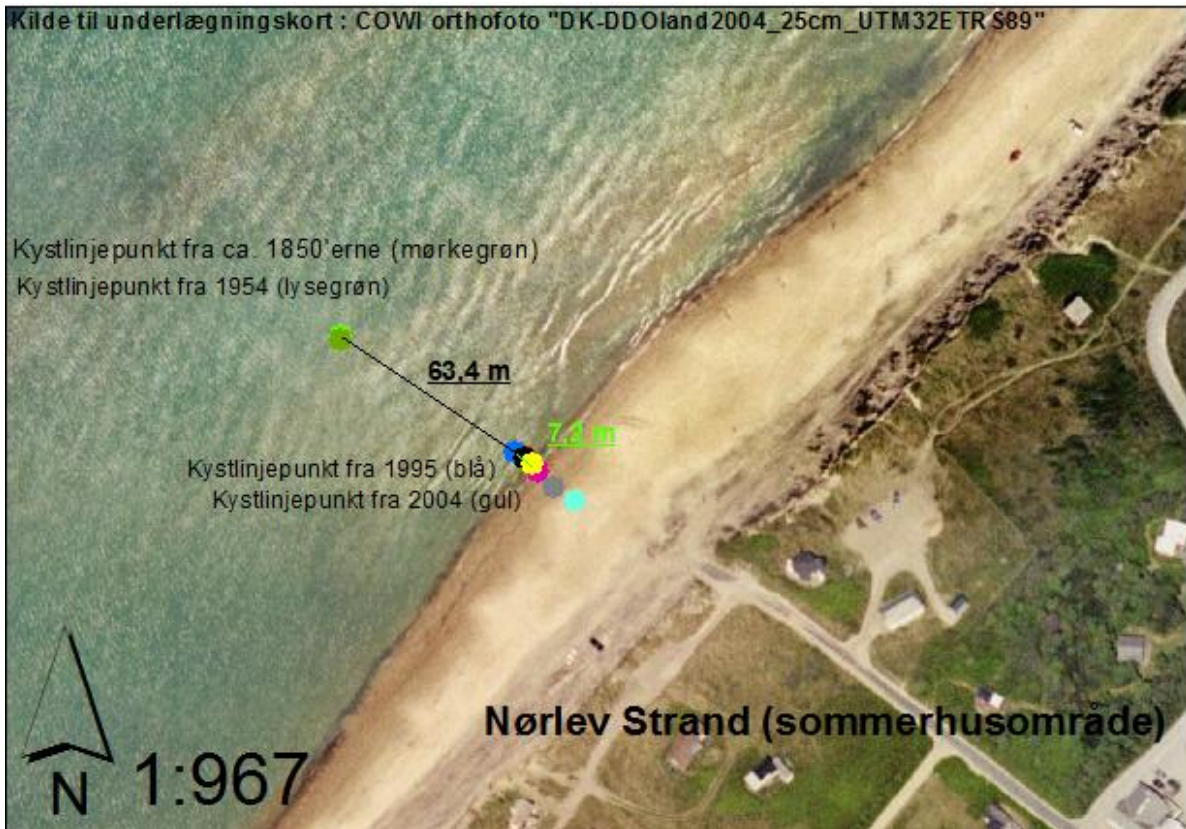
Nørlev Strand er modsat Lønstrup Klint en fladkyst – nærmere bestemt en strandvoldskyst, og en akkumulationskyst, hvor bølger aflejrer materiale på en flad kysthældning. Kysten ved Nørlev Strand påvirkes og omdannes ligeledes af de kystmorfologiske kræfter, herunder den kraftige bølgeaktivitet, men modsat Lønstrup Klint eroderes kysten ikke, hvormed der fjernes sediment. I stedet transporterer bølgerne materiale med indtil kysten, og det meste af materialet, der aflejres her kommer fra nabokysterne. For Nørlevs vedkommende stammer det tilførte materiale fra den erosion, der finder sted ved Lønstrup Klint. Figur 11 viser ændringen i kystlinjen, før der blev oprettet kystsikring ved Lønstrup. Det mørkegrønne punkt på figuren viser kystlinjepunktet fra ca. 1850. 100 år senere i 1954 fremgår det af det lysegrønne punkt, at kystlinjen har ligget næsten samme sted. På de 100 år, hvor der ikke har fundet kystsikring sted ved Lønstrup, er der altså ikke sket en væsentlig tilbagetrækning, hvilket sandsynligvis hænger sammen med sedimenttransporten fra Løn-

strup.

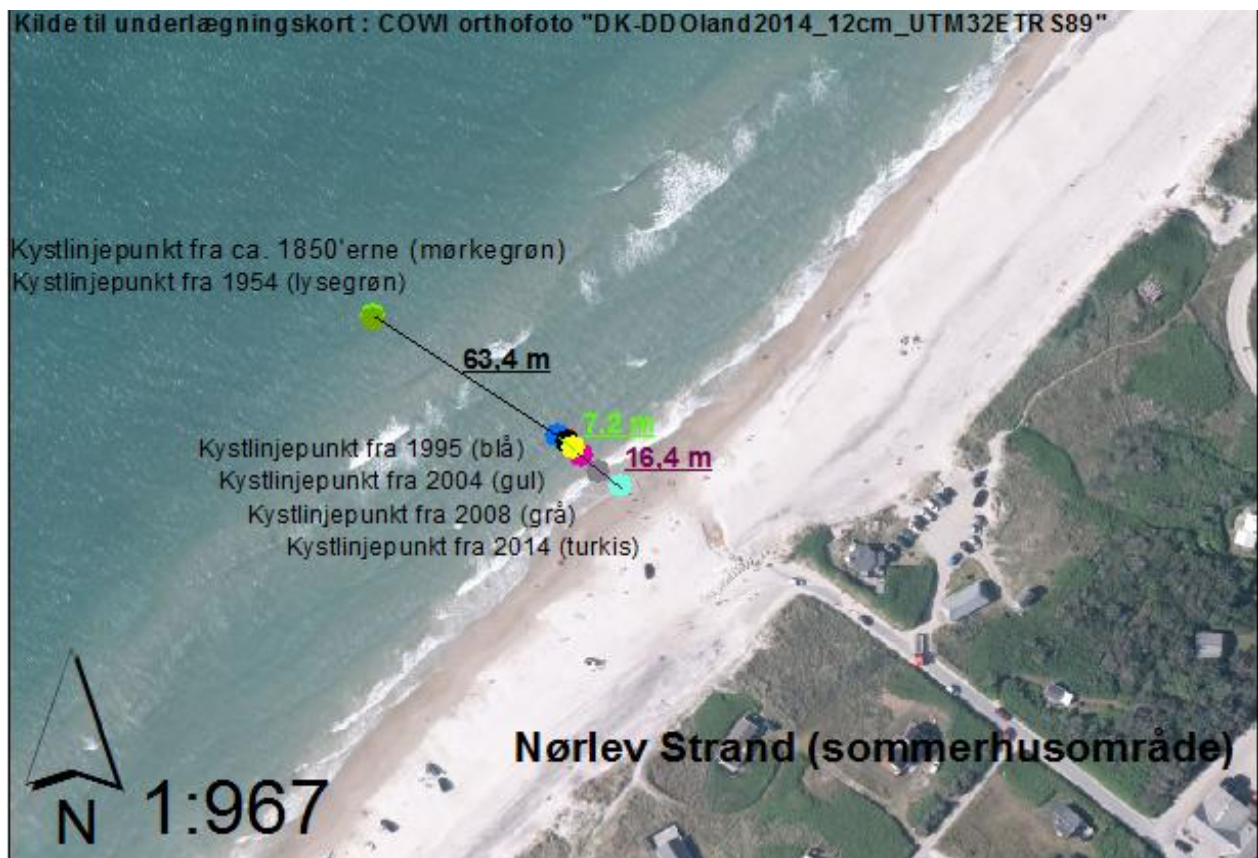


Figur 11: Nørlev Strands kystlinje 1954. Kilde: (COWI, ukendt år)

På Figur 12 nedenfor kan der fra kystlinjepunktet i 1954 til kystlinjepunktet i 1995 iagttages en tilbagerykning over 45 år, hvor der i 14 af årene har været kystbeskyttelse i Lønstrup. Det fremgår altså, at der er sket en markant ændring i kystens udvikling ved Nørlev Strand, men det kan ikke entydigt konkluderes, at tilbagerykningen på 63,4 m fra 1954-1995 udelukkende skyldes kystsikringens oprettelse. Det kan skyldes at der i de års mellemrum kan have været perioder med voldsomme storme, klimaforandringernes påvirkning, årstidernes skiften mv. Yderligere har kystlinjen trukket sig 7,2 m tilbage fra 1995 til 2004. Kysten ved Lønstrup Klint har i hele denne periode været kystsikret, og derfor er det mere entydigt, at kysttilbagetrækningen på de 7,2 m ved Nørlev Strand skyldes kystbeskyttelsen ved Lønstrup. Effekten af kystbeskyttelse ved Lønstrup Klint på Nørlev Strand kan også ses på Figur 13 for perioden 2004-2014. Tidsperioden er ca. den samme som Figur 12 fra 1995-2004, men tilbagetrækningen af kysten er over dobbelt så stor for den seneste periode, nemlig 16,4 m. Der kan være nogle af de samme forbehold forbundet med, at tilbagetrækningen fra 2004-2014 er så meget større end den tilbagetrækning, der har fundet sted fra 1995-2004.



Figur 12: Nørlev Strands kystlinje i 2004. Kilde: (COWI, ukendt år)



Figur 13: Nørlev Strands kystlinje i 2014. (COWI, ukendt år)

Som det er fremgået af undersøgelsen i ArcGis kan det konstateres, at kysten ved Nørlev Strand har trukket sig væsentligt tilbage efter oprettelsen af kystsikring ved Lønstrup Klit i 1982. I undersøgelsen af kystsikringens påvirkning af Lønstrup Klit i afsnittet ”Første undersøgelsesspørgsmål”, kunne vi estimere erosionsmængden ud fra sandtilførslen til kysten udregnet af Kystdirektoratet (Kystdirektoratet, 2013 A). For Nørlev Strand er det vanskeligere at lave sådan et estimat, da Kystdirektoratet ikke har leveret en analyse af kystens udvikling ved Nørlev Strand. Imidlertid kan vi nærme os et estimat for erosionsmængden af kysten gennem DHI’s erosionsatlas, der tager udgangspunkt i Sjællands nordkyst (Sørensen, 2013). Når vi inddrager udregninger fra Nordsjælland, er det på grund af kysternes sammenlignelighed. Begge kyster befinder sig i vestenvindsbæltet og har en væsentlig bølgeaktivitet, der øger presset for erosion. ”For kyster, hvor der hverken findes kystbeskyttelse eller udføres sandfodring, svarer det potentielle erosionspres til den reelle erosion, der opleves på kysten” (Sørensen, 2013: 20). Erosionsatlasset kategoriserer erosionspres på fem måder; aflejring, stabil, lille, moderat og stor (se Figur 14).

Kategorisering af erosionspres	Ændring i kystlinje	Sedimentunderskud	Bølgepåvirkningsindeks	Transportkapacitet	Eksempel
Aflejring	> 0	-	-	-	Bunden af Sejlerø bugt
Stabil	≈ 0	-	-	-	Kysterne i det sydfynske øhav
Lille	> -0.5m/år	0.1 m ³ /m/år	0.01 m ^{3,8} /s	10.000 m ³ /år	Sjællands østkyst ud til Øresund.
Moderat	-0.5 til -1.5m/år	1 m ³ /m/år	0.1 m ^{3,8} /s	100.000 m ³ /år	Sjællands nordkyst
Stort	> -1.5 m/år	10 m ³ /m/år	1 m ^{3,8} /s	1.000.000 m ³ /år	Jyllands vestkyst

Figur 14: Kategorisering af erosionspres. Kilde: (Sørensen, 2013)

Ud fra denne kategorisering kan vi tilnærmelsesvist bestemme estimatet af erosionsmængden for Nørlev Strand. Ud fra vores undersøgelse af kystens tilbagetrækning ved Nørlev Strand (Figur 13), kan vi se, at kysten på 10 år har trukket sig tilbage med ca. 1,64 m pr. år. På baggrund af Figur 14, fremgår det, at en ændring over på 1,5 m pr. år kan kategoriseres som et stort erosionspres. Derfor kan vi med forbehold estimere erosionsmængden for Nørlev Strand som værende stor, hvilket er det tilnærmelsesvise bedste estimat, der kan gives.

Udover kategoriseringer af erosionspresset leverer Erosionsatlasset også forklaringer på de effekter kystsikringsmetoder et sted har på kysten et andet sted: ”Langs kyster, hvor der findes kystbeskyttelse, vil der typisk kun være observeret en svag tilbagerykning af kysten, dér hvor den er beskyttet, men til gengæld kraftig tilbagerykning på de strækninger der ikke er beskyttet. Dette skyldes, at kystbeskyttelsen i en vis forstand koncentrerer erosionspresset på de ubeskyttede strækninger idet disse kun får tilført beskedne mængder sand fordi frigivelsen af sand (dvs. langstransporten) langs de beskyttede strækninger er reduceret” (Sørensen, 2013: 20). Her skal det forstås, at der sker en markant erosion af kysten ved Nørlev Strand som følge af kystbeskyttelsen ved Lønstrup. Kystdirektoratet har selv beskrevet påvirkningerne på kysten ved Lønstrup og har bl.a. konkluderet: ”Ved vindretninger mellem sydvest og nordøst er der bølger ind på kysten. Kystens orientering i forhold til bølger bevirker, at nettomaterialetransporten går mod nordøst” (Kystdirektoratet, 2013 A: 6). Sedimenttransporten går dermed mod Nørlev Strand, hvilken dog som følge af Kystsikringen ved Lønstrup er beskeden. Når der ved Lønstrup er etableret høfder har det nogle ulemper. Høfderne blokerer den langsgående materialetransport, fordi materialet aflejres ved høfderne: ”Sandaflejres på opstrøms siden, mens der skabes erosion på nedstrøms siden (...) så når man bygger høfder, er det nødvendigt, at kompensere for sandtabet” (Hasløv & Kjærsgaard, 2014: 15). Bølgebryderne og skråningsbeskyttelsen ved Lønstrup har den samme negative konsekvens på Nørlev Strand som høfderne. Det anbefales, at der ved etablering af bølgebrydere opstrøms bør sandfordres nedstrøms for at undgå erosion her (Ibid.). Tidligere kunne vi konstatere, at Nørlev Strand har trukket sig tilbage, hvilket kan tyde på, at anbefalingen om sandfodring ikke er blevet fulgt.

Undersøgelsen af andet undersøgelsesspørgsmål har vist, at kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint har påvirket kysten ved Nørlev Strand på en sådan måde, at kystlinjen har trukket sig tilbage efter kystbeskyttelsens oprettelse. Derudover er det på baggrund af DHI's erosionsatlas tilnærmelsesvist estimeret, at erosionsmængden ved Nørlev Strand kategoriseres som stor. Denne kategorisering er en medvirkende faktor til at konstatere, at kyster med kystbeskyttelse har en tilbagerykkende effekt på de omkringliggende områder, som ikke er beskyttet, hvilket er illustreret gennem ArcGis (Figur 11, Figur 12, Figur 13).

Konklusion

I dette projekt har vi lavet en undersøgelse ud fra følgende problemformulering: Hvordan påvirkes kysten ved Nørlev Strand af kystsikringsmetoderne ved Lønstrup Klint?

For at besvare problemformuleringen har det været nødvendigt først at undersøge, hvilke kystsikringsmetoder, der er ved Lønstrup Klint samt deres påvirkning af Lønstrup Klint. Ved Lønstrup blev der i 1982 anlagt kystbeskyttelse i form af høfder, skråningsbeskyttelse, bølgebryde. Desuden er der løbende sandfodret på kysten. Kystsikringen ved Lønstrup har haft en bevarende virkning på kysten, og kysttilbagetrækningen er mindsket efter etableringen. Dette kan konkluderes ud fra ArcGis-undersøgelsen af Lønstrup Klint, hvor forskellige kystlinjepunkter fra 1850-2014 er registreret. Vi fandt, at kystlinjepunktet fra ca. 1850'erne havde rykket sig tilbage ca. 57,82 m på 104 år frem til 1954 uden at være kystbeskyttet. Derefter har undersøgelsen konstateret, at kystlinjen fra 1954 til 1999 har rykket sig ca. 21,2 m, hvor de sidste 17 af årene har været under kystbeskyttende forhold. Yderligere viser undersøgelsen, at Lønstrup Klint har rykket sig ca. 14,7 m, hvilket dog skal betragtes som værende den maksimale tilbagetrækning set i lyset af, at kystlinjepunkterne i denne periode ligger meget tæt og uregelmæssig. Afstanden på de ca. 14,7 m er dermed reelt ikke helt så stor, hvorved kystbeskyttelsen overordnet set har haft den forventede virkning. Ydermere er erosionsmængden for Lønstrup Klint estimeret ud fra Kystdirektoratets bilag til fællesaftale fra 2013. Erosionsmængden er estimeret til 27.000 m³ pr. år ud fra kystdirektoratets anslåelse af sandfodringsbehovet på klinten.

Efter at have undersøgt kystsikringsmetodernes påvirkning på Lønstrup klint er deres effekt på Nørlev Strand undersøgt. Ud fra ArcGis-undersøgelsen kan det konstateres, at kystlinjen ikke har trukket sig betydeligt tilbage fra ca. 1850'erne til 1954. Derimod har kysten trukket sig tilbage med 63,4 m fra 1954-1995, og yderligere har kysten rykket sig med 23,6 m fra 1995-2014, altså efter etablering af kystbeskyttelse i Lønstrup. På baggrund af DHI's erosionsatlas har vi tilnærmelsesvist estimeret, at erosionsmængden ved Nørlev Strand kan kategoriseres som værende stor. Når erosionsmængden er stor hænger det sammen med, at kystbeskyttelsen ved Lønstrup Klint har nogle konsekvenser for Nørlev Strand. Høfder, bølgebrydere, skråningsbeskyttelse og sandfodring har den effekt, at erosionsmængden nedstrøms øges; altså ved Nørlev Strand øges erosionsmængden, som følge af kystbeskyttelsen ved Lønstrup Klint fordi materialetransporten i områder med kystbeskyttelse begrænses. Fordelene forbundet med kystsikringen et sted langs kysten resultere altså i ulemper et andet sted.

Litteraturliste

Adrian, Joachim: "*Fotoserie: Her forsvinder Danmark bid for bid*", udgivet i Politiken i Magasinet, 24. januar 2014. URL: <http://politiken.dk/magasinet/feature/ECE2190622/fotoserie-her-forsvinder-danmark---bid-for-bid/> (Hentet d. 18/12-2014)

Andersen, Steen & **Sjørring**, Steen: "*Geologisk set – det nordlige Jylland. En beskrivelse af områder af national geologisk interesse*", udgivet af GO Geografforlaget under Miljøministeriet og Skov- og Naturstyrelsen, 1992.

Binderup, Merete: "*Nutidens kyster og klitter*", kapitel 17 i **Larsen**, Gunnar (red.): "*Naturen i Danmark – geologien*", udgivet af Gyldendal, 2. udgave 1. oplag, 2012.

Bjørnager, Jens Anton: "*Stormen åd 10 meter af nordjysk kyst – og to sommerhuse*", udgivet af Politikens netredaktion, d. 7/12-2013. URL: <http://politiken.dk/indland/ECE2154481/stormen-aad-10-meter-af-nordjysk-kyst---og-to-sommerhuse/> (Hentet d. 18/12-2014)

Burcharth, Hans Falk: "*Kystmorfologi for bygningsingeniører*", udgivet af Den Private Ingeniørfond Danmarks Tekniske Højskole, 1968.

Burcharth, Hans Falk: "*Kystsikringsprincipper*", udgivet på DIEU Seminar om kystsikring, efteråret 1984.

COWI: "*COWI Web Map Services WMS proxy on wms.gis-hotel.dk*", udgivet af COWI, ukendt år, følgende kort er brugt: "DTK/Høje målebordsblade" (anden del af 1800-tallet), "DK-DDOland1954_25cm_UTM32ETRS89" (1954), "DTK/4-cm kort" (1983-1997), "DK-DDOland1995_80cm_UTM32ETRS89" (1995), "DK-DDO-land1999_40cm_UTM32ETRS89" (1999), "DK-DDOland2004_25cm_UTM32ETRS89" (2004), DK-DDOland2006_25cm_UTM32ETRS89" (2006), DK-DDOland2008_125mm_UTM32ETRS" (2006), DK-DDOland2014_12cm_UTM32ETRS89" (2014).

Duedahl, Poul & Jacobsen, Michael Hviid: "*Introduktion til dokumentanalyse – metodeserier for social- og sundhedsvidenskaberne, bind 2*", udgivet af Syddansk Universitetsforlag, 2. bind, 2010.

Geodatastyrelsen, Naturstyrelsen: "*PlansystemDK*", udgivet af Geodatastyrelsen under Naturstyrelsen/Miljøministeriet, i ukendt år **B**. URL: <http://kort.plansystem.dk/> (Hentet d. 18/12-2014)

Geodatastyrelsen: "*Kortforsyningen – download*", udgivet af Geodatastyrelsen under Miljøministeriet, i ukendt år **A**. URL: <http://download.kortforsyningen.dk/content/geodataprodukter> (Hentet d. 18/12-2014)

Hasløv & Kjærsgaard, Arkitektfirma I/S: "*Nordkystens fremtid – skitseprojekt*", udgivet af Hasløv & Kjærsgaard Arkitektfirma I/S: Eva Sara Rasmussen, Fernando Elias og Dan B. Hasløv i samarbejde med Gribskov- og Helsingør Kommune, 30/09-2014.

Hjørring Kommune: "*Lønstrup, mål, strategi, beskrivelse, retningslinjer og kort*", udgivet af Hjørring Kommune i kommuneplanen, d. 18/12-2013. URL: <http://www.kommuneplan.hjoerring.dk/dk/temaer/by/loenstrup/loenstrup.htm> (Hentet d. 18/12-2014)

Johansen, Hans Christian, Madsen, Per og Degn, Ole: "*Tre danske kystsamfund i det 19. århundrede*" Udgivet af Odense University Studies in History and Social Science, Volume 171 i 1993.

Kappel, Valdemar, Rasmussen, Torben Gang, Waneck, Jørn: ”Danmarks kyster – beskrivelser og seværdigheder fra 165 kyster”, udgivet af Politikens Forlag for Danmarks Naturfredningsforening, hovedredaktør Søren Olsen, 1. udgave 3. oplag, 1998.

Kristiansen, Jørgen: ”Ny strategi for kystsikring – opgør med et rådende natursyn på Lønstrup Klint”, udgivet af Institut for Planlægning på Aalborg Universitet i Skriftserien, Nr. 2012-02, i 2012.

Kystdirektoratet: ”Fællesaftalestrækningen Lønstrup – bilag til fællesaftale mellem staten og Hjørring Kommune om kystbeskyttelsen for perioden 2014-18”, udgivet af Kystdirektoratet under Transportministeriet, september 2013 **A**.

Kystdirektoratet: ”Hvad er bølgebrydere”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/06-2013 **E**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-boelgebrydere.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Hvad er diger”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/06-2013 **D**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-diger.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Hvad er høfder”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/06-2013 **F**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-hoefder.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Hvad er klitter”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/06-2013 **C**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-klitter.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Hvad er kystfodring?”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/6-2013 **B**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-kystfodring.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Hvad er skråningsbeskyttelse”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 12/06-2013 **G**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-skraaningsbeskyttelse.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Kystbeskyttelse ud for Lønstrup”, udgivet af www.kysterne.kyst.dk, d. 08/04-2013 **H**. URL: <http://kysterne.kyst.dk/kystbeskyttelse-ud-for-loenstrup.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Kystbeskyttelse”, udgivet af Kystdirektoratet under Miljøministeriet, d. 9/10-2014. URL: <http://kysterne.kyst.dk/kystbeskyttelse.html> (Hentet d. 18/12-2014)

Kystdirektoratet: ”Kystbeskyttelsesstrategi - en strategisk indsats for smukkere kyster”, udgivet af Kystdirektoratet, august 2011.

Larsen, Gunnar (red.): ”Naturen i Danmark – geologien”, udgivet af Gyldendal, 2. udgave 1. oplag, 2012.

Linnemann, Mikkel: ”Ingen permanent kystsikring ved Nørlev Strand”, udgivet af dr.dk, d. 11/12-2013. URL: <http://www.dr.dk/Nyheder/Regionale/Nordjylland/2013/12/10/162653.htm> (Hentet d. 18/12-2014)

Miljøministeriet: ”Bekendtgørelse af lov om kystbeskyttelse”, udgivet af Miljøministeriet i Kystbeskyttelsesloven i retsinformation.dk, d. 04/04-2009. URL: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=116298&exp=1> (Hentet d. 18/12-2014)

Miljøportal, Danmarks: ”Danmarks Miljøportal – data om miljøet i Danmark”, udgivet i ukendt år. URL: <http://arealinformation.miljoportal.dk/distribution/> (Hentet d. 18/12-2014)

Naturfredningsforening, Danmarks: ”*Frie kyster*”, udgivet af Danmarks Naturfredningsforening, i september 2012. URL: <http://ipaper.ipapercms.dk/DanmarksNaturfredningsforening/Politikker/Kystpolitik/> (Hentet d. 18/12-2014)

Nielsen, Jørgen & Nielsen, Niels: ”*Kystmorfologi*”, udgivet af GO Geografforlaget, 1978.

NIRAS, Konsulenterne: ”*Landskab og landskabselementer – nationalparkundersøgelsen. Nationalpark, ”Det Sydfynske Øhav”*”, udgivet af NIRAS Konsulenterne, oktober 2009.

Redaktionen: ”*Erosion*”, udgivet af Den Store Danske (denstoredanske.dk), d. 19/09-2014. URL: http://www.denstoredanske.dk/It,_teknik_og_naturvidenskab/Geologi_og_kartografi/Sedimentologi/erosion?highlight=erosion (Hentet d. 18/2-2014)

Steffensen, Jens Skriver: ”*Sommerhusejere ønsker at lave hård kystsikring*”, udgivet af tv2nord.dk, d. 10/12-2013. URL: <http://www.tv2nord.dk/artikel/285535:Regionale-nyheder--Sommerhusejere-oensker-at-lave-haard-kystsikring> (Hentet d. 18/12-2014)

Sørensen, Per: ”*Erosionsatlas – metodeudvikling og pilotprojekt for Sjællands nordkyst*”, udgivet af DHI Business Management System af Per Sørensen Kystteknisk chef, projektleder Asger Bendix Hansen, d. 30/01-2013.