

Appendix 2

Projektnavn	Nordfyns Kom - Bogense Kystbeskyttelse og klimatilpasning
Kunde	Nordfyns Kommune
Projektleder	CMER
Projektnummer	1311900146
Dokument ID	Skitseprojekt – Delstrækning 2
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	2
3.	Stabilitetsundersøgelse	5
4.	Understrømning	7
5.	Sætninger	8

1. Indledning

På delstrækning 2 reguleres skråningsanlæggene på de eksisterende diger, så det sikres, at de min. er 1:3 på forsiden og 1:2 på bagsiden. Dige-kronen forhøjes lokalt, hvor den måtte være under sikringskoten jf. opskylsskema fra TT.

Hvor det eksisterende dige reguleres og/eller forhøjes afrømmes eksisterende græs og muld. Da omfanget af reguleringen er relativ beskeden, indbygges der nyt muld, hvor der mangler materiale. Afslutningsvis sås der græs (digeblanding) på den regulerede overflade.

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

I dette dokument eftervises stabiliteten af det eksisterende- samt fremtidige dige. Understrømningen samt sætningerne som følge af regulering af det eksisterende dige beregnes ligeledes.

Tværsnit af de eksisterende- samt fremtidige diger fremgår af PDF'en " 1311900146_S2".

2. Designgrundlag

2.1 Konsekvensklasse

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

2.2 Geometri

Diget udføres med flg. geometri:

- Eksist. topkote:	Nord: +3,05 m (middel) Syd: +2,90 m (middel)
- Fremtidig topkote:	Nord: +3,05 m Syd: +2,90 m
- Hældning forside:	1:3
- Hældning bagside:	1:2
- Vandspejl ved stormflod:	2,18 m
- Grundvandsspejl:	Iht. afsnit 2.3.6

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

Der er lavet 2 tværsnit med udgangspunkt i Danmarks Digitale Højdemodel fra 2015. De to tværsnit er repræsentativ for henholdsvis den sydlige- og den nordlige del af delstrækning 2.

2.3 Geoteknik

Der foreligger geotekniske rapport: "Bogense. Stegøvej m.fl. – Geoteknisk rapport no. 2 – Delstrækning 2 – Geoteknisk rapport for renovering/udbygning af diger." af 28-02-2020 udført af GeoSyd.

Den geotekniske rapport indeholder 3 geotekniske boringer samt 2 lagfølgeboringer. Baseret på placeringen af de geotekniske boringer undersøges disse for de dertilhørende tværsnit.

2.3.1 Boring G4

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
Sand	+1,50	-	-	34	18/20	40
Tørv	+0,60	30-75	0	25*	13/13	0,864
Sand	-0,70	-	-	34	18/20	40
Ler	-1,70	30-100	0	26	19/20	0,00864
Sand	-2,70	-	-	34	18/20	40
Moræneler	-3,10	75-350	7-20	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 G5

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	+2,15	-	-	30* ¹	18/20* ¹	0,0864
Sand	+1,45	-	-	34	18/20	40
Tørv	-0,05	30-75	0	25*	13/13	0,864
Ler	-1,05	30-100	0	26	19/20	0,00864
Moræneler	-2,65	75-350	7-20	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 G6

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
Sand	+2,10	-	-	34	18/20	40
Tørv	+0,30	30-75	0	25*	13/13	0,864
Ler	-0,30	30-100	0	26	19/20	0,00864
Moræneler	-1,50	75-350	7-20	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 L4

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	+2,85	-	-	30*1	18/20*1	0.0864
Sand	+1,15	-	-	34	18/20	40

*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 L5

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	+2,90	-	-	30*1	18/20*1	0,0864
Fyld: Ler	+2,40	0	0	25	19/19*1	0,00864
Sand	+2,00	-	-	34	18/20	40

*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 Grundvandsspejl

Grundvandsspejlet fremgår af den geotekniske rapport:

Geotekniske rapport	VSP
G4	+0,50 m*
G5	+0,50 m**
G6	+0,30 m

*I beregningsfilen "D2 (G4 og L4) - Snit S" ligger terrænet, på bagsiden af diget, lavere end +0,5. Vandspejlet er derfor, i denne beregningsfil, placeret i kote +0,10 m (20 cm under terræn).

**I beregningsfilen "D2 (G5 og L4) - Snit S" ligger terrænet, på bagsiden af diget, lavere end +0,5. Vandspejlet er derfor, i denne beregningsfil, placeret i kote +0,10 m (20 cm under terræn).

**I beregningsfilen "D2 (G5 og L4) - Snit N" ligger terrænet, på bagsiden af diget, lavere end +0,5. Vandspejlet er derfor, i denne beregningsfil, placeret i kote 0 m (20 cm under terræn)

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 2 - Geoteknik som boring G4 og L4 (Sydligt tværsnit)	D2 (G4 og L4) - Snit S
Delstrækning 2 - Geoteknik som boring G5 og L4 (Sydligt tværsnit)	D2 (G5 og L4) - Snit S
Delstrækning 2 - Geoteknik som boring G5 og L4 (Nordligt tværsnit)	D2 (G5 og L4) - Snit N
Delstrækning 2 - Geoteknik som boring G6 og L5 (Nordligt tværsnit)	D2 (G6 og L5) - Snit N

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 et 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)
D2 (G4 og L4) - Snit S	-	-	-
D2 (G5 og L4) - Snit S	-	-	-
D2 (G5 og L4) - Snit N	-	-	-
D2 (G6 og L5) - Snit N	-	-	-

Det eksisterende dige er ikke stabilt. Det vælges derfor at hæve den eksisterende vej på bagsiden af diget med 0,5 m, for at give ekstra ballast.

3.4 Hovedresultater fremtidigt dige

Stabiliteten af det ombyggede dige, hvor vejen hæves 0,5 meter beregnes i det følgende:

Hovedresultater fra Optum vedr. stabilitet af det fremtidige dige:

Filnavn	Strength reduction factor (LB)	Strength reduction factor (UB)	Strength reduction factor (MEAN)
D2 (G4 og L4) - Snit S	1,152	1,219	1,1855
D2 (G5 og L4) - Snit N	1,339	1,526	1,4325

Konstruktionen er stabil ved en faktor på 1,00 – dog tilsigtes ingen faktorer på under 1,05. Det anbefales, at der for strækning 2 udføres supplerende boringer.

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 fremtidigt dige

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)
D2 (G4 og L4) - Snit S	4,2	4,1	4,15
D2 (G5 og L4) - Snit S	0,94	0,94	0,94

5. Sætninger

Sætninger som følge af reovering af diget på strækning 2 beregnes i det følgende. Der er lavet sætningsberegning for strækning syd med geoteknik som G4, sætningsberegning for strækning midt med geoteknik som G5 samt sætningsberegning for strækning nord med geoteknik som G5.

Sætningsberegning for strækning 2 syd med geoteknik som G4:

<u>S2 - Sætningsberegning</u>		<u>G4</u>							
Spændingsforøgelse									
Lag	Muld				Total				
Rumvægt	18								
Tykkelse, Δh	0.5								
Spændingsforøgelse, $\Delta \sigma$	9				<u>9</u>				
Boreprofil									
Lag	OK lag	Rumvægt	w	Q	Sætningsgivende				
Muld	2.9	18							
Vandspejl	0.5								
Muld	0.5	10							
Tørv	0.6	3	521%	53% x					
Tørv	0.1	3	521%	53% x					
Endelige sætninger									
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]			(σ er midt i jordlaget)
Tørv	0.6	0.1	42.95	51.95	53%	9.13			
Tørv	0.1	-0.7	44.9	53.9	53%	14.54			
Total						23.67			

Sætningsberegning for strækning 2 midt med geoteknik som G5:

S2 - Sætningsberegning		G5						
Spændingsforøgelse								
Lag	Muld		Total					
Rumvægt	18							
Tykkelse, Δh	0.5							
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	9		9					
Boreprofil								
Lag	OK lag	Rumvægt	w	Q	Sætningsgivende			
Muld	2.9	18						
Sand	1.45	18						
Vandspejl	0.5							
Sand	0.5	10						
Tørv	-0.05	3	397%	51% x				
Endelige sætninger								
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]	(σ er midt i jordlaget)	
Tørv	-0.05	-1.05	50.2	59.2	51%	17.28		
Total						17.28		

Sætningsberegning for strækning 2 nord med geoteknik som G6:

S2 - Sætningsberegning		G6						
Spændingsforøgelse								
Lag	Muld		Total					
Rumvægt	18							
Tykkelse, Δh	0.5							
Spændingsforøgelse, $\Delta\sigma$	9		9					
Boreprofil								
Lag	OK lag	Rumvægt	w	Q	Sætningsgivende			
Muld	2.9	18						
Sand	2.1	18						
Vandspejl	0.3							
Sand	0.3	10						
Tørv	0.3	3	126%	37% x				
Endelige sætninger								
Lag	OK lag	UK lag	Opr. σ	Ny σ	Q	δ [cm]	(σ er midt i jordlaget)	
Tørv	0.3	-0.3	47.7	56.7	37%	7.45		
Total						7.45		

5.1 Hovedresultater fremtidigt dige

Beregningsfil	Sætninger [cm]
D2 (G4) - Syd	24
D2 (G5) - Midt	17
D2 (G6) - Nord	7

Det vil sige at sætningerne på den sydlige strækning er 24 cm. Sætningerne på den midterste del er 17 cm. Sætningerne på den nordlige del er 7 cm.