

NOTAT

Projekt **Risikostyringsplan for Odense Fjord**
Kunde **Odense Kommune**
Notat nr. **06**
Dato **2014-11-07**
Til **Carsten E. Jespersen**
Fra **Henrik Mørup-Petersen**
Kopi til **STVH**

1. **Vurdering af stormflodsrisiko mellem Seden Strandby og Gels Å**

Dato 2014-11-07

1.1 **Eksisterende forhold**

Kysten mellem Seden Strandby og Kommunegrænsen ved Geels Å er en lav hedeslette med morænebakker, hvor kun Kærby Fed er stormflodssikret, men ikke til et niveau, der tilgodeser klimasikringen.

Rambøll
Englandsgade 25
DK-5100 Odense C

T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

Kyststrækningen er generelt udsat for oversvømmelse med saltvand ved stormflod, der dels oversvømmer strandengene men også store arealer, som dyrkes i omdrift. 100 års oversvømmelsen i kote 1,93 m strækker sig helt op til Kertemindevejen, som virker som et dige, så de lave arealer syd for vejen kun i begrænset omfang oversvømmes med saltvand.

Ref. 1100014330
Dok GA00017-1-HMP

Ved Geels Å ligger vejen lidt under kote + 2,00 m og her vil vejen blive oversvømmet i 2050 scenariet, så også arealerne syd for vejen vil blive oversvømmet med saltvand. Geels Å oversvømmer de lave arealer syd for vejen med ferskvand om vinteren.

Strækningen kan opdeles i fire delområder:

- 1) Nærmest Seden Strandby ligger Småstenskrog, hvor der i 2014 er udarbejdet et naturgenopretningsprojekt, hvor den naturlige hydrologi på strandengene genoprettes ved at fjerne sommerdigerne og til gengæld anlægge lave stormflodsdiger mellem strandengene og de dyrkede arealer, som derved beskyttes mod stormflod. To mindre vandløb, som i dag ledes gennem en sluse vil fortsat ledes gennem sluser, som placeres i stormflodsdiget.
- 2) Øst for Småstenskrog er der udløb af Vejrup Å uden sluse.

Der er også anlagt sommerdiger her, men ingen stormflodsbeskyttelse. Her kan der udføres stormflodsdiger i terrænkoten 1,0 – 1,25 m og strandengene overlades til en dynamisk påvirkning af vandstandsvariationen i Odense Fjord.

- 3) Øst for ligger Kærby Fed, som er et inddæmet areal med et stormflodsdige ved kysten og afvandet med en sluse i diget, hvor Krag's Å løber ud i fjorden. Diget ligger med en kronekote på ca. + 2,5 m, men erosionsbeskyttelsen er stærkt beskadiget og ved stormen Bodil var diget tæt på gennembrud. Hvis diget skal opretholdes som stormflodsdige, bør det renoveres og forstærkes. Terrænet mellem naboarealerne og det inddæmmede areal ligger under kote + 1,75 m, så hele det inddæmmede areal kan oversvømmes via naboarealerne, selv om diget kan holde til en stormflod til kote + 2,00 m. Der er konstateret indstrømmende vand over terræn under stormfloderne i 2006 og 2013.

Arealerne mellem kote 0,0 og + 1,0 m i Kærby Fed er overvejende udlagt som §-3 beskyttede enge til græsning. Der er nogle sommerdiger placeret lavere end kote + 1,0 m med dyrket jord mellem kote + 1,0 m og sommerdigerne.

- 4) Geels Å danner kommunegrænsen til Kerteminde Kommune. Her er de lave arealer under kote + 1,0 m også overvejende §-3 beskyttede enge, dog er der arealer der dyrkes med dræning til en pumpe. Geels Å løber til fjorden uden sluse. Syd for vejen er der arealer under kote + 1,00 m, som er oversvømmede med vand fra åen om vinteren.

1.2 Risikoarealets anvendelse

Ved en oversvømmelse i kote + 1,93 m vil ca. - 3000 ha blive oversvømmet. Arealet dækkes ca. halvt af dyrket jord og halvt af afgræssede enge og strandenge.

Der er ingen beboelsesejendomme, som oversvømmes, men vandet står tæt ved nogle ejendomme. Syd for landevejen kan en del beboelsesejendomme i Agedrup blive oversvømmet ved et vandspejl på kote + 2,23 m, men her er Kertemindevejen dog tilstrækkeligt højt beliggende til at hindre denne oversvømmelse.

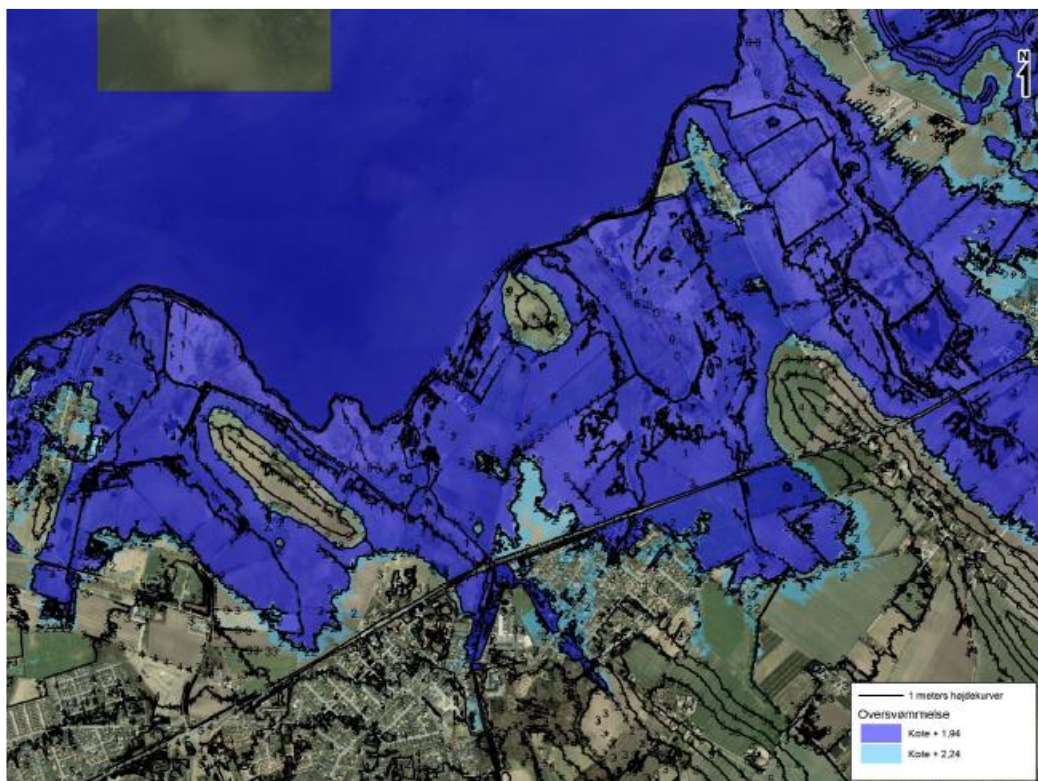
Ved en oversvømmelseskote i 2050 på + 2,24 m vil der være lidt større arealer, der påvirkes. Det er især arealerne syd for Kertemindevejen langs Geels Å, som oversvømmes med saltvand, ligesom der vil stå op til 0,30 m vand på vejen.

1.3 Den aktuelle beskyttelse og oversvømmelsesrisiko

Kærby Fed er beskyttet af et havdige. Diget er eksponeret for bølger fra nord og nordvest, som forekommer samtidigt med stormflod. Diget er medtaget, men ikke overskyllet. Ved stormflod over kote ca. 1,80 m vil vandet kunne oversvømme det beskyttede areal ved at løbe over terræn både fra øst og fra vest.

På figur 1 er vist de oversvømmede arealer med en vandstand på + 1,94 m og + 2,14 m, som er den sandsynlige 100 års vandstand i 2050. Oversvømmelsen syd for Kertemindevej

vil sandsynligvis kun optræde ved Geels Å med en vandstand over kote + 2,0 m, men vejens længdeprofil på de lave strækninger bør kontrolleres.



Figur 1: Kysten fra Seden Strandby til Geels Å – Oversvømmelse + 1,94 og 2,24 m

1.4 Etablering af diger med reduceret oversvømmelsesrisiko.

Strandene er delvist beliggende i Natura 2000 området Odense Fjord og engene er § 3 beskyttede.

Det forslås derfor at lave en stormflodsbeskyttelse af de dyrkede arealer, som samtidigt sikrer naturlig hydrologi på strandene med en dynamisk påvirkning fra fjorden. Arealet af strandene udvides ved at åbne diget foran Kærby Fed med en ca. 200 m bred åbning til fjorden, så de ferske enge overgår til strandene, som er en prioriteret habitat i Natura 2000 området Odense Fjord. Dette tilgodeser handlingsplanene for området, som netop indeholder målsætningen om en udvidelse af arealer med strandene.

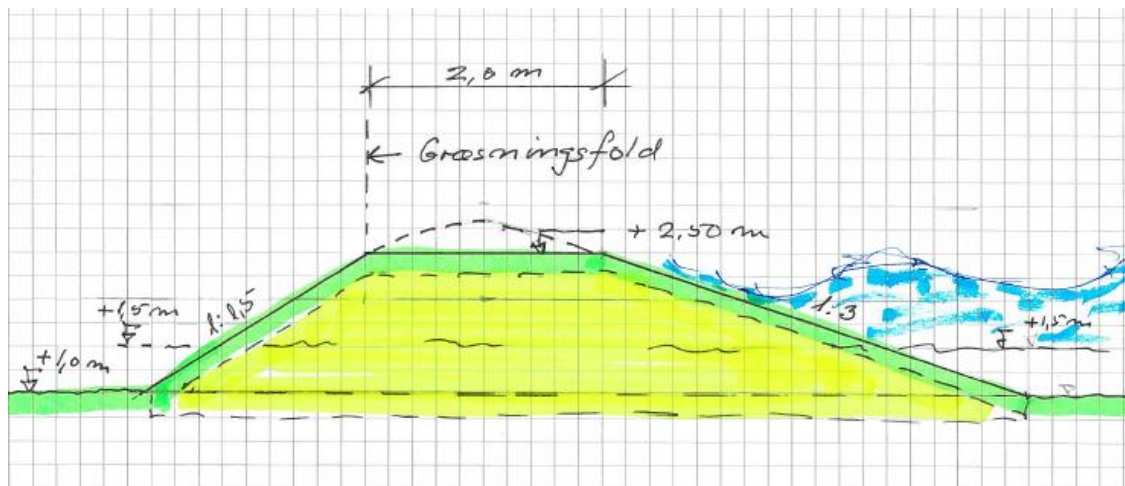
Stormflodssikringen af de dyrkede arealer over kote ca. + 1,0 m kan ske ved at anlægge stormflodsdiger i en terrænkote mellem + 1,0 m og + 1,5 m. Med en kronkote på + 2,50 m vil digerne blive 1,5 m og 1,0 m høje, så anlægsomkostningerne er begrænsede og den landskabelige påvirkning begrænset. Samtidigt vil der ved at gennembygge sommerdigerne og diget ved Kærby Fed blive skabt dynamisk påvirkede strandene, som er en prioriteret naturtype. De store inddæmninger i Odense Fjord fra 1755 til 1943 har reduceret arealet af enge og strandene fra mere en 4.000 ha i 1890 til 526 ha i 1982 (Ref. Kurt Due Johansen, Den mishandlede Odense Fjord, 2014)

Digerne anlægges primært på grænsen mellem eng og dyrket jord, men generelt ikke under kote + 1,00 m. Det betyder, at nogle lodsejere skal acceptere og kompenseres for, at lavtliggende dyrkningsjord overgår til beskyttede strandenge til afgræsning. Til gengæld vil resten af dyrkningsjorden blive beskyttet mod en stadig hyppigere oversvømmelse med saltvand. Selve diget vil også lægge beslag på noget jord, men digerne kan afgræsses sammen med engene, når der er etableret et fast græsdekke efter det første år.

Den signifikante bølgehøjde med et frit stæk på 3,5 km fra nordvest og en vindhastighed på 20 m/sek. vil være 0,6 m. Med diger i en terrænkote på + 1,0 m vil vanddybden foran diget ved stormflod være ca. 1 m, så disse bølger kan nå ind til de diger, som er eksponeret fra retningerne mellem vest og nord. Det vil primært være digerne i Småstenskrog og ved Vejrup Å. Hvorimod digerne i Kærby Fed vil være beskyttede af resten af det nuværende havdige og digerne ved Geels Å generelt er godt beskyttet mod bølger.

Digerne regnes udført uden stenbeskyttelse, men med en flad skråning 1:3 mod havet. Diger eksponeret mod nordvest til nord skal beregnes for et bølgetillæg på 0,35 m. De beskyttede diger beregnes for et bølgetillæg på 0,20 m. Dige-kronen udføres 2,0 m bred, så diget senere kan forhøjes med ca. 0,25 m med en afrundet krone uden at udvide diget, se Figur 2.

Diget opbygges af moræneler efter afrømning af mulden, som genudlægges i 10 cm tykkelse på diget. Anvendelsen af ler sikrer, at diget kan overskylles uden væsentlig erosion af lerkernen.



Figur 2: Tværsnit i dige med kronekote + 2,50 m.

Oversvømmelsesrisikoen med det bølgepåvirkede dige er beregnet i Tabel 1.

Beregning af oversvømmelsesrisiko 2011 -2050 af dige i kote + 2,50 m DVR90							
Årstal	2011-20	2021-30	2031-40	2041-50			
Middel VSP kote DVR 90	0,00	0,08	0,18	0,28			
Stormflod ved 100-år	1,94	2,02	2,12	2,22			
Stormflodssikring	2,50	2,50	2,50	2,50			
Bølge- og klimatilæg	0,35	0,37	0,38	0,39			
Maks acc. højvande m	2,15	2,05	1,94	1,83			
Returperiode (År)	540	260	100	55		Sum (40 år)	
Sandsynlighed % pr. år	0,2	0,4	1,0	1,8		33,9	%
Sandsynlighed for oversvømmelse inden 2030:			5,7	%			

Tabel 1 : Oversvømmelsesrisiko med det bølgepåvirkede dige

Det ses, at dette dige vil give en god sikkerhed frem til 2040 med en vandstandsstigning på 0,30 m i 2050. Det vil for ret beskedne omkostninger kunne hæves til 2,80 m ved at lave en afrundet krone på den 2 m brede digekrone. Det er mest af landskabelige grunde, at diget ikke udføres højere nu. Overskyl eller brud i diget vil kun medføre lokal oversvømmelse af landbrugsjord, og det vil være muligt at køre til diget for at reparere et brud. Der kan derfor accepteres et lavere sikkerhedsniveau på disse diger.

Digerne uden den direkte bølgepåvirkning udføres med en 2,0 m bred krone i kote + 2,35 m, men i øvrigt med samme tværsnit.

Oversvømmelsesrisikoen for dette dige er beregnet i Tabel 2. Det ses, at sikkerhedsniveauet er det samme for dette lavere dige.

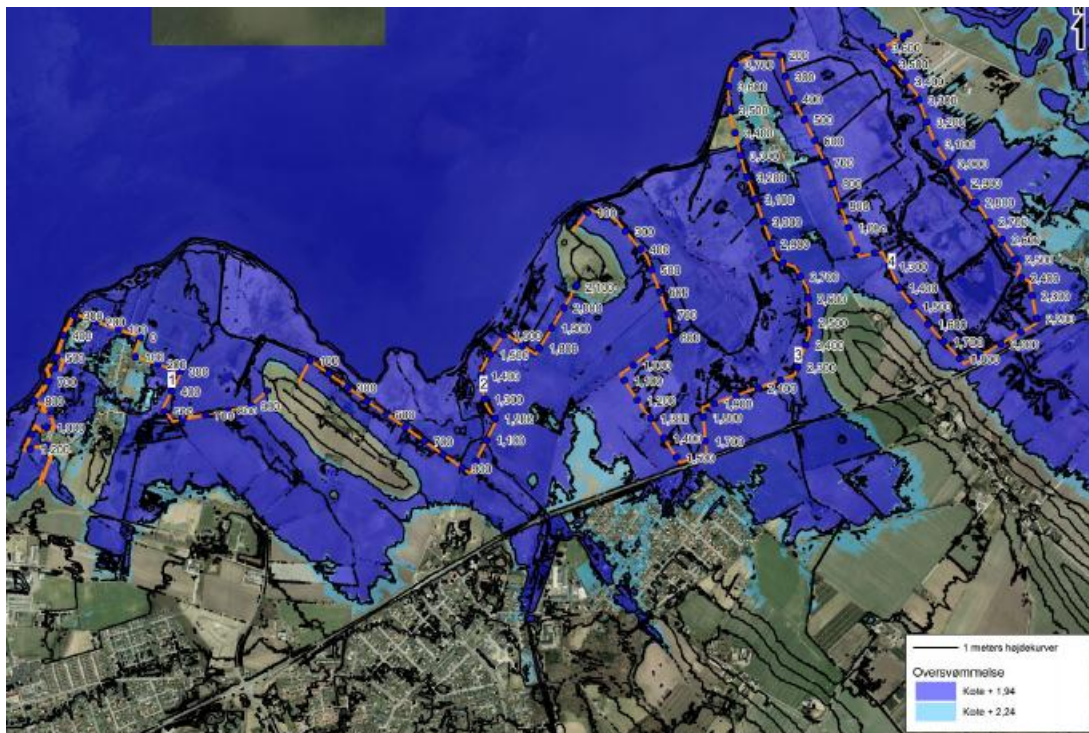
Beregning af oversvømmelsesrisiko 2011 -2050 af dige i kote + 2,35 m DVR90							
Årstal	2011-20	2021-30	2031-40	2041-50			
Middel VSP kote DVR 90	0,00	0,08	0,18	0,28			
Stormflod ved 100-år	1,94	2,02	2,12	2,22			
Stormflodssikring	2,35	2,35	2,35	2,35			
Bølge- og klimatilæg	0,20	0,22	0,23	0,24			
Maks acc. højvande m	2,15	2,05	1,94	1,83			
Returperiode (År)	540	260	100	55		Sum (40 år)	
Sandsynlighed % pr. år	0,2	0,4	1,0	1,8		33,9	%
Sandsynlighed for oversvømmelse inden 2030:			5,7	%			

Tabel 2 : Oversvømmelsesrisiko med dige uden bølgepåvirkning

Ved vandløbene anlægges sluser i digerne med sidehængte porte. Sluserne skal normalt stå helt åbne af hensyn til opgang af ørredfisk. De frigøres manuelt ved varsel om stormflod. Når portene er frigjort lukker de, når vandstanden udenfor er højere end inden for slusen. Inden for slusen kan lave arealer oversvømmes med ferskvand, når vandstanden uden for slusen er højere end i åen. Uden slusen ville vandstanden indenfor være den samme eller højere og oversvømmelsen kunne ske med saltvand.

Figur 3 viser en foreløbig placering af digerene på de 4 delområder.

På grundlag af digitale længdeprofiler af digerene er terrænkoten bestemt og anvendt til bestemmelse af digernes højde på delstrækninger. I regnearket kan mængderne og dermed anlægs prisen for digerene beregnes.



Figur 3: Placering af dige med stationeringer

1.5 Anlægsoverslag

Anlægsudgiften til digerene er beregnet i regneark. Da koten til digekronen gælder for hele regnearket er digerene til kote + 2,50 m og til + 2,35 m udregnet i hvert sit regneark, hvorefter der summeres i et nyt regneark. Forudsætningerne for beregningerne vises i Tabel 3.

I Tabel 4 udregnes anlægsudgifterne til digerene i kote + 2,50 m og i Tabel 5 udregnes anlægsudgifterne til digerene i kote + 2,35 m.

I regnearket udregnes også arealet af digerene, dvs. det areal, som digerene optager af marken / engen. Arealet behøver ikke at blive udmatrikuleret, men der skal tinglyses på matriklen, at diget må anlægges, vedligeholdes og evt. udvides efter behov.

I Tabel 6 er de samlede udgifter til digerene for de fire delområder og for alle 4 områder samlet udregnet. Det samlede areal er også udregnet.

Den jord, der afgraves i sommerdigerne og i havdiget ved Kærby Fed regnes indbygget i de nye diger. Stenen på Kærbydigets forside flyttes, så de beskytter de dele af diget, som bevares for at beskytte de nye diger mod bølger fra fjorden.

Ud over udgifterne til diger skal der medregnes rør gennem diget med højvandsklap for de mindre vandløb og en sidehængt sluseport for Vejrup Å, Kraghs Å og Geels Å. Desuden skal der medregnes udgifter til arbejdsplads, omlægning af dræn og diverse arbejder.

På dette stadie medregnes disse udgifter som 25 % af anlægsudgifterne til diger. Ved en forundersøgelse af projektet skal disse poster vurderes nøjere.

Anlægsudgifter for diger		Småstenskrog, Vejrup Å, Kærby Fed og Geels Å	
Kronebredde	2,00 m	Anlæg forside	3
Muldlag afgraves	0,20 m	Anlæg bagside	1,5
Kronekote	2,35 m / 2,50 m	Banketkote	1,00 m
Enhedspris diger	100,00 kr/m ³	Banketbredde	0 m
Enhedspris banketter	20,00 kr/m ³	Muldlag på dige	0,1 m
Enhedspris bentonit	0,00 kr/m ²		
Enhedspris muld og græs	40,00 kr/m ²		

Tabel 3: Forudsætninger for beregning af anlægsudgifter til digerne

Diger i Kote + 2,50 m													
Diger i Småstenskrog		Volumen				Areal		Pris pr.		Længde		Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige		af muld		m kr		m		areal	kr.		
										m ²			
	1,50	1,00	5,2	0	0	7,0	796	150	1.045	119.340			
	1,25	1,25	7,1	0	0	8,2	1.039	0	0	0			
	1,00	1,50	9,3	0	0	9,4	1.310	320	3.023	419.169			
	0,75	1,75	11,8	0	0	10,7	1.609	40	428	64.370			
Dige til kote + 2,50 m i alt									510	4.496	602.879		
Diger mod Vejrup Å													
Diger mod Vejrup Å		Volumen				Areal		Pris pr.		Længde		Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige		af muld		m kr		m		areal	kr.		
										m ²			
	1,50	1,00	5,2	0	0	7,0	796	400	2.786	318.241			
	1,25	1,25	7,1	0	0	8,2	1.039	500	4.103	519.345			
	1,00	1,50	9,3	0	0	9,4	1.310	650	6.141	851.437			
	0,75	1,75	11,8	0	0	10,7	1.609	550	5.879	885.083			
Dige til kote + 2,50 m i alt									2.100	18.909	2.574.106		
Diger i Kærby Fed													
Diger i Kærby Fed		Volumen				Areal		Pris pr.		Længde		Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige		af muld		m kr		m		areal	kr.		
										m ²			
	1,50	1,00	5,2	0	0	7,0	796	100	697	79.560			
	1,25	1,25	7,1	0	0	8,2	1.039	0	0	0			
	1,00	1,50	9,3	0	0	9,4	1.310	200	1.890	261.981			
	0,75	1,75	11,8	0	0	10,7	1.609	0	0	0			
Dige til kote + 2,50 m i alt									300	2.586	341.541		
Diger mod Geels Å													
Diger mod Geels Å		Volumen				Areal		Pris pr.		Længde		Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige		af muld		m kr		m		areal	kr.		
										m ²			
	1,50	1,00	5,2	0	0	7,0	796	0	0	0			
	1,25	1,25	7,1	0	0	8,2	1.039	200	1.641	207.738			
	1,00	1,50	9,3	0	0	9,4	1.310	0	0	0			
	0,75	1,75	11,8	0	0	10,7	1.609	0	0	0			
Dige til kote + 2,50 m i alt									200	1.641	207.738		

Tabel 4: Anlægsudgifter til de bølgepåvirkede diger i kote + 2,50 m

Diger i kote + 2,35 m											
Diger i Småstenskrog		Volumen				Areal		Pris pr.	Længde	Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige				af	m kr	m	areal	Totalpris	
						muld			m ²	kr	
	1,50	0,85	4,1	0	0	6,2	663	0	0	0	
	1,25	1,10	5,9	0	0	7,5	889	100	746	88.946	
	1,00	1,35	8,0	0	0	8,7	1.144	100	870	114.380	
	0,75	1,60	10,3	0	0	9,9	1.426	0	0	0	
Dige til kote + 2,35 m i alt								200	1.616	203.326	
Diger mod Vejrup Å		Volumen				Areal		Pris pr.	Længde	Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige				af	m kr	m	areal	Totalpris	
						muld			m ²	kr	
	1,50	0,85	4,1	0	0	6,2	663	0	0	0	
	1,25	1,10	5,9	0	0	7,5	889	0	0	0	
	1,00	1,35	8,0	0	0	8,7	1.144	0	0	0	
	0,75	1,60	10,3	0	0	9,9	1.426	0	0	0	
Dige til kote + 2,35 m i alt								0	0	0	
Diger i Kærby Fed		Volumen				Areal		Pris pr.	Længde	Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige				af	m kr	m	areal	Totalpris	
						muld			m ²	kr	
	1,50	0,85	4,1	0	0	6,2	663	250	1.555	165.812	
	1,25	1,10	5,9	0	0	7,5	889	1150	8.581	1.022.882	
	1,00	1,35	8,0	0	0	8,7	1.144	1700	14.795	1.944.461	
	0,75	1,60	10,3	0	0	9,9	1.426	200	1.989	285.253	
Dige til kote + 2,35 m i alt								3.300	26.919	3.418.407	
Diger mod Geels Å		Volumen				Areal		Pris pr.	Længde	Total	Totalpris
Terrænkote	Højde	af dige				af	m kr	m	areal	Totalpris	
						muld			m ²	kr	
	1,50	0,85	4,1	0	0,0	6,2	663	1600	9.952	1.061.199	
	1,25	1,10	5,9	0	0,0	7,5	889	1750	13.058	1.556.559	
	1,00	1,35	8,0	0	0,0	8,7	1.144	1600	13.925	1.830.081	
	0,75	1,60	10,3	0	0,0	9,9	1.426	300	2.983	427.879	
Dige til kote + 2,35 m i alt								5.250	39.918	4.875.718	

Tabel 5: Anlægsudgifter til de beskyttede diger i kote + 2,35 m

Diger ved Småstenskrog	Længde m	Areal m ²	Pris kr.
Dige til kote + 2,50 m i alt	510	4.496	602.879
Dige til kote + 2,35 m i alt	200	1.616	203.326
Diger i alt	710	6.112	806.205
Diger + 25 % diverse			1.007.757
Diger mod Vejrup Å			
	Længde m	Areal m ²	Pris kr.
Dige til kote + 2,50 m i alt	2.100	18.909	2.574.106
Dige til kote + 2,35 m i alt	0	0	0
Diger i alt	2.100	18.909	2.574.106
Diger + 25 % diverse			3.217.632
Diger i Kærby Fed			
	Længde m	Areal m ²	Pris kr.
Dige til kote + 2,50 m i alt	300	2.586	341.541
Dige til kote + 2,35 m i alt	3.300	26.919	3.418.407
Diger i alt	3.600	29.506	3.759.948
Diger + 25 % diverse			4.699.935
Diger mod Geels Å			
	Længde m	Areal m ²	Pris kr.
Dige til kote + 2,50 m i alt	200	1.641	207.738
Dige til kote + 2,35 m i alt	5.250	39.918	4.875.718
Diger i alt	5.450	41.559	5.083.456
Diger + 25 % diverse			6.354.320
Diger i alt for 4 delområder			
	Længde m	Areal m ²	Pris kr.
	11.860	96.086	12.223.715
Diger + 25 % diverse			15.279.644

Tabel 5: Anlægsudgifter til diger og diverse arbejder for de 4 delområder.

Anlægsoverslaget er eksklusivt moms og omfatter ikke projektering, myndighedsgodkendelse, lodsejerforhandlinger, vedtægter mv.

1.6 Konklusion

Kærby Fed er beskyttet af et dårligt vedligeholdt dige, og ved stormflod kan vandet fra fjorden løbe til Kærby Fed over land fra begge sider. Resten af strækningen er uden stormflodsbeskyttelse, så store dyrkede arealer oversvømmes med saltvand med stigende hyppighed. Med stigende vandstand vil vejen til Munkebo og Kerteminde også kunne oversvømmes ved Geels Å.

Det anbefales at fjerne en del af diget ved Kærby Fed og af sommerdigerne foran strandene og til gengæld anlægge stormflodsiger mellem terrænkoten + 1,0 m og + 1,5 m. Dermed bliver digerne kun ca. 1,0 m / 1,25 m høje, så de ikke skæmmer i landskabet. Der etableres sluser i diget for vandløbene. Sluserne skal kun lukke ved stormflodsvarsel.

Dette tiltag vil sikre den dyrkede jord og Kertemindevejen mod stadig hyppigere oversvømmelser og genskabe dynamisk påvirkede strandenge langs fjorden.

Lodsejerne skal acceptere og kompenseres for, at nogle dyrkede arealer overgår til afgræsede strandenge, og at diget optager lidt plads. Til gengæld skal de sikrede lodsejere deltage i betalingen af stormflodssikringen efter gældende lovgivning.

Et foreløbigt anlægsoverslag viser, at anlægsomkostningerne for at gennemføre alle 4 delområder er af størrelsesordenen 15 mio. kr. Hertil kommer udgifter til projektering, myndighedsgodkendelse, lodsejerforhandlinger, vedtægter mv.

Dette beløb skal sammenholdes med de dyrkede arealer der beskyttes mod en stadig hyppigere oversvømmelse med saltvand ligesom landevejen til Munkebo og Kerteminde beskyttes mod oversvømmelse ved stigende vandstand.

Digerne er regnet udført med en 2,0 m bred digekrone, så de senere kan forhøjes med 0,25 m for små udgifter uden at udvide diget.