

Appendix 10

Projektnavn	Nordfyns Kom - Bogense Kystbeskyttelse og klimatilpasning
Kunde	Nordfyns Kommune
Projektleder	CMER
Projektnummer	1311900146
Dokument ID	Skitseprojekt – Delstrækning 10
Udarbejdet af	MASV
Kvalitetssikret af	KKPO
Godkendt af	CMER
Version	0
Versionsdato	07-05-2020
Første udgivelsesdato	07-05-2020

Indhold

1.	Indledning	2
2.	Designgrundlag	3
3.	Stabilitetsundersøgelse	7
4.	Understrømning	9
5.	Sætninger	10
6.	Dimensionering af stenskråning	13

1. Indledning

På delstrækning 10 undersøges der løsninger for henholdsvis det eksisterende tracé samt et alternativt tracé.

På det eksisterende tracé forhøjes og reguleres de eksisterende diger, så det sikres, at der er den tilstrækkelige topkote samt hældning på for- og bagsiden. På forsiden af de eksisterende diger etableres der en stenskråning. På bagsiden reguleres og forhøjes det eksisterende dige.

Hvor det eksisterende dige reguleres og forhøjes afrømmes eksisterende græs og muld. Afslutningsvis sås der græs (digeblanding) på de regulerede overflader.

For det alternative tracé er der intet eksisterende dige. Der etableres derfor et helt nyt dige med opbygning af sandkerne, lermembran samt muld. Afslutningsvis sås der (digeblanding) på den regulerede overflade. Hvor det nye dige etableres afrømmes eksisterende muld, græs mv.

De nye topkoter for henholdsvis det eksisterende tracé samt det alternative tracé er fastlagt på baggrund af opskylsskemaet fra TT.

Med udgangspunkt i Danmarks Digitale Højdemodel fra 2015 er geometrien af det eksisterende dige samt terræn indtegnet i programmet Optum G2.

I dette dokument eftervises stabiliteten af det eksisterende- samt fremtidige dige for det eksisterende tracé. For det alternative tracé eftervises stabiliteten af det nye dige. Understrømningen samt sætninger som følge af regulering af det eksisterende dige samt etablering af nyt dige i det alternative tracé beregnes ligeledes. Dimensioneringen af stenskråningen indgår ligeledes i dette dokument.

Tværsnit af de eksisterende- samt fremtidige diger fremgår af PDF'erne "1311900146_S10E" og "1311900146_S10A".

2. Designgrundlag

2.1 Konsekvensklasse

Der regnes med middel konsekvensklasse, CC2, og normal kontrolklasse.

2.2 Geometri

Topkoten er valgt på baggrund af opskylsskemaet udarbejdet af TT. Der er ikke indregnet tillæg til den angivne opskylskote.

2.2.1 Geometri basisscenariet

Der er lavet 3 tværsnit for det eksisterende dige med udgangspunkt i Danmarks Digitale Højdemodel fra 2015. De tre tværsnit er repræsentativ for henholdsvis det vestlige-, midterste- og den østlige del af delstrækning 10.

Diget udføres med flg. geometri:

- Eksist. topkote: Vest: +2,95 (middel)
Midt: +3,20 m (middel)
Øst: +3,05 (middel)
- Fremtidig topkote: Vest: +3,65 m
Midt: +3,70 m
Øst: +3,40 m
- Hældning forside: Vest: 1:3,5
Midt: 1:3,5
Øst: 1:4
- Hældning bagside: 1:3
- Vandspejl ved stormflod: 2,18 m
- Grundvandsspejl: lht. afsnit 2.3.1

2.2.2 Geometri ombyggede diger

For det alternative tracé er der lavet 1 tværsnit med udgangspunkt i Danmarks digitale Højdemodel fra 2015. Tværsnittet er repræsentativt for det eksisterende terræn på strækningen.

Diget udføres med flg. geometri:

- Eksist. terræn: +0,50 m
- Fremtidig topkote: Alt. tracé: +3,55 m
- Hældning forside: Alt. tracé: 1:3
- Hældning bagside: Alt. tracé: 1:3
- Vandspejl ved stormflod: 2,18 m
- Grundvandsspejl: lht. afsnit 2.3.1

2.3 Geoteknik

Der foreligger geotekniske rapport: "Bogense. Stegøvej m.fl. – Geoteknisk rapport no. 10 – Delstrækning 10 – Geoteknisk rapport for renovering/udbygning af dige." af 28-02-2020 udført af GeoSyd.

Den geotekniske rapport indeholder 3 geotekniske borer og samt 2 lagfølgeboringer for det eksisterende tracé samt 2 geotekniske borer for det alternative tracé. Baseret på placeringen af de geotekniske borer undersøges disse for de dertilhørende tværsnit.

2.3.1 Boring G19 (eksist. tracé)

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs*1	t=30 cm	100	10*2	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+0,60	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Fyld: Ler	+0,15	0	0	25*1	19/19	0,00864
Sand (Pg)	+0,05	-	-	34	18/20	40
Moræneler	-1,80	50-350	5-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.2 Boring G20 (eksist. tracé)

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs*1	t=30 cm	100	10*2	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+1,35	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Sand (Pg)	+1,05	-	-	34	18/20	40
Gytje	-0,65	40-75	0	25*	15/15	0,00864
Sand (Pg)	-1,25	-	-	34	18/20	25
Sand (Gc)	-2,40	-	-	38	19/20	25
Moræneler	-3,40	50-350	5-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.3 Boring G21 (eksist. tracé)

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs*1	t=30 cm	100	10*2	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+1,05	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Sand (Pg)	+0,65	-	-	34	18/20	25
Moræneler	-1,00	50-350	5-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.4 Boring G22 (alternativt tracé)

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs* ¹	t=30 cm	100	10* ²	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+1,65	-	-	30* ¹	18/20* ¹	0,0864
Sand (Pg)	+1,25	-	-	34	18/20	25
Moræneler	+0,65	50-350	5-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.5 Boring G23 (alternativt tracé)

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs* ¹	t=30 cm	100	10* ²	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+0,85	-	-	30* ¹	18/20* ¹	0,0864
Sand (Pg)	+0,55	-	-	34	18/20	40
Tørv	-0,25	40-60	0	25*	13/13	0,864
Sand (Pg)	-0,75	-	-	34	18/20	40
Moræneler	-1,95	50-350	5-20	28	21/21	0,00864
Sand (Gc)	-2,20	-	-	38	19/20	40
Moræneler	-2,45	50-350	5-20	28	21/21	0,00864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.6 Boring L10

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs* ¹	t=30 cm	100	10* ²	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+3,00	-	-	30* ¹	18/20* ¹	0,0864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.7 Boring L11

Jordart	Kote	c_{uk} [kN/m ²]	c'_k [kN/m ²]	ϕ_k [°]	γ/γ_m [kN/m ³]	k [m/dag]
Græs* ¹	t=30 cm	100	10* ²	30	18/20	0,0864
Fyld: Muld	+3,25	-	-	30* ¹	18/20* ¹	0,0864

*1) Parameter fremgår ikke af den geotekniske rapport. Skønnet på basis af erfaringsmæssige værdier.

*2) Jf. notatet "Laboratory and modelling investigation of root-reinforced system for slope stabilisation"

2.3.8 Grundvandsspejl

Grundvandsspejlet varierer fra kote +0,15 m til +1,30 m i borerne:

Geotekniskrapport	VSP
G19 (eksist. tracé)	+0,25
G20 (eksist. tracé)	+0,45
G21 (eksist. tracé)	+0,55
G22 (alternativt tracé)	+0,05
G23 (alternativt tracé)	+0,05

2.4 Belastning

2.4.1 Overfladelast

I en højvandssituation antages det, at der ikke vil være en overfladelast på diget.

2.4.2 Vandtryk

I 2070 regnes der med vandstand i kote +2,18 m.

3. Stabilitetsundersøgelse

Stabilitetsundersøgelsen gennemføres i OptumG2.

3.1 Beregningsfiler

Beskrivelse	Filnavn
Delstrækning 10 - Eksist. tracé - Geoteknik som boring G19 og L10 (Vestligt tværsnit)	D10 (G19 og L10) - Snit V
Delstrækning 10 - Eksist. tracé. - Geoteknik som boring G20 og L10 (Midt tværsnit)	D10 (G20 og L10) - Snit M
Delstrækning 10 - Eksist. tracé - Geoteknik som boring G21 og L11 (Østligt tværsnit)	D10 (G21 og L11) - Snit Ø
Delstrækning 10 - Alternativt tracé - Geoteknik som boring G22	D10 (G22) - Alternativ
Delstrækning 10 - Alternativt tracé - Geoteknik som boring G23	D10 (G23) - Alternativ

3.2 Stages

Alle tilfælde analyseres vha. "lower bound" metoden (herefter LB), hvilket er konservativt, og "upper bound" metoden (herefter UB), hvilket er til den usikre side. Herefter anvendes middelværdien. Analysen laves for henholdsvis det eksisterende dige (eksist) samt det fremtidige dige (ny).

Stage navn	Analysis	Reduce strength in	Element type	Safety
LB-eksist	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
LB-ny	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
UB-eksist	Strength Reduction	Solids	UB	User 1
UB-ny	Strength Reduction	Solids	UB	User 1

3.3 Hovedresultater basisscenariet

Hovedresultater fra Optum vedr. stabilitet af det eksist. dige:

Filnavn	Strength reduction factor (LB)	Strength reduction factor (UB)	Strength reduction factor (MEAN)
Eksist. tracé			
D10 (G19 og L10) - Snit V	1,373	1,408	1,3905
D10 (G20 og L10) - Snit M	1,065	1,204	1,1345
D10 (G21 og L11) - Snit Ø	1,193	1,228	1,2105

Konstruktionen er stabil ved en faktor på 1,00 – dog tilsigtes ingen faktorer på under 1,05. Det vil sige, at det eksisterende dige er stabilt.

3.4 Hovedresultater ombyggede diger

Hovedresultater fra Optum vedr. stabilitet af det fremtidige dige:

Filnavn	Strength reduction factor (LB)	Strength reduction factor (UB)	Strength reduction factor (MEAN)
Eksist. tracé			
D10 (G19 og L10) - Snit V	1,449	1,607	1,528
D10 (G20 og L10) - Snit M	1,656	1,698	1,677
D10 (G21 og L11) - Snit Ø	1,040	1,498	1,269
Alternativt tracé			
D10 (G22) - Alternativ	1,018	1,097	1,0575
D10 (G23) - Alternativ	1,287	1,31	1,2985

Konstruktionen er stabil ved en faktor på 1,00 – dog tilsigtes ingen faktorer på under 1,05. Det vil sige, at det ombyggede dige er stabilt.

4. Understrømning

Understrømningen igennem diget er bestemt vha. Optum G2.

4.1 Stages

Alle tilfælde analyseres vha. "lower bound" metoden (herefter LB), hvilket er konservativt, og "upper bound" metoden (herefter UB), hvilket er til den usikre side. Herefter anvendes middelværdien.

Stage navn	Analysis	Reduce strength in	Element type	Safety
LB-eksist	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
LB-ny	Strength Reduction	Solids	LB	User 1
UB-eksist	Strength Reduction	Solids	UB	User 1
UB-ny	Strength Reduction	Solids	UB	User 1

4.2 Hovedresultater basisscenariet

Hovedresultater fra Optum vedr. understrømning for det eksist. dige:

Beregningsfil	Understrømning [m ³ /dag/m] (LB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (UB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (MEAN)
D10 (G19 og L10) - Snit V	0,3	0,3	0,3
D10 (G20 og L10) - Snit M	1,2	1,2	1,2
D10 (G21 og L11) - Snit Ø	0,3	0,3	0,3

4.3 Hovedresultater ombyggede diger

Hovedresultater fra Optum vedr. understrømning for det fremtidige dige:

Beregningsfil	Understrømning [m ³ /dag/m] (LB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (UB)	Understrømning [m ³ /dag/m] (MEAN)
D10 (G19 og L10) - Snit V	0,3	0,3	0,3
D10 (G20 og L10) - Snit M	1,2	1,2	1,2
D10 (G21 og L11) - Snit Ø	0,3	0,3	0,3
D10 (G22) - Alternativ	0,04	0,04	0,04
D10 (G23) - Alternativ	2,7	3,0	2,85

5. Sætninger

Der er ingen sætningsgivne lag jf. den geotekniske boring G19, G21 og G22, hvorfor der ikke regnes sætninger for disse borer.

Sætninger som følge af reovering af det eksisterende dige på strækning 10 beregnes i det følgende. Der er lavet sætningsberegning for tværsnit vest, midt samt øst med geoteknik som G20. For det alternative tracé er der lavet sætningsberegning for tværsnittet med geoteknik som G23

Sætningsberegning for tværsnit 10 vest med geoteknik som G20:

<u>S10V - Sætningsberegning G20</u>									
Spændingsforøgelse									
Lag	Sten		Total						
Rumvægt	20								
Tykkelse, Δh	1.1								
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	22		22						
Boreprofil									
Lag	OK lag	Rumvægt	w	Q	Sætningsgivende				
Muld	3.05	18							
Sand	1.05	18							
Vandspejl	0.45								
Sand	0.45	10							
Gytje	-0.65	5	53%	18%	x				
Endelige sætninger									
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]			(σ er midt i jordlaget)
Gytje	-0.65	-1.25	59.3	81.3	18%	4.08			
Total						4.08			

Sætningsberegning for tværsnit 10 midt med geoteknik som G20:

<u>S10M - Sætningsberegning G20</u>							
Spændingsforøgelse							
Lag	Sten		Total				
Rumvægt	20						
Tykkelse, Δh	1.1						
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	22		<u>22</u>				
Boreprofil							
Lag	OK lag	Rumvægt w	Q	Sætningsgivende			
Muld	3.2	18					
Sand	1.05	18					
Vandspejl	0.45						
Sand	0.45	10					
Gytje	-0.65	5	53%	18% x			
Endelige sætninger							
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]	(σ er midt i jordlaget)
Gytje	-0.65	-1.25	62	84	18%	4.05	
Total						<u>4.05</u>	

Sætningsberegning for tværsnit 10 øst med geoteknik som G20:

<u>S10Ø - Sætningsberegning G20</u>							
Spændingsforøgelse							
Lag	Sten		Total				
Rumvægt	20						
Tykkelse, Δh	1.1						
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	22		<u>22</u>				
Boreprofil							
Lag	OK lag	Rumvægt w	Q	Sætningsgivende			
Muld	3.05	18					
Sand	1.05	18					
Vandspejl	0.45						
Sand	0.45	10					
Gytje	-0.65	5	53%	18% x			
Endelige sætninger							
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]	(σ er midt i jordlaget)
Gytje	-0.65	-1.25	59.3	81.3	18%	4.08	
Total						<u>4.08</u>	

Sætningsberegning for tværsnit 10 alternativ med geoteknik som G23:

S10A - Sætningsberegning G23						
Spændingsforøgelse						
Lag	Sand/ler	Total				
Rumvægt	18					
Tykkelse, Δh	2.7					
Spændingsforøgelse, Δσ	48.6		48.6			
Boreprofil						
Lag	OK lag	Rumvægt w	Q	Sætningsgivende		
Muld	0.85	18				
Sand	0.55	18				
Vandspejl	0.05					
Sand	0.05	10				
Tørv	-0.25	2	101%	32% x		
Endelige sætninger						
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm] (σ er midt i jordlaget)
Tørv	-0.25	-1.25	18.4	67	32%	21.49
Total						21.49

5.1 Hovedresultater

Beregningsfil	Sætninger [cm]
D10 (G20) - Snit V	5
D10 (G20) - Snit M	5
D10 (G20) - Snit Ø	5
D10 (G23) - Alternativ	22

Det vil sige at sætningerne som følge af regulering af det eksisterende dige er 5 cm. Sætningerne for etablering af dige i det alternative tracé er 22 cm.

6. Dimensionering af stenskråning

KYSTSIKRING AF STRÆKNING 10 - VEST

KYSTSIKRING IFT. BØLGEOPSKYL

Litteratur: [RM] Rock Manual (2. udg., 2007)

På strækning 10 vest udføres der en ny stenskråning. Dimensionering af stenskråningen tager udgangspunkt i det eksisterende terræn (Der er anvendt Danmarks Højdemodel fra 2015) samt de analyserede bølgeforhold (år 2070). Det er forsøgt at tilpasse den nye stenskråning med den eksisterende skråning for at begrænse mængden af materialer til tilpasning og regulering af den eksisterende skrænt.

Indgangsparametre

Kystsikringens hældning	$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{3.5}\right) = 15.95 \text{ deg}$	
Signifikant bølgehøjde (år 2070)	$H_s := 1 \text{ m}$	jf. opskylsskema fra TT
Bølgeperiode (år 2070)	$T_p := 5.5 \text{ s}$	jf. opskylsskema fra TT
Opskylskote (år 2070)	$K_t := 3.63 \text{ m}$	jf. opskylsskema fra TT

Stenstørrelser i dæklag

Hudsons formel anvendes til bestemmelse af stenstørrelser i dæklaget.

Rumvægt af dæksten	$\rho_r := 2.65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Rumvægt af vand	$\rho_w := 1.03 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Stabilitetsfaktor iht. [RM]	$K_D := 3.5$
Middelvægt af dæksten	$W_{50} := \frac{\rho_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_w} - 1\right)^3 \cdot \cot(\alpha)} = 55.60 \cdot \text{kg}$

Fraktion vælges som standardfraktioner iht. DS/EN 13383

Middelfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.50.min}} := 80 \text{ kg}$	$W_{\text{dæk.50.maks}} := 120 \text{ kg}$
	$W_{\text{dæk.50}} := \text{mean}(W_{\text{dæk.50.min}}, W_{\text{dæk.50.maks}}) = 100.00 \text{ kg}$	
Middelfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.50}} := 0.35 \text{ m}$	
Totalfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.15}} := 40 \text{ kg}$	$W_{\text{dæk.85}} := 200 \text{ kg}$
Totalfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.15}} := 0.25 \text{ m}$	$d_{\text{dæk.85}} := 0.43 \text{ m}$

Stenstørrelser i filterlag

Filterlagets stenstørrelser bestemmes vha. filterkriterierne iht. Thompson & Shuttler (1976).

Der vælges håndsten med fraktion 70-200 mm.

Middelfraktion, dimension $d_{f,50} := 0.135\text{m}$

Totalfraktion, dimension $d_{f,15} := 0.07\text{m}$ $d_{f,85} := 0.2\text{m}$

Kontrol af filterkriterier for valgt fraktion $f_{85} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk},15}}{d_{f,85}} \leq 4, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

$f_{50} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk},50}}{d_{f,50}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

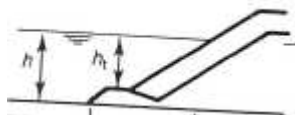
$f_{15} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk},15}}{d_{f,15}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

Den valgte fraktion overholder filterkriterierne jf. ovenstående. Filterstenene udlægges med en lagtykkelse på 300 mm

Fodsikring

Fodsikringen dimensioneres i henhold til afsnit 5.2.2.9 i [RM]

Fodsikringen etableres med en længde på 3 meter. Vandstanden er placeret i kote +2,18 m (år 2070)



Højde af fod $h_f := 0.30\text{m}$

Vanddybde ved siden af fod ved designdybden $h := 2.17\text{m}$ Opmålt i Auto cad

Vanddybde over fod ved designdybden $h_t := h - h_f = 1.87\text{m}$

Forhold mellem h_t og h $\frac{h_t}{h} = 0.86$

$$\Delta := \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1 = 1.57$$

Stabilitetsforhold iht. RM Figur 5.73 $S_f := 6.7$ *(H.s/ΔD.u50 jf. [RM])*

$$D_{u50} := \frac{H_s}{\Delta \cdot S_f} = 0.09\text{m}$$

$$M_{50} := D_{u50}^3 \cdot \rho_r = 2.26\text{kg}$$

Der vælges samme fraktion som filterstenene 70mm-200mm (2-15 kg) med en lagtykkelse på 300 mm

KYSTSIKRING AF STRÆKNING 10 - MIDT

KYSTSIKRING IFT. BØLGEOPSKYL

Litteratur: [RM] Rock Manual (2. udg., 2007)

På strækning 10 midt udføres der en ny stenskråning. Dimensionering af stenskråningen tager udgangspunkt i det eksisterende terræn (Der er anvendt Danmarks Højdemodel fra 2015) samt de analyserede bølgeforhold (år 2070). Det er forsøgt at tilpasse den nye stenskråning med den eksisterende skråning for at begrænse mængden af materialer til tilpasning og regulering af den eksisterende skrænt.

Indgangsparametre

Kystsikringens hældning	$\alpha := \text{atan}\left(\frac{1}{3.5}\right) = 15.95 \text{ deg}$	
Signifikant bølgehøjde (år 2070)	$H_s := 1.0\text{m}$	jf. opskylsskema fra TT
Bølgeperiode (år 2070)	$T_p := 5.75\text{s}$	jf. opskylsskema fra TT
Opskylskote (år 2070)	$K_t := 3.70\text{m}$	jf. opskylsskema fra TT

Stenstørrelser i dæklag

Hudsons formel anvendes til bestemmelse af stenstørrelser i dæklaget.

Rumvægt af dæksten	$\rho_r := 2.65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Rumvægt af vand	$\rho_w := 1.03 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Stabilitetsfaktor iht. [RM]	$K_D := 3.5$
Middelvægt af dæksten	$W_{50} := \frac{\rho_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_w} - 1\right)^3 \cdot \cot(\alpha)} = 55.60 \cdot \text{kg}$

Fraktion vælges som standardfraktioner
 iht. DS/EN 13383

Middelfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.50.min}} := 80\text{kg}$	$W_{\text{dæk.50.maks}} := 120\text{kg}$
	$W_{\text{dæk.50}} := \text{mean}(W_{\text{dæk.50.min}}, W_{\text{dæk.50.maks}}) = 100.00\text{kg}$	
Middelfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.50}} := 0.35\text{m}$	
Totalfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.15}} := 40\text{kg}$	$W_{\text{dæk.85}} := 200\text{kg}$
Totalfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.15}} := 0.25\text{m}$	$d_{\text{dæk.85}} := 0.43\text{m}$

Stenstørrelser i filterlag

Filterlagets stenstørrelser bestemmes vha. filterkriterierne iht. Thompson & Shuttler (1976).

$$\text{Mindste dimensioner iht. filterkriterier} \quad d_{85} := \frac{d_{\text{dæk.15}}}{4} = 0.06 \text{ m} \quad d_{50} := \frac{d_{\text{dæk.50}}}{7} = 0.05 \text{ m} \quad d_{15} := \frac{d_{\text{dæk.15}}}{7} = 0.04 \text{ m}$$

Der vælges håndsten med fraktion 70-200 mm.

Middelfraktion, dimension $d_{f.50} := 0.135 \text{ m}$

Totalfraktion, dimension $d_{f.15} := 0.07 \text{ m}$ $d_{f.85} := 0.2 \text{ m}$

Kontrol af filterkriterier for valgt fraktion

$$f_{85} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.15}}}{d_{f.85}} \leq 4, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

$$f_{50} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.50}}}{d_{f.50}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

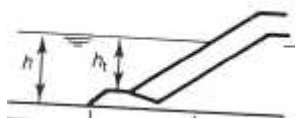
$$f_{15} := \text{if} \left(\frac{d_{\text{dæk.15}}}{d_{f.15}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$$

Den valgte fraktion overholder filterkriterierne jf. ovenstående. Filterstenene udlægges med en lagtykkelse på 300 mm

Fodsikring

Fodsikringen dimensioneres i henhold til afsnit 5.2.2.9 i [RM]

Fodsikringen etableres med en længde på 3 meter. Vandstanden er placeret i kote +2,18 m (år 2070)



Højde af fod $h_f := 0.30 \text{ m}$

Vanddybde ved siden af fod ved designdybden $h := 1.86 \text{ m}$ Opmålt i Auto cad

Vanddybde over fod ved designdybden $h_t := h - h_f = 1.56 \text{ m}$

Forhold mellem h_t og h $\frac{h_t}{h} = 0.84$

$$\Delta := \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1 = 1.57$$

Stabilitetsforhold iht. RM
Figur 5.73

$S_f := 6.7$ (H.s/ Δ D.u50 jf. [RM])

$$D_{u50} := \frac{H_s}{\Delta \cdot S_f} = 0.09 \text{ m}$$

$$M_{50} := D_{u50}^3 \cdot \rho_r = 2.26 \text{ kg}$$

Der vælges samme fraktion som filterstenene 70mm-200mm (2-15 kg) med en lagtykkelse på 300 mm

KYSTSIKRING AF STRÆKNING 10 - ØST

KYSTSIKRING IFT. BØLGEOPSKYL

Litteratur: [RM] Rock Manual (2. udg., 2007)

På strækning 10 øst udføres der en ny stenskråning. Dimensionering af stenskråningen tager udgangspunkt i det eksisterende terræn (Der er anvendt Danmarks Højdemodel fra 2015) samt de analyserede bølgeforhold (år 2070). Det er forsøgt at tilpasse den nye stenskråning med den eksisterende skråning for at begrænse mængden af materialer til tilpasning og regulering af den eksisterende skrænt.

Indgangsparametre

Kystsikringens hældning	$\alpha := \operatorname{atan}\left(\frac{1}{4}\right) = 14.04 \text{ deg}$	
Signifikant bølgehøjde (år 2070)	$H_s := 1 \text{ m}$	jf. opskylsskema fra TT
Bølgeperiode (år 2070)	$T_p := 6 \text{ s}$	jf. opskylsskema fra TT
Opskylskote (år 2070)	$K_t := 3.38 \text{ m}$	jf. opskylsskema fra TT

Stenstørrelser i dæklag

Hudsons formel anvendes til bestemmelse af stenstørrelser i dæklaget.

Rumvægt af dæksten	$\rho_r := 2.65 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Rumvægt af vand	$\rho_w := 1.03 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$
Stabilitetsfaktor iht. [RM]	$K_D := 3.5$
Middelvægt af dæksten	$W_{50} := \frac{\rho_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot \left(\frac{\rho_r}{\rho_w} - 1\right)^3 \cdot \cot(\alpha)} = 48.65 \cdot \text{kg}$

Fraktion vælges som standardfraktioner iht. DS/EN 13383

Middelfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.50.min}} := 80 \text{ kg}$	$W_{\text{dæk.50.maks}} := 120 \text{ kg}$
	$W_{\text{dæk.50}} := \operatorname{mean}(W_{\text{dæk.50.min}}, W_{\text{dæk.50.maks}}) = 100.00 \text{ kg}$	
Middelfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.50}} := 0.35 \text{ m}$	
Totalfraktion, vægt	$W_{\text{dæk.15}} := 40 \text{ kg}$	$W_{\text{dæk.85}} := 200 \text{ kg}$
Totalfraktion, dimension	$d_{\text{dæk.15}} := 0.25 \text{ m}$	$d_{\text{dæk.85}} := 0.43 \text{ m}$

Stenstørrelser i filterlag

Filterlagets stenstørrelser bestemmes vha. filterkriterierne iht. Thompson & Shuttler (1976).

Der vælges håndsten med fraktion 70-200 mm.

Middelfraktion, dimension $d_{f,50} := 0.135\text{m}$

Totalfraktion, dimension $d_{f,15} := 0.07\text{m}$ $d_{f,85} := 0.2\text{m}$

Kontrol af filterkriterier for valgt fraktion $f_{85} := \text{if} \left(\frac{d_{dæk,15}}{d_{f,85}} \leq 4, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

$f_{50} := \text{if} \left(\frac{d_{dæk,50}}{d_{f,50}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

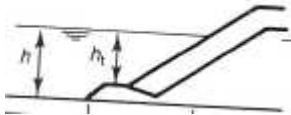
$f_{15} := \text{if} \left(\frac{d_{dæk,15}}{d_{f,15}} \leq 7, \text{"ok"}, \text{"for små"} \right) = \text{"ok"}$

Den valgte fraktion overholder filterkriterierne jf. ovenstående. Filterstenene udlægges med en lagtykkelse på 300 mm

Fodsikring

Fodsikringen dimensioneres i henhold til afsnit 5.2.2.9 i [RM]

Fodsikringen etableres med en længde på 4 meter. Vandspejlet er placeret i kote +2,18 m (år 2070)



Højde af fod $h_f := 0.30\text{m}$

Vanddybde ved siden af fod ved designdybden $h := 1.83\text{m}$ Opmålt i Auto cad

Vanddybde over fod ved designdybden $h_t := h - h_f = 1.53\text{m}$

Forhold mellem h_t og h $\frac{h_t}{h} = 0.84$

$$\Delta := \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1 = 1.57$$

Stabilitetsforhold iht. RM Figur 5.73 $S_f := 6.7$ ($H_s/\Delta D_{u50}$ jf. [RM])

$$D_{u50} := \frac{H_s}{\Delta \cdot S_f} = 0.09\text{m}$$

$$M_{50} := D_{u50}^3 \cdot \rho_r = 2.26\text{kg}$$

Der vælges samme fraktion som filterstenene 70mm-200mm (2-15 kg) med en lagtykkelse på 300 mm