

*3 års resultat er baseret på uvildige opmålinger udført af ingeniørfirmaet Carl Bro A/S Af Ingeniørerne Poul Jakobsen og Claus Brøgger SIC- Skagen Innovationscenter.*

## SIC systemet har stoppet kysterosionen ved Skodbjerge



Bunkerne syd for Hvide Sande bliver nu igen dækket ned i sand i de drænede områder.

Resultatet af SIC-projektet efter 3 år med miljøvenlig kystbeskyttelse udført over 11 km mellem Hvide Sande og Nymindesbæk viser, at der er stor klitopbygning og fremrykning ud for de 2 rør områder, som er drænet med vertikale dræn.

Samtidig er der et stort læsidedillæg med vasket sand i referenceområde 3 nedstrøms.

Modsætningsvis er stranden i ref. 2 totalt bortroderet, samtidig med at havet nu eroderer ekstremt i klitterne. Havet har således taget ca. 450.000 m<sup>3</sup> på en 1,8 km lang strækning i ref. 2. Erosionen i ref. 1 har kun været ca. 100.000 m<sup>3</sup>. Dette skyldes at Kystdirektoratet har revlefodret med med 1,1 mio. m<sup>3</sup> sand 700 m ned i ref. 1 og 3 km mod nord i projektperioden. Denne revlefodring var ikke planlagt ved projektstart.

### **Baggrund.**

Projektet blev iværksat af Trafikudvalget i samarbejde med fhv. Trafikminister Flemming Hansen i januar 2005 og har til formål at vise om det er muligt at beskytte den jyske vestkyst med SIC metoden.

## Projektområdet.

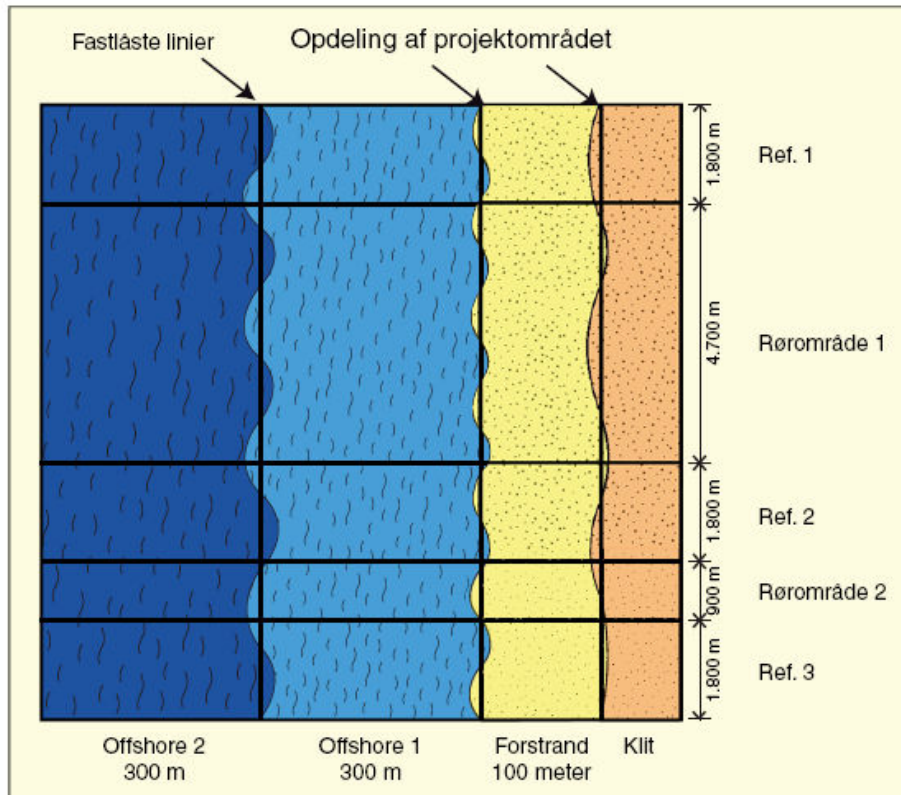


Projektområdet er placeret 5 km syd for Hvide Sande Havn på en 11 km lang strækning i et meget typisk læsideerosionsområde.

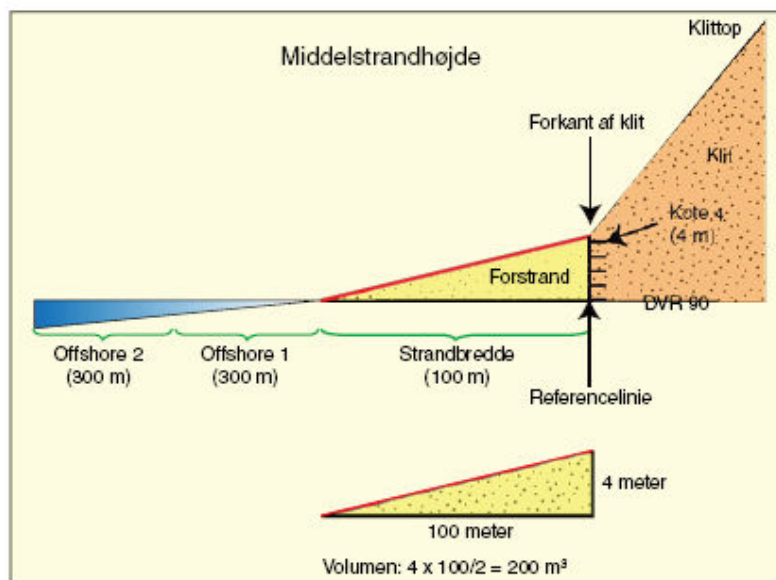
Den gennemsnitlige kysttilbagerykning i projektområdet er 2 meter om året, svarende til 330.000 kubikmeter om året, idet klit højden i området er ca. 15 m.

Projektområdet er opdelt i 3 referenceområder (af hver 1800 meter) uden trykudligningsmoduler og 2 områder med trykudligningsmoduler rør område 1 og rør område 2 på henholdsvis 4700 m og 900 m. (Se placeringen på kortet ovenfor..)

## Evaluering



Klitten er defineret fra kote +4 i DVR 90 (Dansk Vertikal Reference 1990) til klittop. Forstranden er fra kote +4 i klitfod til kystlinien. Kote +4 i klitfoden er fastlåst til opmålingen i januar 2005, hvor anlægget er etableret. Gennemsnitlig strandhøjde beregnes fra kote +4 januar 2005 og 100 meter ud mod havet. Offshore 1 er 300 meter bred og fastlåst til referencelinien i kote +4 januar 2005. Offshore 2 er 300 meter bred og fastlåst til offshore 1 og dermed referencelinien i kote +4. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)



Figuren viser tværsnittet af strandprofilet og grundlaget for beregningen af middelstrandhøjden i 100 meters bredde. Det er forstranden, som beskytter baglandet i en stormsituation. (Grafik: UVH modificeret efter udlæg af forfatterne)

Kilde: Geologisk 01/07.

## Vejrforhold.

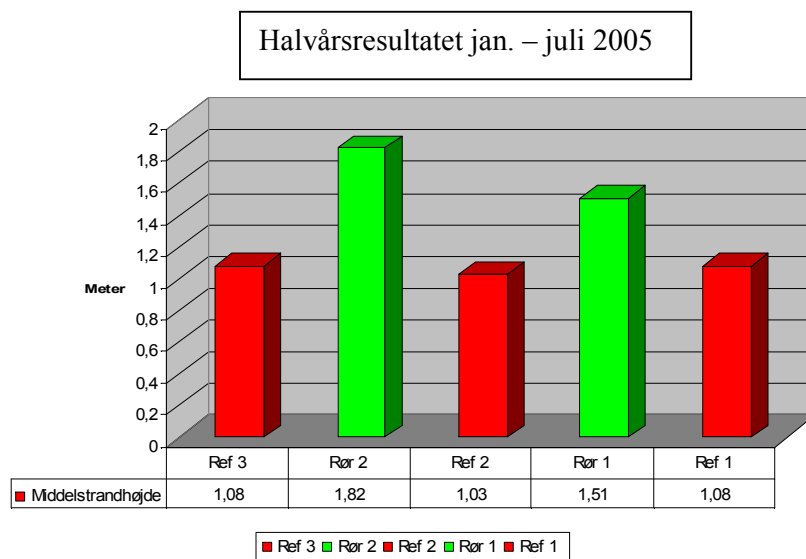
Det første år 2005 var et stille år med nogle kulings situationer i nov/dec 2005.

Det følgende år var et ekstremt voldsomt år med 5 storme i vinteren 2006/jan 2007, hvor der var 4 storme fra 1 januar til d. 20 januar.

Samtidig var middelvandstanden 54 cm over DVR 90 i perioden fra d.20 okt. 2007 til d. 20 jan 2008. SIC systemet er således testet under konditioner, som svarer til 100 års scenariet i relation til den globale vandstandsstigning.

Den 8. november 2007, blev kysten igen ramt af en voldsom storm, som medførte yderligere skader i ref. 1b og ref. 2.

## Analysér.



## Analysér.

Allerede efter det første halve år, så man at middelstrandhøjden var signifikant højere i de drænedes rør områder med en middelstrandhøjde på 1,51 m i rør område 1 og 1,82 m i rør område 2.

Som det fremgår af vore tidligere artikler i Geologisk Nyt 01/07 og 04/07 var reference område 2 det stærkeste område med en middelstrandhøjde på 1,35 m ved projektstart i januar 2005.

Resultatet er derfor signifikant allerede efter det første halve år, hvilket er dokumenteret i ovenstående graf med halvårsresultatet.

## Revlefodring i referenceområde 1.

Allerede nogle få måneder inde i projektet, opstod der en meget alvorlig konfrontation mellem SIC og Kystdirektoratet, idet Kystdirektoratet forsøgte at skjule, at KDI revlefodrede 700 m ned i ref. 1. Disse revlefodringer var ikke planlagt ved projektstart, idet der kun var planlagt en strandfodring i 2006 på 293.000 m<sup>3</sup>, som naturligvis ikke kunne gennemføres.

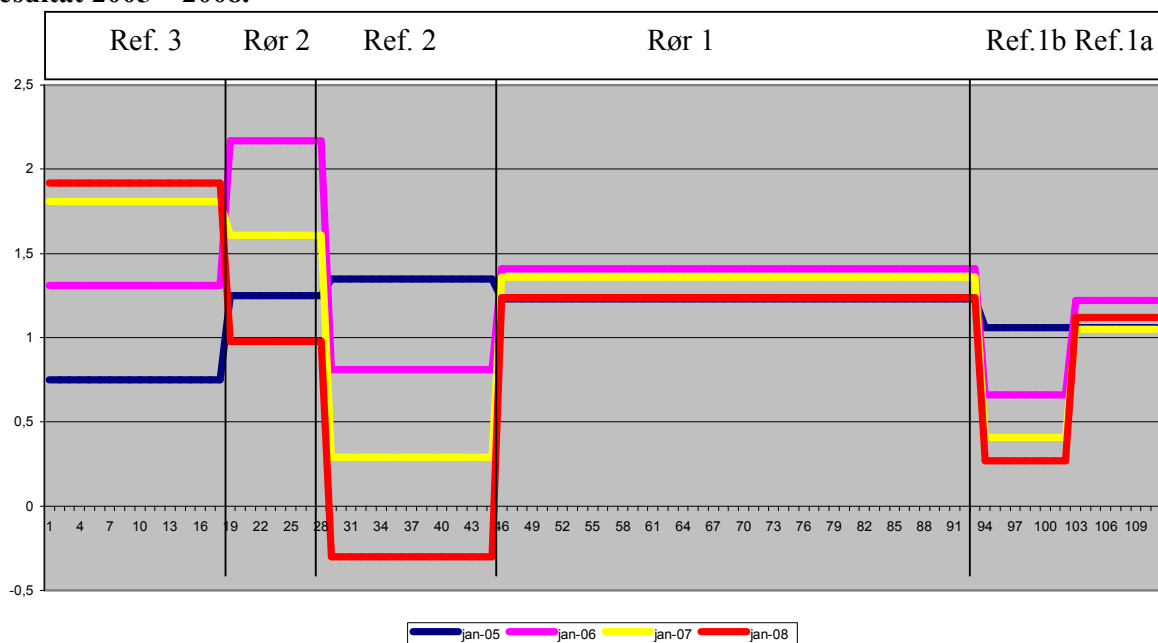
Efterfølgende forøgede KDI revlefodringen 700 m ned i ref. 1 og 3 km mod nord med i alt 1.105.000 m<sup>3</sup> sand i 2005/06/07. Den samlede udgift til revlefodringen i projektperioden har været 30,0 mio. kr.

SIC påtalte naturligvis revlefodringen over for professorerne Hans Falk Burcharth og Jørgen Fredsøe, som passivt accepterede, at KDI foretog revlefodring i referenceområde 1.

Professorerne har efterfølgende forhindret, at der foretages beregninger i revlefodringsområdet nord for projektområdet, selvom det blev besluttet i projektgruppen at området skulle opmåles i forbindelse med de kvartalsmæssige opmålinger i projektområdet.

Dette er baggrunden for at ref. 1 nu er opdelt i ref. 1 a hvor der er revlefodret med 1,1 mio. m<sup>3</sup> i projektperioden og Ref. 1 b hvor der ikke er revlefodret.

## Resultat 2005 – 2008.



### 3 års resultat på forstranden.

Treårsresultatet er vist i ovenstående graf, som viser middelstrandhøjden i de enkelte områder i jan 05/06/07/08, så man kan følge udviklingen i stranden.

Middelstrandhøjden er indlagt som en middelværdi i relation til længden af de enkelte områder, så resultatet i de enkelte områder vises klart.

Når der ikke kompenseres for randeffekten i rør område 1 og 2 er middelstrandhøjden henholdsvis 1,2 m og 0,98 m.

Hvis man derimod kompenserer for randeffekten er middelstrandhøjden 1,46 m. i rør 1, og 1,40 m. i rør 2.

Resultatet er signifikant, idet middelstrandhøjden i ref. 1b kun er 29 cm og i ref. 2 – 30 cm.

Der er således nu dokumentation for at SIC systemet kan sikre den jyske vestkyst, idet dræneffekten medfører en signifikant forøget middelstrandhøjde.

### Randeffekter.

Randeffekter opstår helt naturligt ved overgangen mellem rør og referenceområderne, som ikke er drænet og ses helt tydeligt i Ref. 1 b og referenceområde 2, idet middelstrandhøjden er reduceret til 29 cm i ref. 1b og -30 cm i ref.2, hvor den oprindelige strand er helt bortroderet.

Middelstrandhøjden i ref. 2 er faldet fra 1,35 m til -0,3 m, hvilket svarer til en erosion på 300.000 m<sup>3</sup>. Hertil kommer at havet har taget 100.000 m<sup>3</sup> af klitterne, som står fuldkommen lodrette i ref. 2. Man ser helt tydeligt randeffekterne ind i rør område 1 og 2 og vurderer randeffekten til - 25.000 m<sup>3</sup> på de enkelte flanker.

Den samlede erosion i ref. 2 over 3 år er således 450.000 m<sup>3</sup>, mens erosionen kun er ca. 100.000 m<sup>3</sup> i ref. 1, hvor KDI har revlefodret med 1,1 mio. m<sup>3</sup> sand i projektperioden uden saglig eller faglig begrundelse. Dette er begrundelsen for at ref. 1 nu er opdelt i ref. 1a og ref. 1b

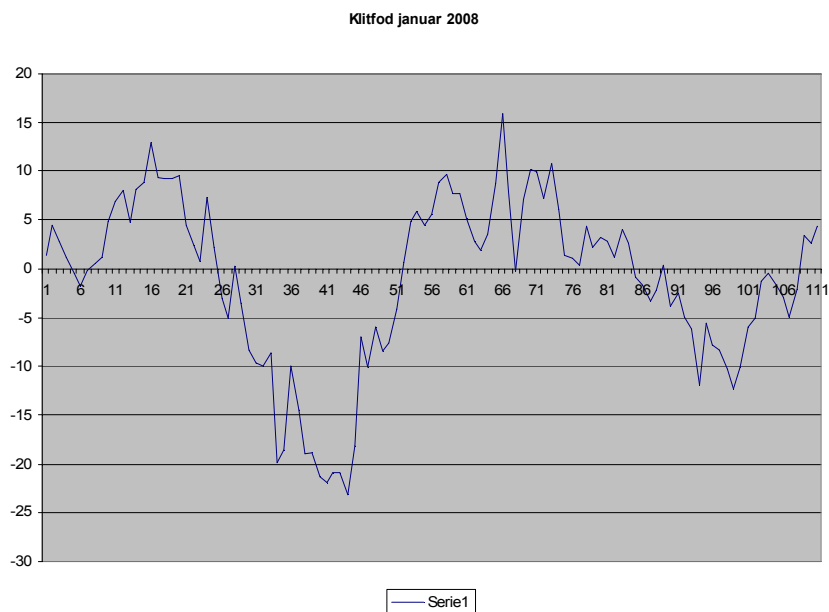
I ref. 3 er der læsidedillæg med vasket sand, som skyldes det store kystillæg i rør 2 i starten af projektet, hvor kystlinien bevægede sig op til 65 meter ud i havet i løbet af det første halve år.

Der opstår naturligvis læsidedillæg, når man bygger en sandspit 65 m ud i havet på en kort strækning. For det andet har den sydlige del af ref. 3 været et tillægsområde de sidste 200 år.

## Klitfoden.

Grafen neden under viser klitfodens bevægelse i forhold til klitfodens placering i jan. 2005, hvor anlægget blev etableret.

I rør områderne er klitfoden generelt rykket ud mod havet, mens der er stor erosion i klitten i ref. 1 b og ref. 2 hvor middelstrandhøjden er lav.

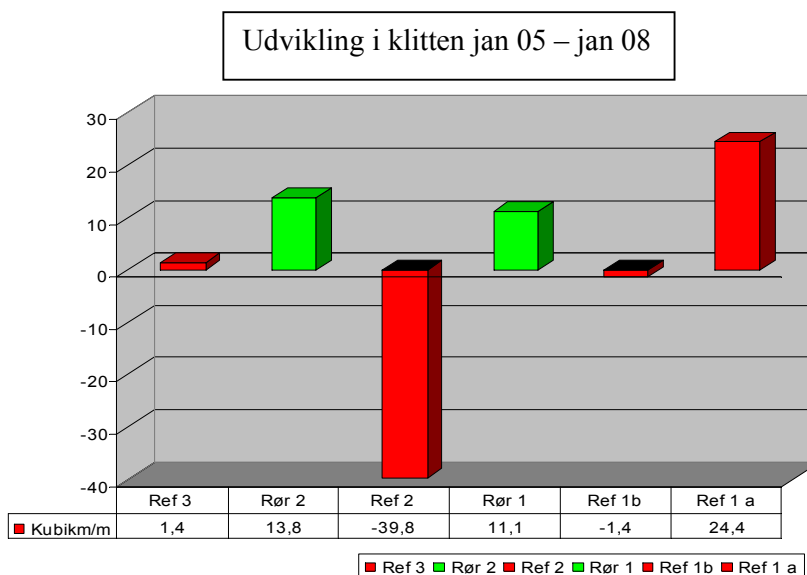


## Vinderosion/hav erosion.

Man kan imidlertid ikke bare tale om erosion på en strand, idet det er middelstrandhøjden, som afgør om der er tale om vinderosion eller hav erosion.

Dette emne er uddybet i geologisk nyt 04/07, hvor vi viser at store sandmængder blæser ind i klitterne i de drænedede områder, modsætningsvis ref. 1b og ikke mindst ref. 2. hvor havet har gravet dybt inde i klitterne.

Forsigtigt vurderet er vinderosion i forstranden i de drænedede områder 60 – 80 m<sup>3</sup> pr. m i projektperioden, hvilket medfører at strandprofilen vil blive sænket 60 – 80 cm, hvis drænsystemet ikke tilfører nyt sand til stranden.



Grafen oven for viser akkumulation/erosion i forkanten af klitten fra kote 4 og til klit top.



## Off Shore

Udviklingen i havbunden Offshore 1 og 2 i kubikmeter pr. m.

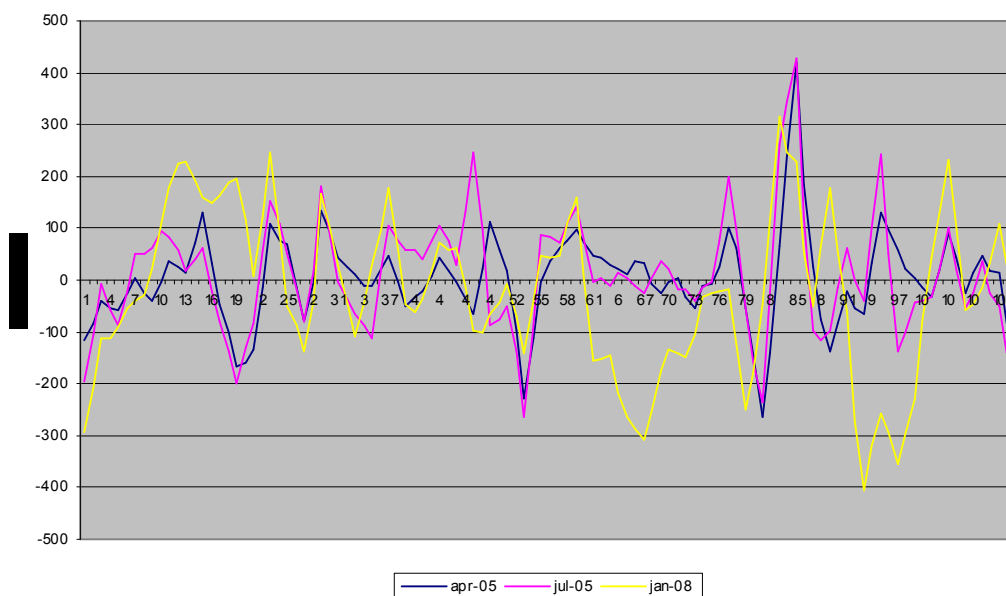
	apr-05	jul-05	okt-05	jan-06	jul-06	jan-07	jul-07	jan-08
Offshore 1	1,44	9,57	24,84	11,8	24,91	27,21	-4,1	-22,4
Offshore 2	3,54	5,01	8,23	-4,53	-5,84	1,47	-8,8	-20,2

Udviklingen i havbunden Offshore 1 og 2 i cm

	Apr-05	jul-05	okt-05	jan-06	jul-06	jan-07	jul-07	jan-08
Offshore 1	0,48	3,19	8,28	3,93	8,3	9,07	-1,4	-7,4
Offshore 2	1,18	1,67	2,74	-1,53	-1,95	0,49	-2,9	-6,7

Ovenstående tabel viser udviklingen ude i havet i henholdsvis offshore 1 og offshore 2 på den samlede strækning.

Ændringer i volumen i offshore 1



Vi har set lidt nærmere på hvad årsagen kan være til at havbunden viser faldende tendens i offshore 1 i år 3 modsætningsvis de første 2 år og ser en sammenhæng mellem revlefodringen ned i ref. 1 og den enorme erosion i offshore 1 ved revlens afslutning.

For enden af den kunstige revle er erosion 300 – 400 m<sup>3</sup> pr. m. i offshore 1, hvilket svarer til at havbunden er sænket 1 – 1,33 m.

Dette skyldes at de store vandmængder som skyller ind over revlen skal tilbage i havet, hvilket sker for enden af revlen med stor erosion til følge.

Kystdirektoratet har erkendt at de store lange kunstige revler offshore ikke er hensigtsmæssige og laver nu nye forsøg med revlefodring oppe ved Husby Klit, hvor revlen deles op i mindre stykker.

### **Effektivitet.**

I henhold til kontrakten mellem SIC og Trafikministeriet/KDI skal effektiviteten af SIC systemet sammenlignes med de ældre kystbeskyttelsesmetoder.

Endvidere skal de rent miljømæssige forhold i henhold til kontrakten også vurderes og sammenlignes.

### **Sandfodring.**

Effektiviteten af SIC metoden er langt højere i relation til strandfodring, hvor det udlagte sand skyller i havet i den førstkomende højvandssituation med storm (Søndervig) øverst side 9. Effektiviteten af sandfodringen på Fællesstrækningen er dokumenteret på side 11/12. Effektiviteten er minus 170 % efter en årlig investering på ca. 80 mio. kr.

### **Revfodring.**

Som det ses i ref. 1a har revlefodring en hvis effekt, idet middelstrandhøjden er 1,0 efter 4 år hvor der er revlefodret med ca. 1,7 mio. m<sup>3</sup> sand over en 3,7 km lang strækning.

Prisen har været 42,0 mio. kr., som er en meget høj pris i relation til strækningen på kun 3,7 km.

SIC har tilbudt at sikre en strækning på 11,0 km syd for Hvide Sande havn for 3,9 mio. kr. årligt.

### **Mindre Co 2 Forurening.**

Den nuværende kystbeskyttelse baseret på sandfodring med 2,4 mio. m<sup>3</sup> sand pr. år på fællesstrækningen (100 km) medfører en meget stor Co<sup>2</sup> forurening i relation til den globale opvarmning.

Det er vor vurdering at brændstofforbruget til sugning, transport og indpumpning på stranden samt planering er 3,5 l diesel pr.m<sup>3</sup>.

Dette medfører et samlet forbrug af dieselolie på 8,4 mio. liter årligt.

Den samlede mængde Co<sup>2</sup> forurening i forbindelse med sandfodringen på den jyske vestkyst alene bliver således 22.638.000 kg.

SIC metoden har derfor en meget stor miljømæssig fordel, idet de lodrette dræn virker uden tilførsel af kulbrinter, som medfører stor Co<sup>2</sup> forurening.

### **Bølgebrydere.**

Bølgebryderne ved Lønstrup har ikke været i stand til at fange så meget som et eneste sandskorn siden 1982, hvor de blev etableret.

Bølgebryderne er sandfodret med ca. 24.000 m<sup>3</sup> sand årligt til en samlet pris af ca. 30 mio. kr. over 25 år, men har alligevel medført en katastrofal læsideerosion nord for bølgebryderne i Harerenden, Stranden nu er totalt borteroderet og udskiftet med store stenmængder for at rede de eksisterende sommerhuse i området.

### **Høfder.**

I 1985 blev der bygget 4 høfder ved Skallerup Klit Ferie Center, som ikke har kunnet stoppe erosionen på lokaliteten.

Beregninger baseret på Kystdirektoratets opmålinger viser at høfderne reelt har forøget kysterrosionen med en faktor 3.

Den nordligste høfde er bagskåret med ikke mindre end 75 m på 30 år. Stormene i vinteren 2006/07 bagskar den nordligste høfde med 40 m, samtidig med at der er enorm læsideerosion mod nord.

Dette var baggrunden for at Dansk Folkeparti fremsatte et forslag til en helt ny kystbeskyttelseslov i folketing i november 2006.



## Sandfodring ved Søndervig

Søndervig uden drænrør 2005 og 2007



Sandfodring ved Søndervig d. 5. juli 2005 efter strandfodring med 960.000 m<sup>3</sup> sand på stranden. Vandstand: +45 cm. (Foto: P. Jakobsen d. 05-07-2005)



Søndervig d. 16 januar 2007 efter en investering på 42,0 mio. kr. i strand- og reviefodring. Strandfodringen er skyllet i havet, og havet har taget ca. 400.000 m<sup>3</sup> af klitterne. Vandstand: +50 cm. (Foto: P. Jakobsen)

## Bølgebrydere ved Lønstrup



KDI sandfodrer bølgebryderne ved Lønstrup hvert år for at bevare konstruktionerne



Bølgebryderne ved Lønstrup har medført stor læsideerosion nord for Lønstrup.

## Høfder ved Skallerup Klit



Høfderne ved Skallerup Klit Ferie Center lå 40 m ude i havet efter vinterens storme 2006/07



Høfderne ved Skallerup Klit har medført stor læsideerosion nord for høfderne.

# Erosionsbudget Fællesstrækningen.

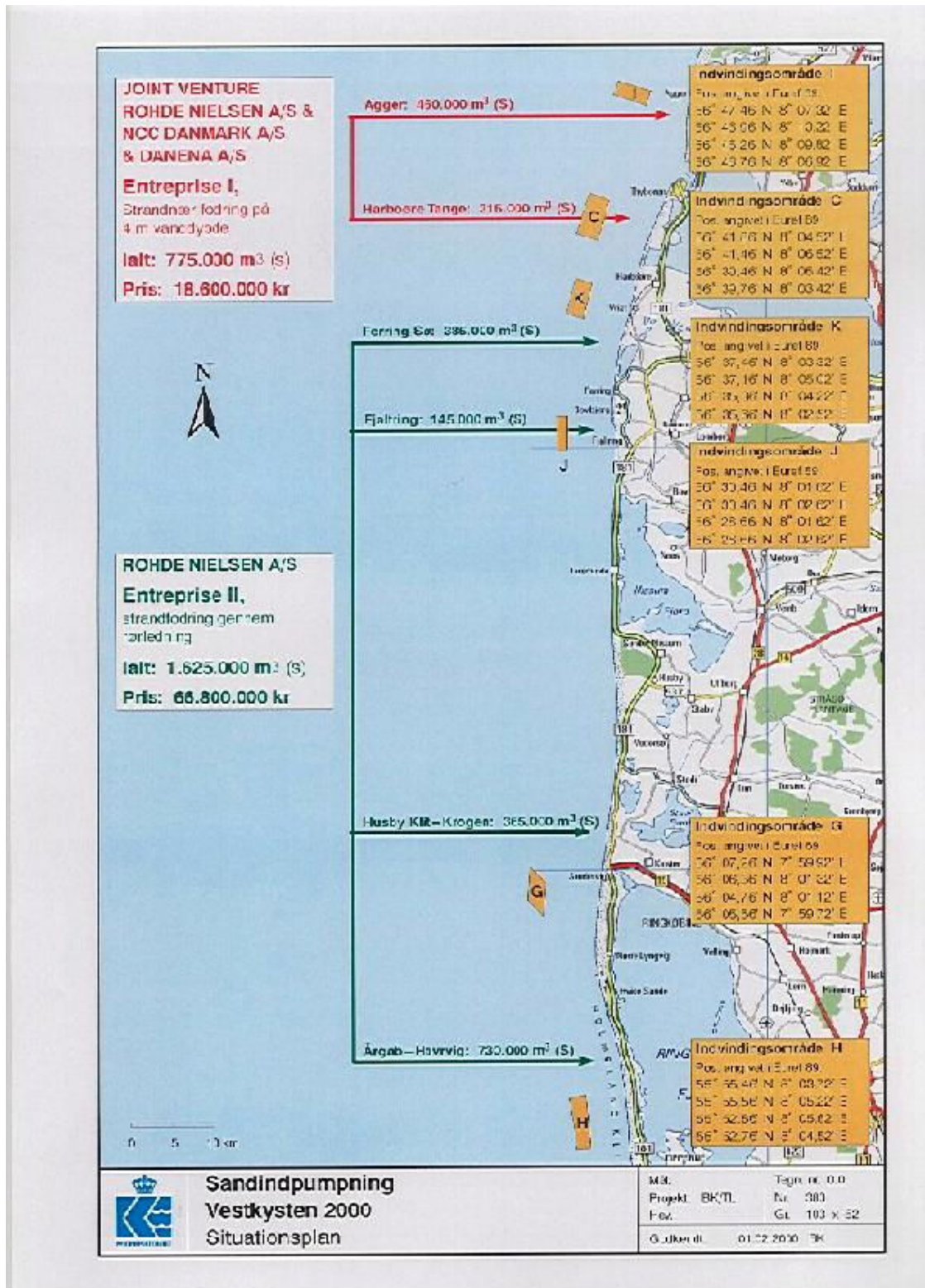


Erosionen på fællesstrækningen (100 km) er 4,17 mio. m<sup>3</sup> sand årligt.

Klide: KDI.



## Årlig Sandfodring Fællesstrækningen.



Fællesstrækningen sandfodres årligt med 2,4 mio. m<sup>3</sup> sand, som skyller i havet inden årets udgang og effektiviteten er således minus 170 % efter en investering på ca. 80 mio. kr. årligt.

**I løbet af 50 år vil sandtabet på fællesstrækningen være mere end 85 mio. m<sup>3</sup> efter en investering på ca. 4 milliarder.**

## Sandfodring ved Krylen/Søndervig



Krylen nord for Søndervig  
Sandfodring for 42 mio. kr. er nu ædt af havet og havet graver dybt inde i klitterne.



Krylen nord for Søndervig

## Skodbjerge.



Bunkerne syd for Hvide Sande bliver nu igen dækket ned i sand i de drænedede områder

### **Konklusion.**

SIC systemet er nu afprøvet på vestkysten under forhold som svarer til 100 års scenariet i relation til den globale vandstandsstigning.

Middelstrandhøjden er signifikant højere i rør områderne i forhold til de uforstyrrede referenceområder, ref. 1b samt ref. 2.

Der er læsidedetillæg nedstrøms i ref. 3 modsætningsvis hårde konstruktioner, som giver stor læside erosion.

Resultaterne viser at der er klitfremrykning ud for rør områderne, hvilket er dokumentation for at SIC systemet kan beskytte den jyske vestkyst.

### **Anbefalinger.**

SIC har anbefalet Trafikudvalget, at der snarest muligt sættes rør i referenceområderne, og at revlefodringen stoppes øjeblikkeligt, så der spares ca. 10,0 mio. kr. årligt syd for Hvide Sande havn. Bypassingen ved Hvide Sande havn skal fortsætte uændret.

SIC anbefaler at der plantes hjelme/marehalm 10 – 15 meter ud fra klitfoden i de drænedede områder så sandet fastholdes på stranden.

Samtidig anbefaler vi, at der etableres en 20 km lang strækning ved Søndervig, som skal vise effektiviteten i stor skala på den jyske vestkyst.

Resultaterne kan efterfølgende fremlægges på Miljøkonferencen i København i 2009.

## **Resultatet**

Resultatet af dette projekt vil nu blive præsenteret i et paper, som fremlægges på den internationale kystkonference ICCE 2008 i Hamburg.

Poul Jakobsens abstrakt er allerede godkendt af scientific board, og Claus Brøgger har ligeledes fået sin abstrakt godkendt og vil fremlægge et paper for projektet i Malaysia, hvor SIC systemet er kombineret med sandfodring.

Godkendelserne er vedlagt som bilag.

## **Kritik.**

Afslutningsvis finder vi anledning til at udtrykke stærk kritik af, at Kystdirektoratet har revlefodret med 1,1 mio. m<sup>3</sup> sand 700 m ned i referenceområde 1 og 3 km mod nord i projektperioden.

Der er ingen saglig eller faglig begrundelse for denne revlefodring, som har kostet 30,0 mio. kr.

Vi finder det samtidig stærkt kritisabelt, at de udpegede eksperter ikke har forsøgt at stoppe denne revlefodring, og samtidig har forhindret, at der bliver foretaget beregninger for revlefodringsområdet, idet off shore profilet er opmålt efter aftale med KDI.

Vi finder endvidere forsøgsplanlægningen stærk kritisabel, idet projektet har medført et hul på 450.000 m<sup>3</sup> i ref. 2, som vil koste ca. 15,0 mio. kr. at reparere med den gamle sandfodringsmetode.

De udpegede eksperter professorerne Hans Falk Burcharth og Jørgen Fredsøe har ikke selv været i stand til at foretage beregninger og analyser i projektet, idet ingen af professorerne behersker Excel eller andre IT baserede analyseværktøjer.

I forbindelse med 2 års rapporten blev det således konstateret, at næsten alle grafer og tabeller var forkerte.

Det blev efterfølgende konstateret at grafer og tabeller generelt var lavet af KDI, og sammenskrevet af Per Sørensen KDI i samarbejde med professor Hans Falk Burcharth.

Der vil således aldrig komme en uvildig og objektiv rapport, som var grundlaget for kontrakten med Trafikministeriet og KDI.

SIC har derfor meddelt professor Hans Falk Burcharth at SIC ikke længere har tillid til professoren, som var udpeget af SIC.

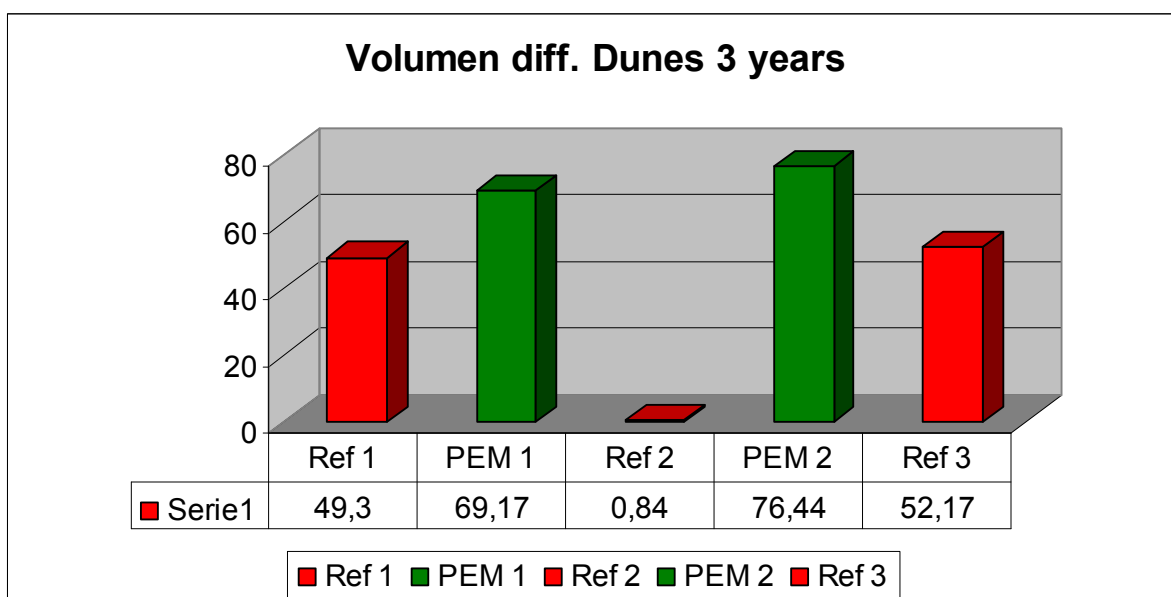
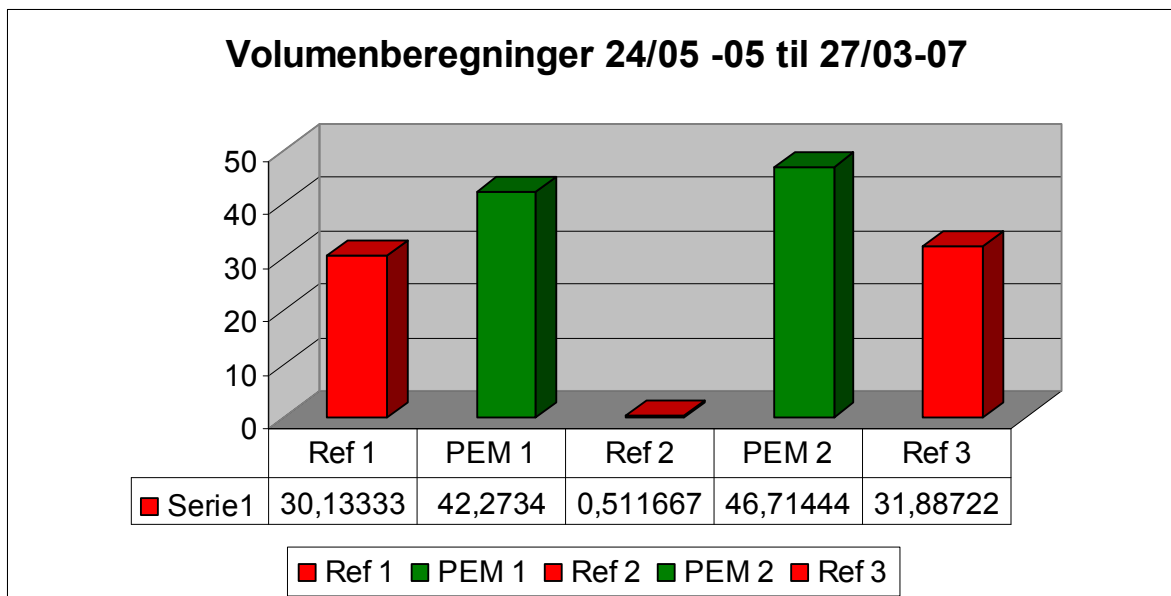
Vi vedlægger samtidig dokumentation for funktionen af lodrette dræn for at imødegå videnskabelig uredelighed.

SIC står ikke alene med sin kritik af KDI's resultater, og kan hermed henvise til et TV indslag i nyhederne med strandfoged Axel Mikkelsen i TVMIDTVEST d.3. februar 2008.

Skagen d. 20 marts 2008.

Poul Jakobsen/Claus Brøgger.

## Tillæg - volumenberegninger for klitten



Sandopbygningen i klitterne er signifikant større ud for de drænedede områder med en opbygning på 69 – 76 m<sup>3</sup> pr meter over 3 år.

Modsnævningsvis er sandopbygningen i ref. 1 og ref. 3 kun ca. 50 m<sup>3</sup> i samme periode.

Sandopbygningen i klitområdet i ref. 2 er kun 0,84 m<sup>3</sup>

Det skyldes at der er stor haverosion i forkanten af klitterne i ref. 2.

Vinderosionen i forstranden har således sænket forstranden med henholdsvis 50 cm i ref. 1 og ref. 3 og 69 – 76 cm i de drænedede områder over 3 år.

Skagen d. 21 maj 2008.

Poul Jakobsen/Claus Brøgger.