

# RÅGELEJE GENERALFORSAMLING

NORDKYSTENS FREMTID

Præsentation af Forundersøgelser og Myndighedsprojekt

JULI 2018 - PETER F. KLAGENBERG (NIRAS) - MEDFORFATTER CHRISTIAN HELLEDIE



**NIRAS**



**HASLØV & KJÆRSGAARD**

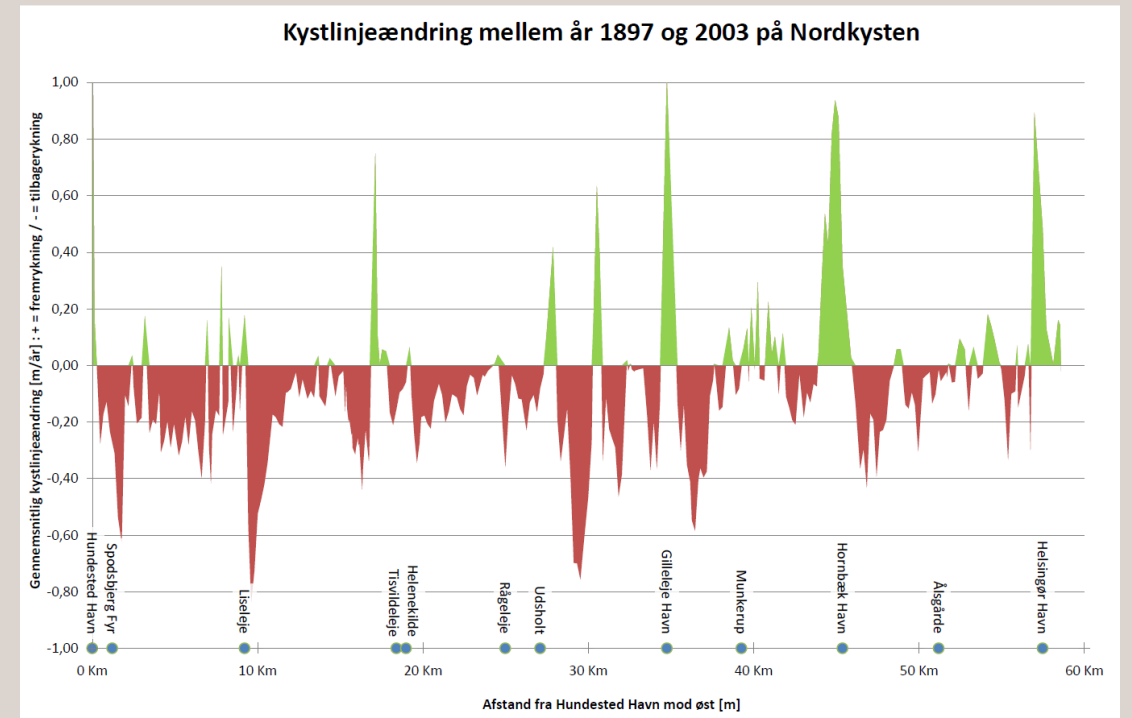
Foto: Christian Helledie

# NKF Myndighedsprojekt



Nordkysten er en erosionskyst

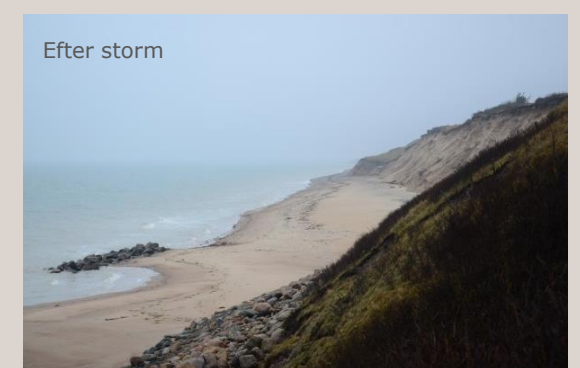
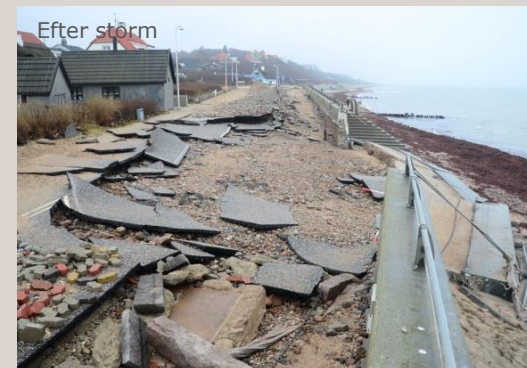
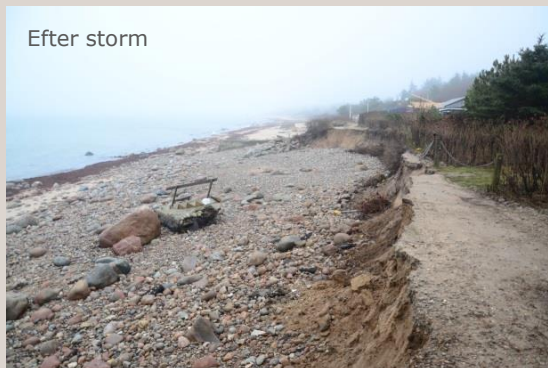
- Kronisk erosion



# NKF Myndighedsprojekt

Nordkysten er en erosionskyst

- Akut erosion
- Stormen Bodil  
06.12.2013  
(250 års hændelse)



# NKF Myndighedsprojekt

Nordkysten er en erosionskyst

- Skader efter storm
- Stormen Bodil  
06.12.2013  
(250 års hændelse)

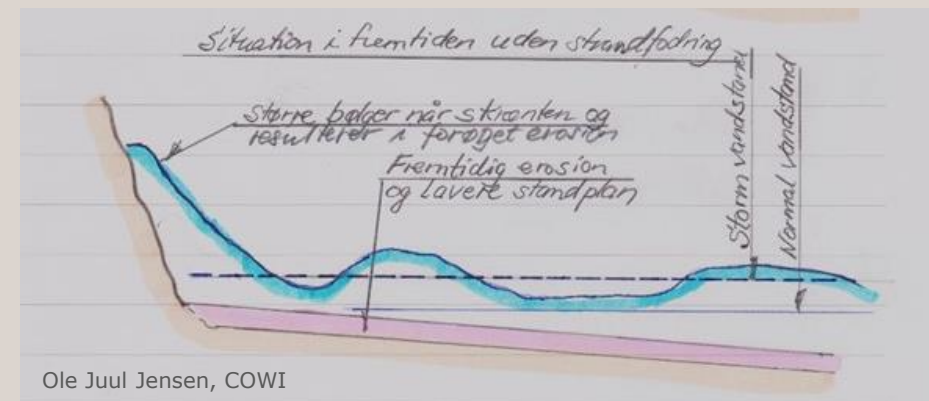
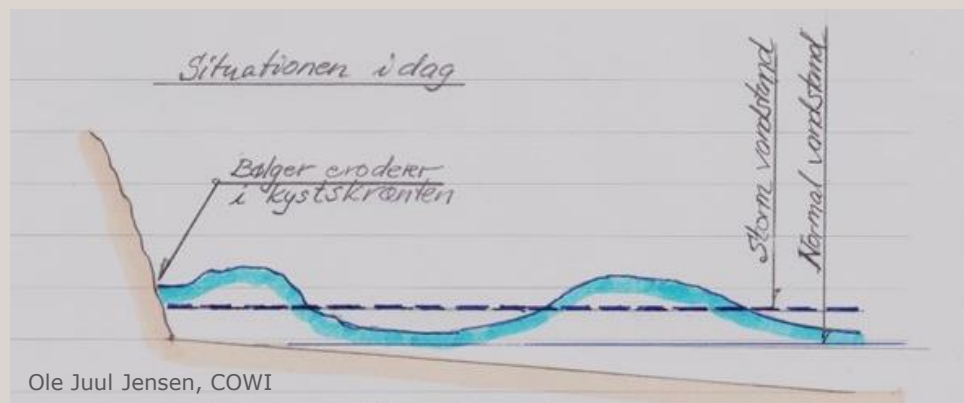
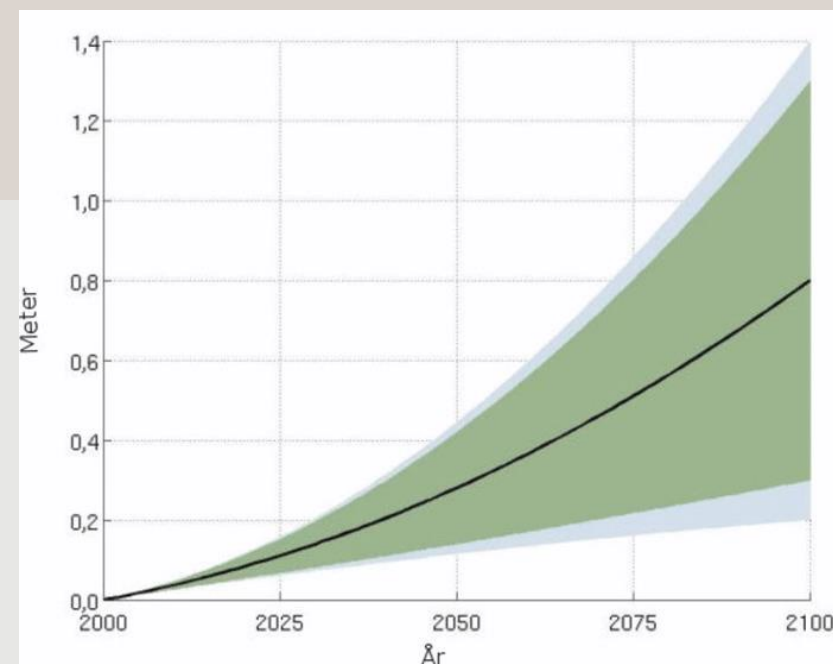


# NKF Myndighedsprojekt

## Nordkysten er en erosionskyst

Situation er:

- Stranden eroderer – vanddybden stiger
- Havet stiger
- Skader på skrånninger
- Skader på skråningsbeskyttelser
- Smal og lav strand - ingen strand
- Skader på bølgebrydere og høfder
- Behovet for kystbeskyttelse bliver større i fremtiden



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

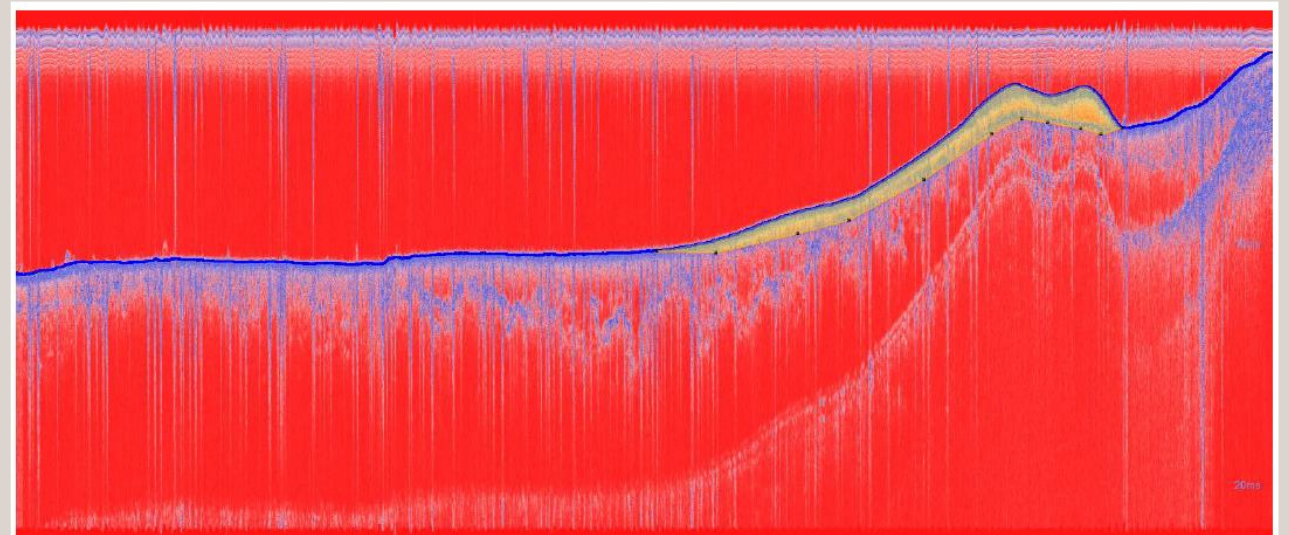
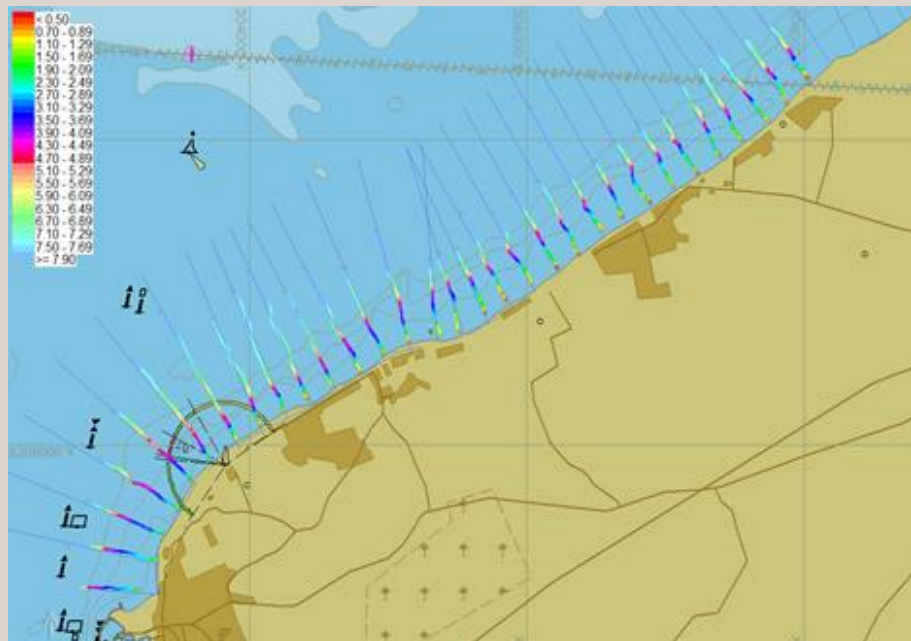
- Bathymetrisk survey og sedimentprøvetagning
- Topografisk survey
- Geoteknisk desk-studie
- Registrering af kystkonstruktioner
- Tilstandsvurdering



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Bathymetrisk survey og sedimentprøvetagning – DHI (båd)



Figur B.1 Linje 256 processeret i Hypack Max™ Sub Bottom Processing. Havbunden er markeret med den blå linje, mens sandaflejringerne er markeret med transparent gul.

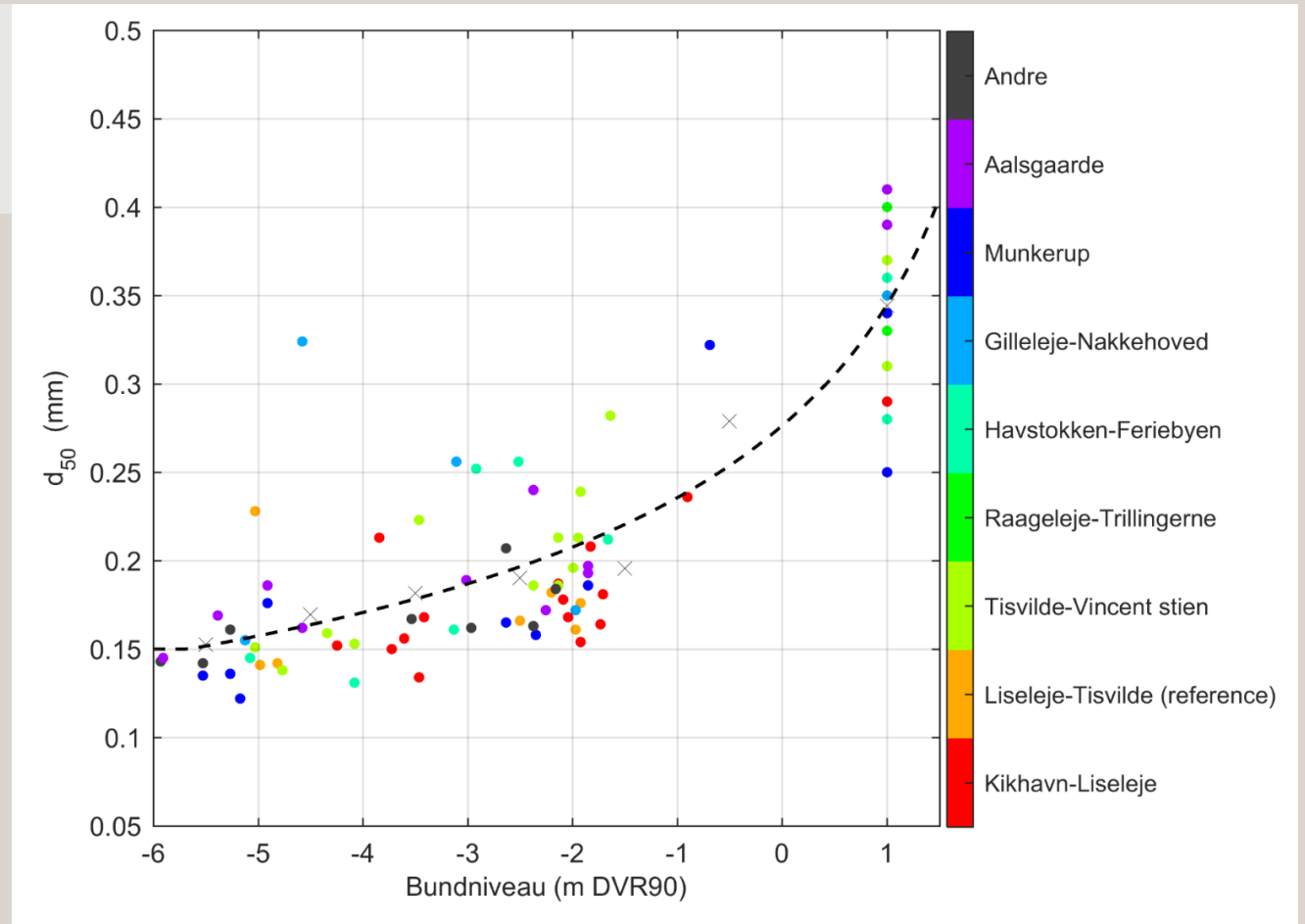
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Sediment prøver - Sand

Sandfraktionen af strandsand  
Gns.  $d_{50} = 0,35$  mm

Udenfor 0,8 m vanddybde  
 $0,12$  mm  $< d_{50} < 0,25$  mm.





# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

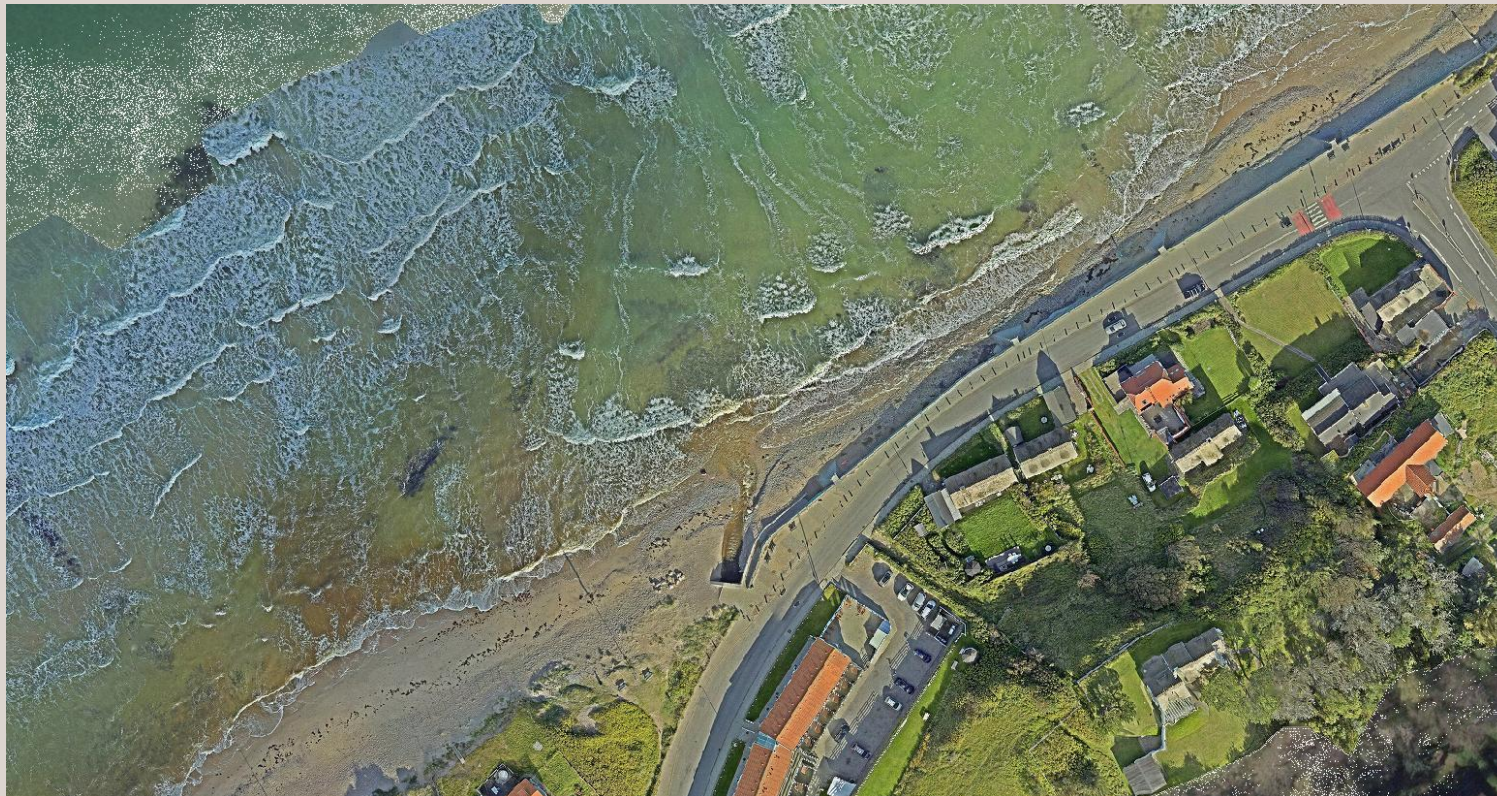
Topografisk survey – flyopmåling med LiDAR og ortofoto



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

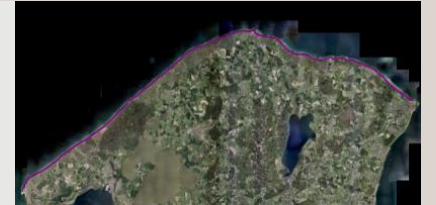
Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

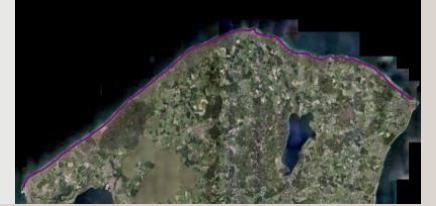
Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

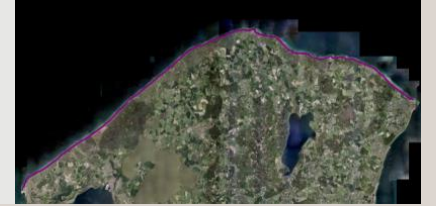
Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Registrering af eksisterende kystkonstruktioner





# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Registrering af eksisterende kystkonstruktioner



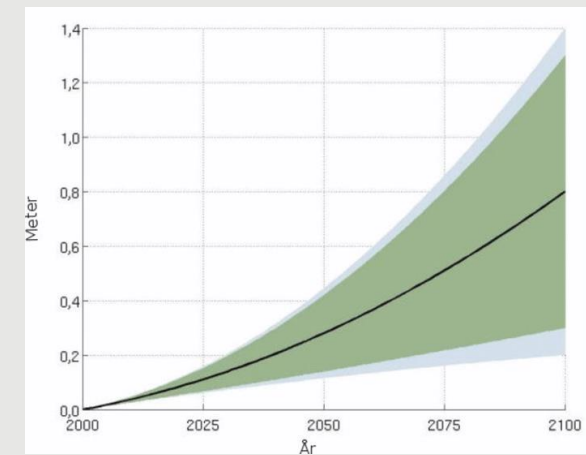
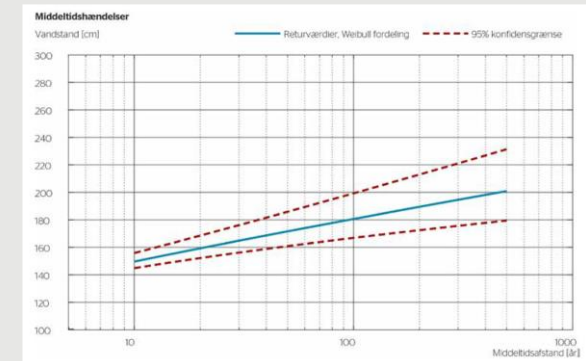
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Tilstandsvurdering for hård kystbeskyttelse

### Målsætning for kystbeskyttelsen

- 50 års storm  
Storm der i middel forekommer en gang på 50 år
- Levetid på 50 år (år 2070)  
Stormen kan forekomme i løbet af kystbeskyttelsens levetid
- 64% sandsynlighed for at 50 års storm forekommer over kystbeskyttelsens levetid på 50 år (2070)
- Normal praksis for kystbeskyttelse
- Relativt let at reparere



# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

Tilstandsvurdering for hård kystbeskyttelse

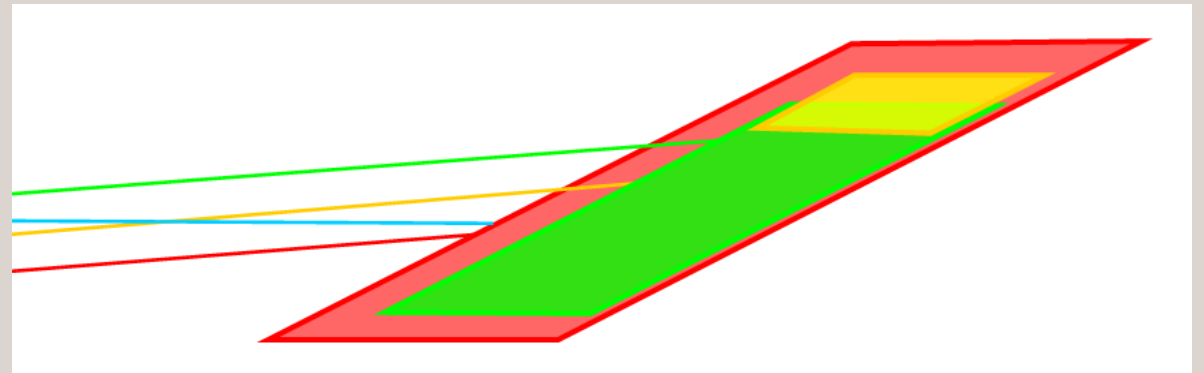
Dimensionering af:

- Størrelse af sten
- Højde af konstruktion

Ringe:  
Ombygges

Udbygges:  
Topkote forhøjes

OK: Sikret mod  
50 års storm  
om 50 år



# NKF Myndighedsprojekt

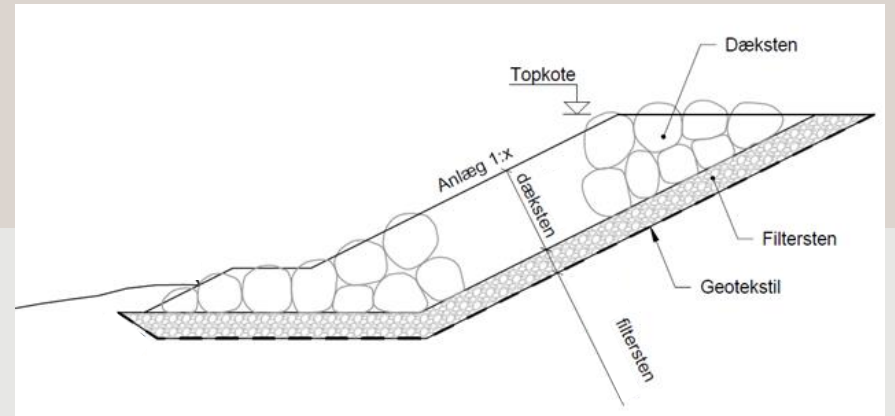
## Forundersøgelser

Tilstandsvurdering for hård kystbeskyttelse

- Udgangspunkt i vanddybde foran kystbeskyttelse
  - Vandstand
    - Stormflodshændelse
    - Bølge set-up
    - Havspejlsstigning
  - Terrænniveau
    - Landhævning
    - Erosion
      - Kronisk erosion
      - Akut erosion
      - Havspejlsstigning
    - Strandfodring
      - Initial fodring
      - Vedligeholdelsesfodring

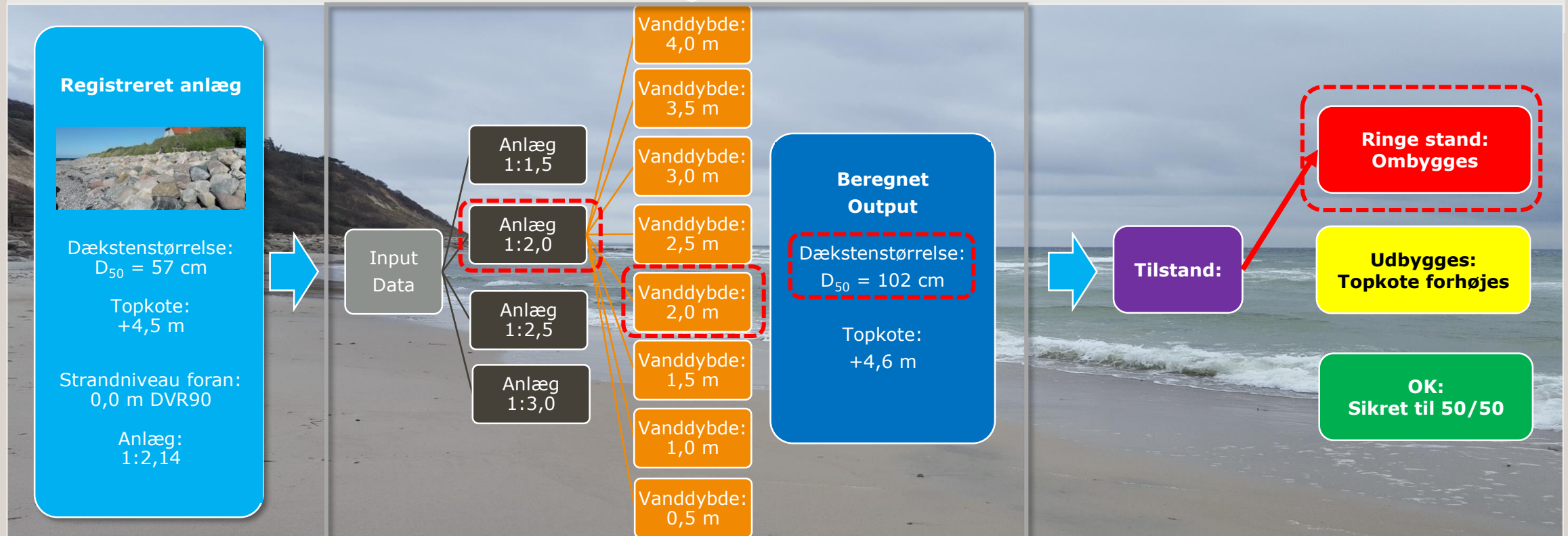


# NKF Myndighedsprojekt

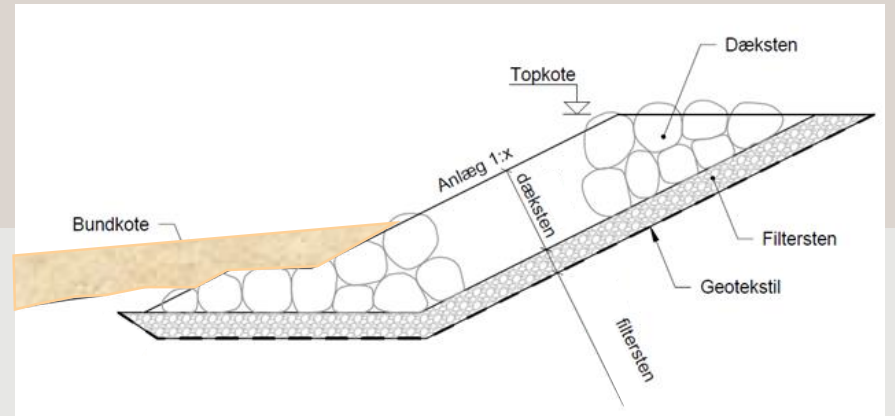


Forundersøgelser  
Tilstandsvurdering

Designvandstand  
- Strandniveau  
+2,0 m DVR90

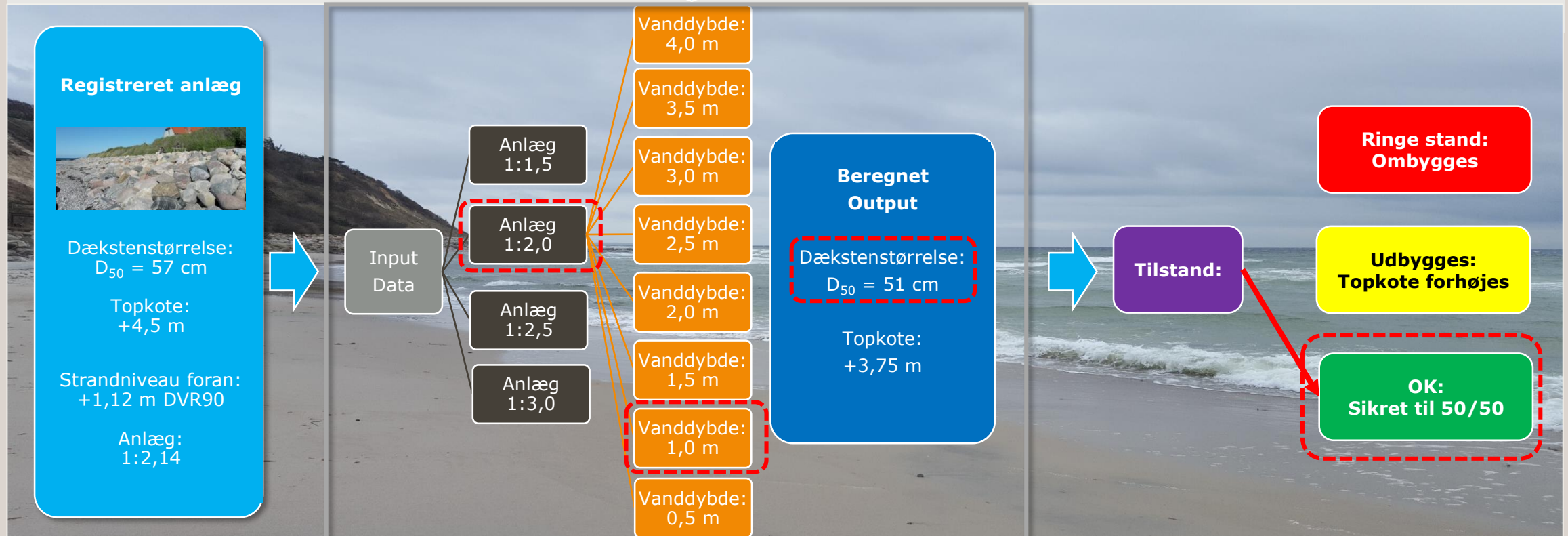


# NKF Myndighedsprojekt



Forundersøgelser  
Tilstandsvurdering

Designvandstand  
- Strandniveau  
+2,0 m DVR90



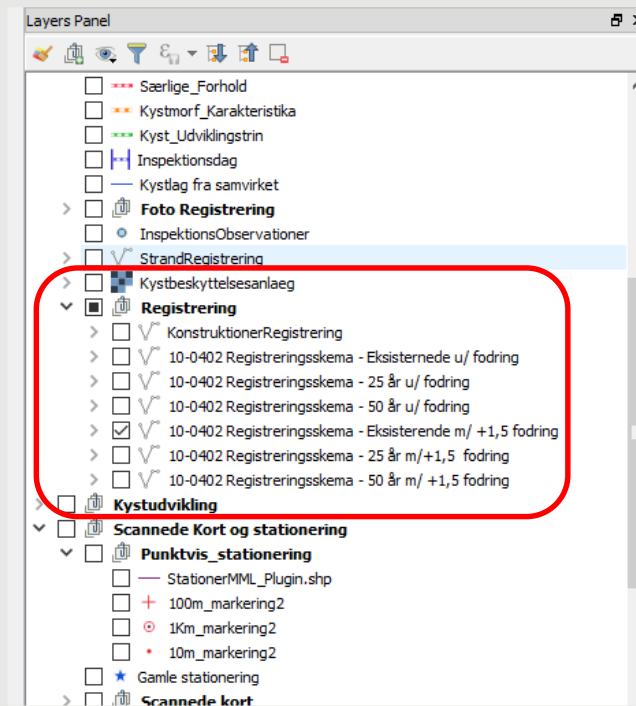
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

### Tilstandsvurdering

- GIS database bliver offentligt tilgængelig

*Foreløbige tal*



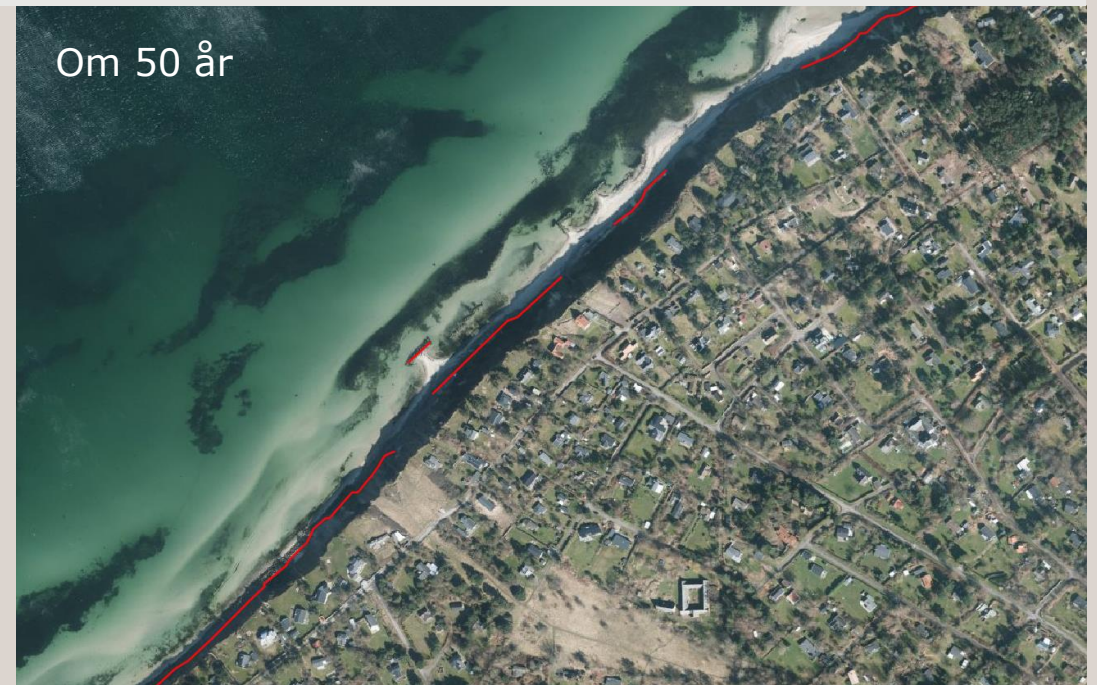
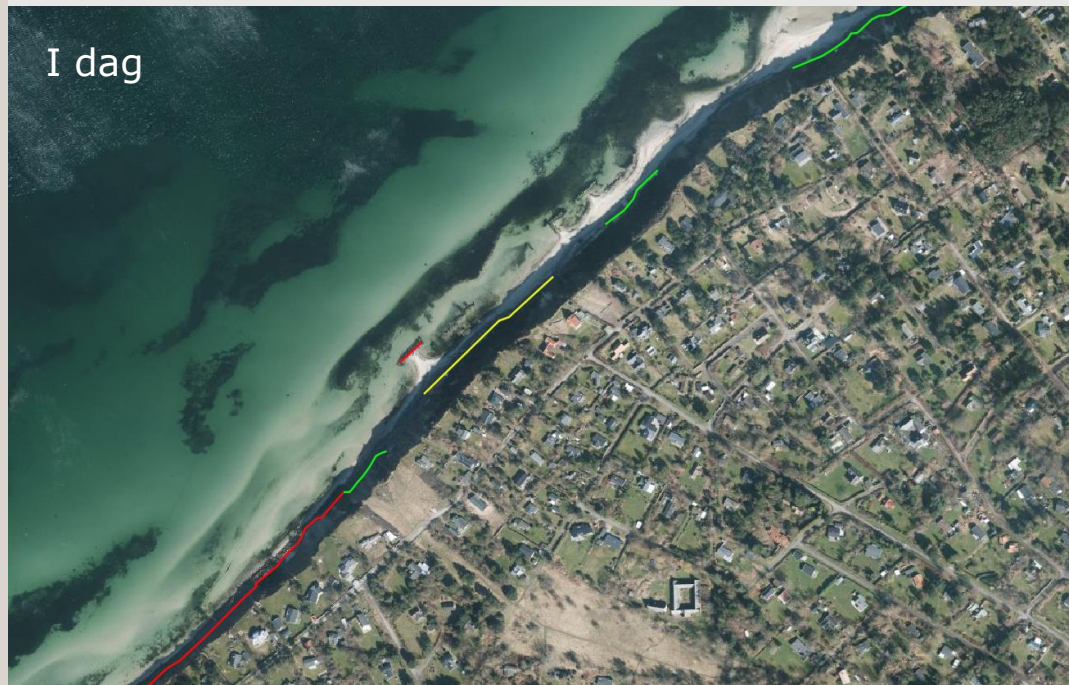
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

### Tilstandsvurdering (Hald Strand)

- Eksisterende hård kystbeskyttelse **uden** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*





# NKF Myndighedsprojekt

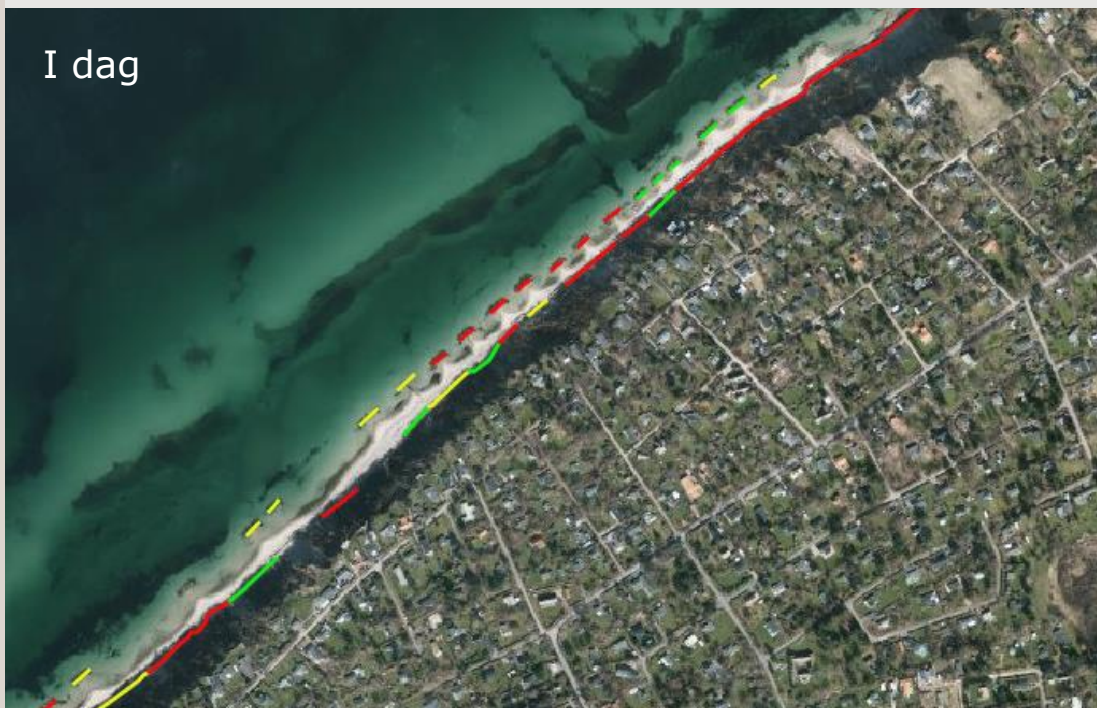
## Forundersøgelser

Tilstandsvurdering (Tisvildeleje – Vejby)

- Eksisterende hård kystbeskyttelse **uden** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*

I dag



Om 50 år



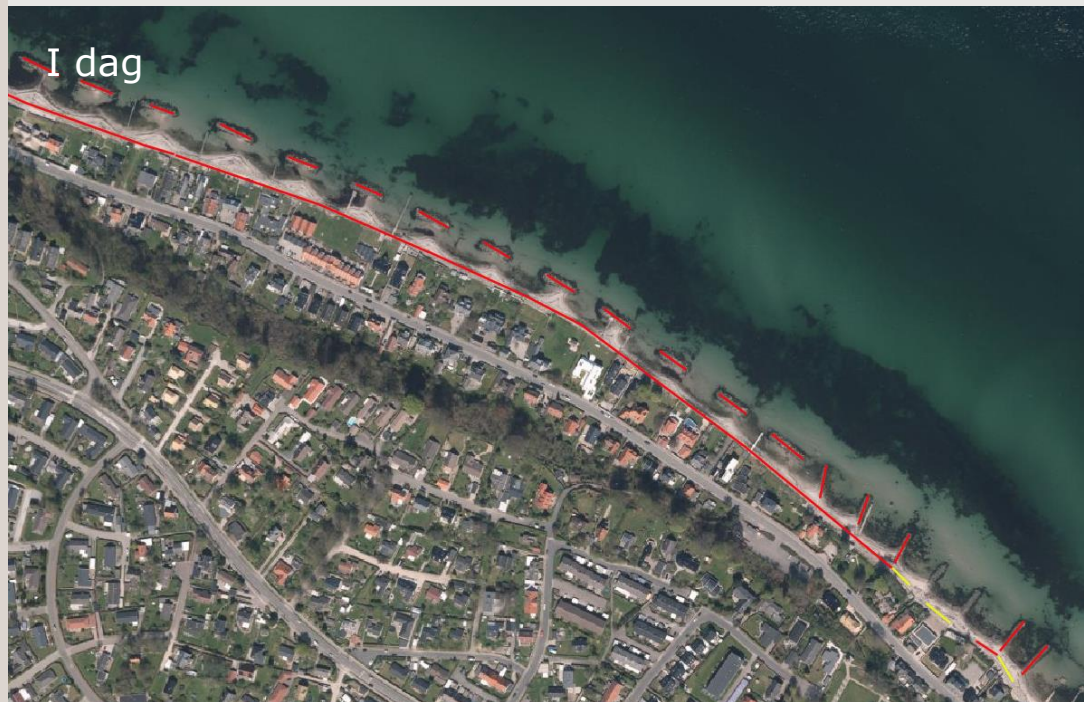
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

### Tilstandsvurdering (Ålsgårde)

- Eksisterende hård kystbeskyttelse **uden** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*



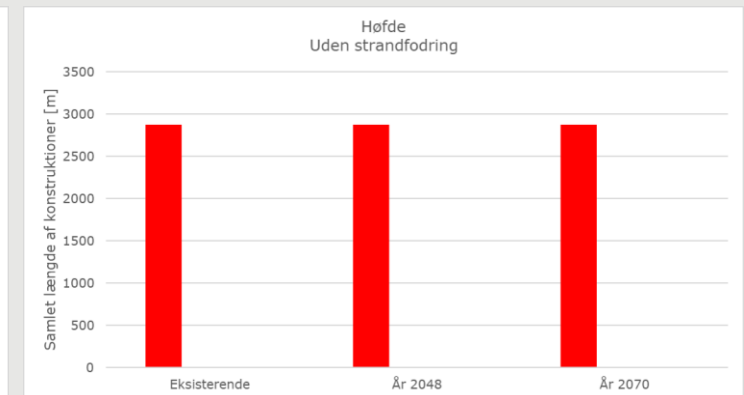
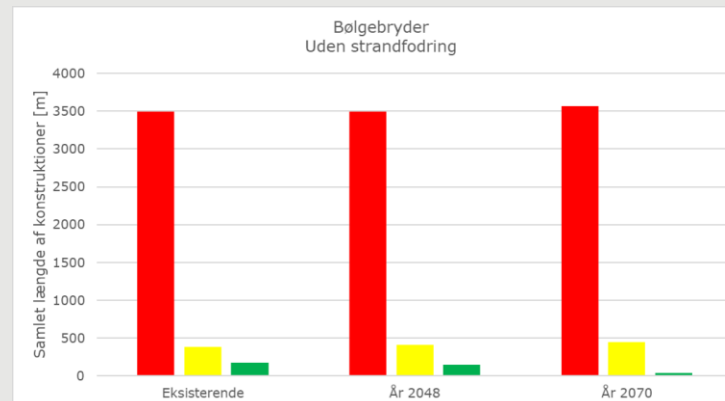
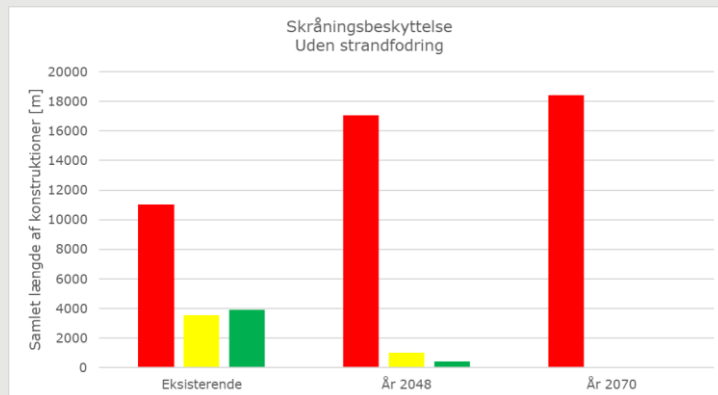
# NKF Myndighedsprojekt

## Forundersøgelser

### Tilstandsvurdering

- Eksisterende hård kystbeskyttelse **uden** strandfodring i dag, om 25 og 50 år

*Foreløbige tal*



- Eksisterende kystbeskyttelse er generelt ikke tilstrækkelig til at beskyttelse mod 50 års storm i dag, om 25 eller 50 år
- Nu kender vi kystlandskabet og tilstand af hårde kystbeskyttelses anlæg
- Ud fra det har vi formuleret en strategi for kystbeskyttelsen på Nordkysten

# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt Kystbeskyttelsesstrategi

Bedste kystbeskyttelse på Nordkysten

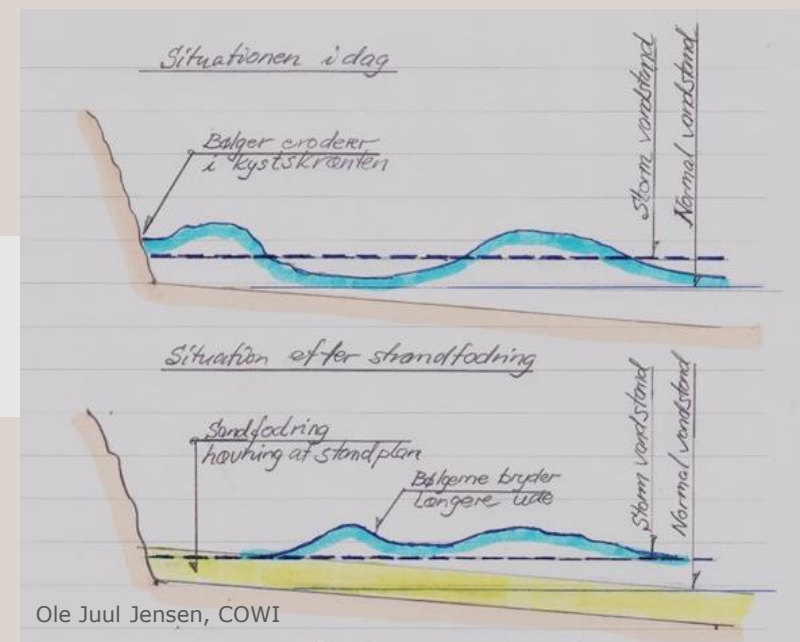
- **Kombination af strandfodring og skråningsbeskyttelse**

### Fælles strandfodring (Nordkystens Fremtid)

- Strandfodring langs **bebyggede grunde med kystbeskyttelsesbehov**
- Strandfodring til sikring af **minimumshøjde mod akut erosion** foran skråningsbeskyttelser
  - **Initial strandfodring**
  - **Vedligeholdelsesfodring hvert 5 år**
    - Kompensation for kronisk erosion
    - Kompensation for havspejlsstigning

### Inspiration til opgradering af hård kystbeskyttelse (Grundejerne)

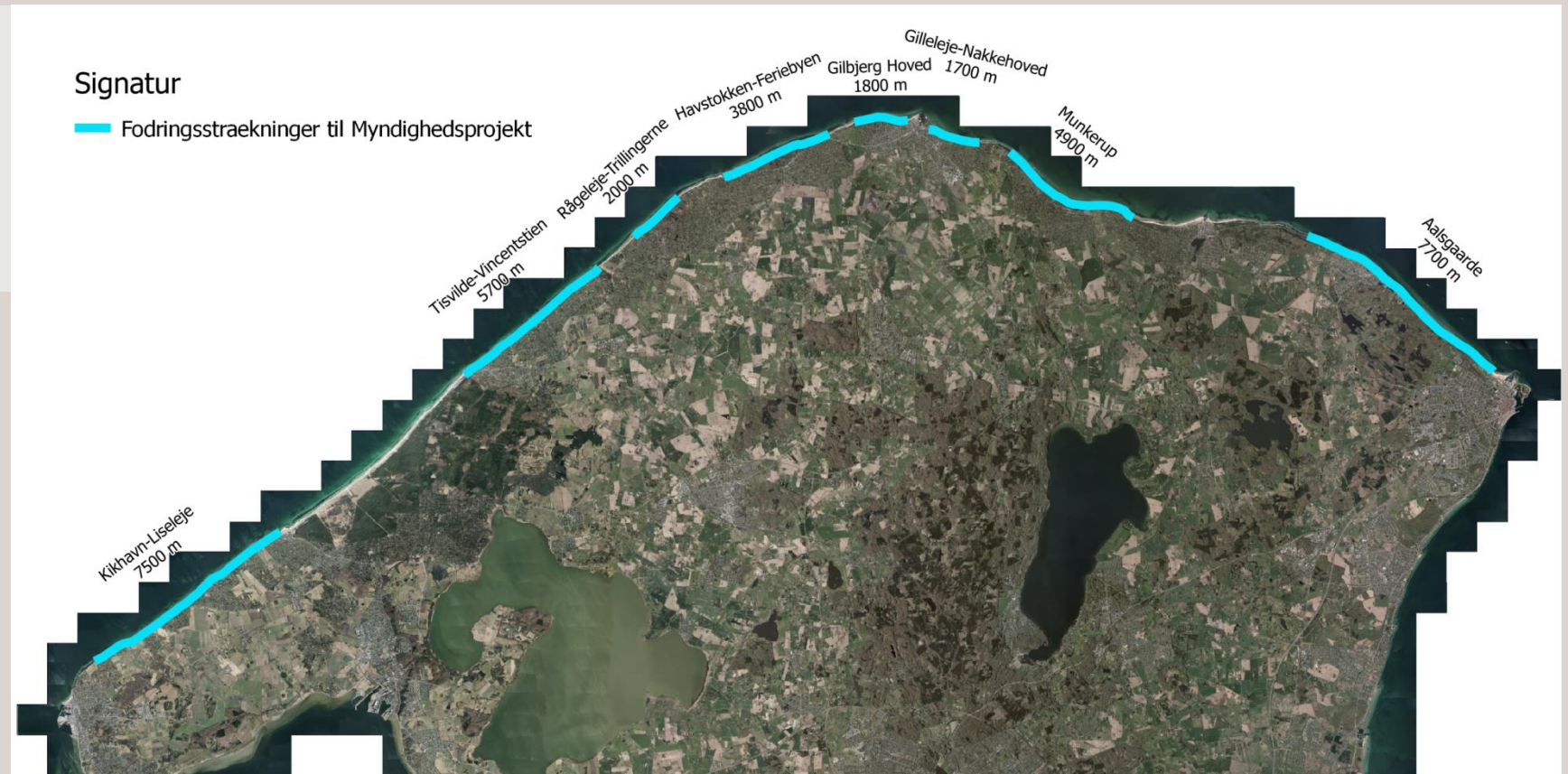
- Skråningsbeskyttelser - 50 års storm nu og om 50 år
- Nye bølgebrydere, høfder, rev eller flak på **udsatte strækninger**
- Oprydning og renovering af nedslidt og utilstrækkelig hård kystbeskyttelse



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt Kystbeskyttelsesstrategi

- Fodringsstrækninger
- I alt 35 km



# NKF Myndighedsprojekt

Myndighedsprojekt  
Strandfodring på Nordkysten i dag

*Liseleje*



*Hornbæk*



*Hellebæk*



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Fælles strandfodring (Nordkystens Fremtid - Myndighedsprojekt)

- Visualisering af strandfodring ved Hald Strand (Halsnæs Kommune)



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Fælles strandfodring (Nordkystens Fremtid - Myndighedsprojekt)

- Visualisering af strandfodring ved Feriebyen (Gribskov Kommune)





# NKF Myndighedsprojekt

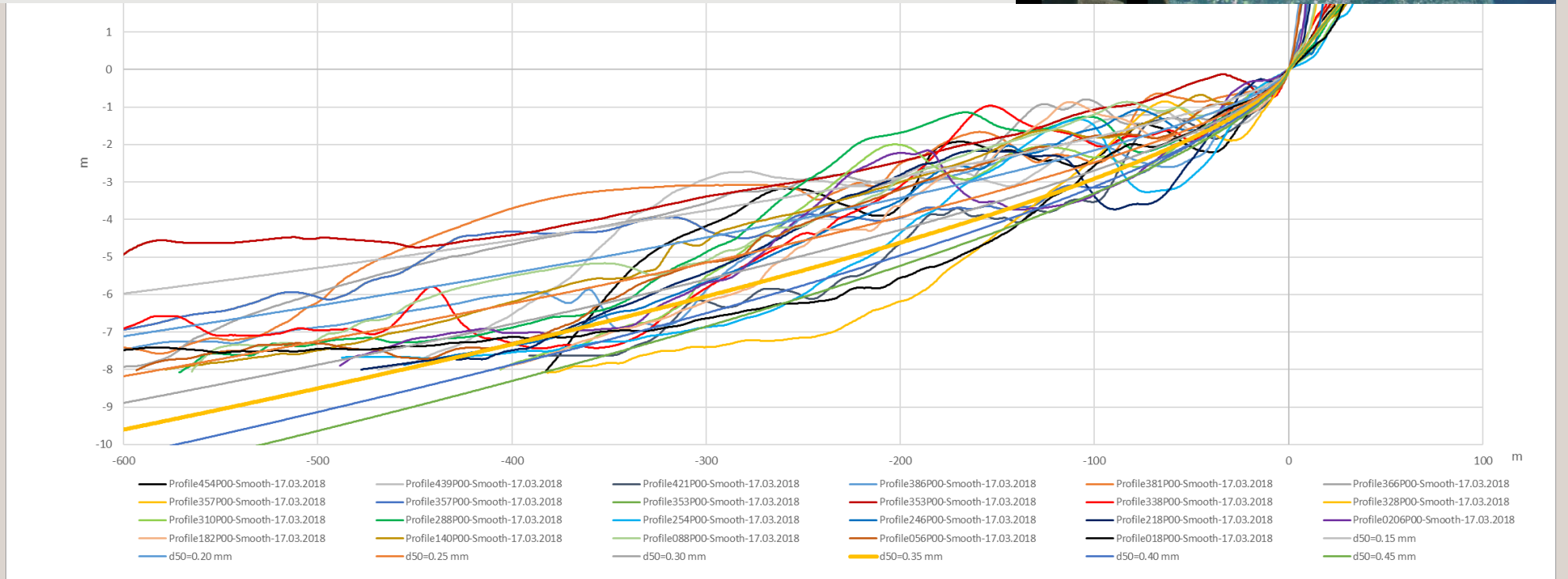
## Myndighedsprojekt

Inspiration til opgradering af hård kystbeskyttelse langs **bebyggede og udsatte strækninger** af Nordkysten (Grundejerne)



# NKF Myndighedsprojekt

- Myndighedsprojekt  
Strandfodringsmængder
- Kystprofiler
  - Ligevægtskystprofiler



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder

- Specifikation af strandfodringsmateriale: Sand, grus og ral

*Foreløbige tal*

### Sandfraktion

$0,35 \text{ mm} < d_{50} < 0,60 \text{ mm}$

$1,5 < u < 3,0$ , hvor  $u = d_{60}/d_{10}$

Fin-sand ( $d < 0,2 \text{ mm}$ )  $<$  ca. 2%

$60\% <$  sand og grus  $<$  80%

### Grus/ralfraktion

$10 \text{ mm} < d_{50} < 100 \text{ mm}$

$20\% <$  grus og ral  $<$  40%

### Marin oprindelse

Ingen organisk materiale og kalk

Tilsvarende naturligt sediment på Nordkysten



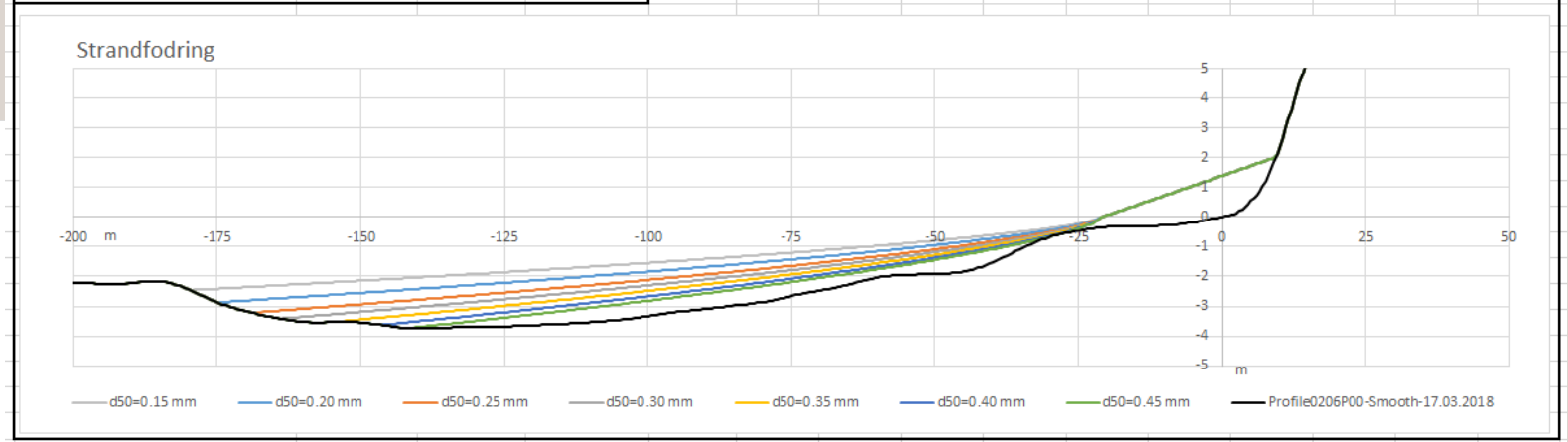
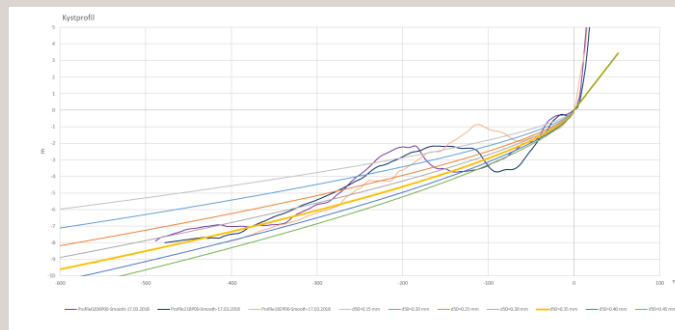
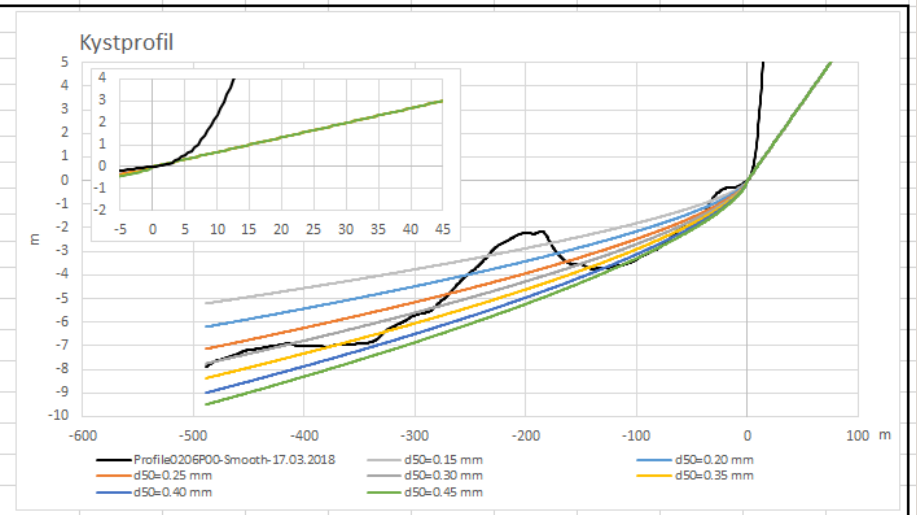
# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder

- Minimumskystprofil
- Beskyttelse mod akut erosion
- Tisvilde - Vejby

Kystprofil og strandfodring			
Profile0206P00-Smooth-17.03.2018			
Placering af 0m linje	977	Grid	
Hældning af fodring på stranden	15	1/x m	
Bredde af strandfodring ved vandlinje	21	m	
Maksimal bredde af fodring under vandet	-200	m	
Maksimal niveau af strandfodring	3.8	m	
Maksimal tykkelse af fodring	1.44	m	
Maksimal højde af fodring	2.00	m	
Ligevægtsprofiler	Dean konstant	Hældning	Strandfodring
$d_{50}$	A	B	m <sup>3</sup> /m
$d_{50}=0.15$ mm	0.084	15	237
$d_{50}=0.20$ mm	0.1	15	193
$d_{50}=0.25$ mm	0.115	15	154
$d_{50}=0.30$ mm	0.125	15	130
$d_{50}=0.35$ mm	0.135	15	108
$d_{50}=0.40$ mm	0.145	15	88
$d_{50}=0.45$ mm	0.153	15	73



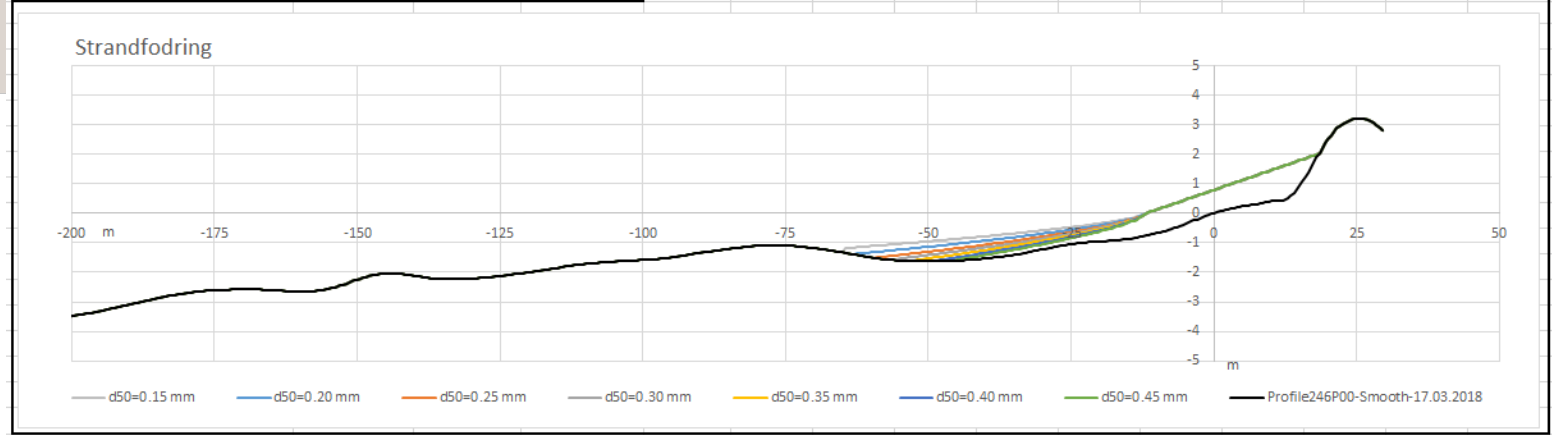
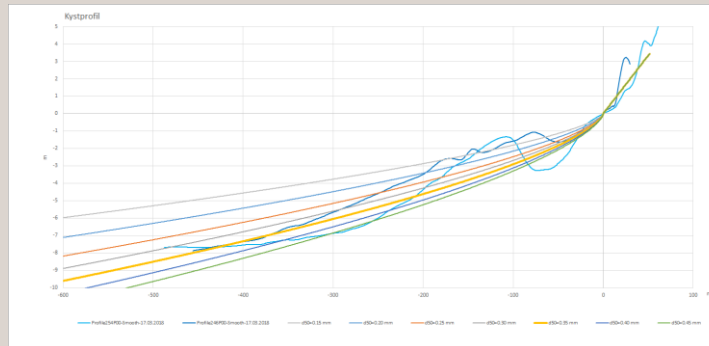
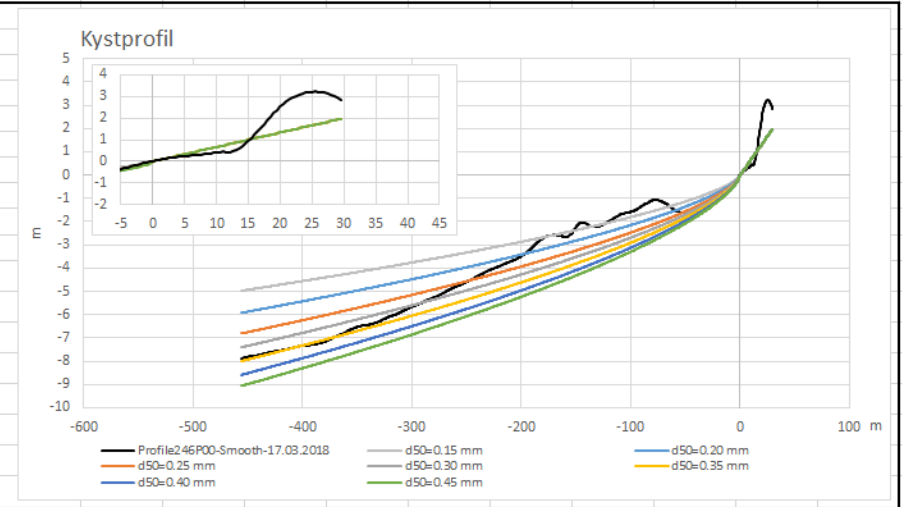
# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder

- Minimumskystprofil
- Beskyttelse mod akut erosion
- Rågeleje

Kystprofil og strandfodring			
Profile246P00-Smooth-17.03.2018			
Placering af 0m linje	911	Grid	
Hældning af fodring på stranden	15	1/x m	
Bredde af strandfodring ved vandlinje	12	m	
Maksimal bredde af fodring under vandet	-65	m	
Maksimal niveau af strandfodring	3.5	m	
Maksimal tykkelse af fodring	1.18	m	
Maksimal højde af fodring	2.00	m	
Ligevægtsprofiler			
	Dean konstant	Hældning	Strandfodring
d <sub>50</sub>	A	B	m <sup>3</sup> /m
d <sub>50</sub> =0.15 mm	0.084	15	58
d <sub>50</sub> =0.20 mm	0.1	15	51
d <sub>50</sub> =0.25 mm	0.115	15	45
d <sub>50</sub> =0.30 mm	0.125	15	42
d <sub>50</sub> =0.35 mm	0.135	15	39
d <sub>50</sub> =0.40 mm	0.145	15	36
d <sub>50</sub> =0.45 mm	0.153	15	34

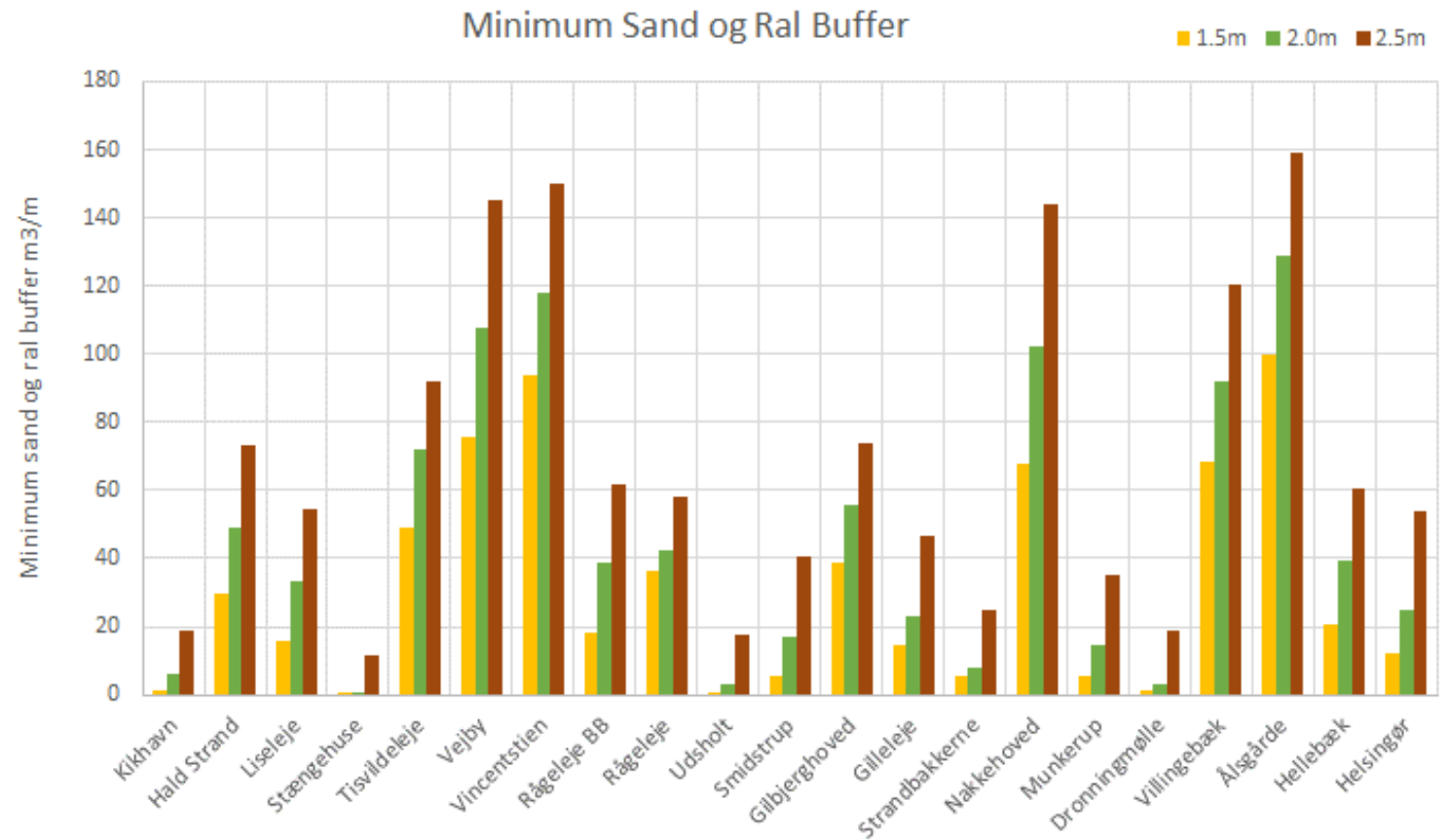


# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder

- Minimumsmængde
- Beskyttelse mod akut erosion



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder

- Beskyttelse mod kronisk erosion
- **110.000 m<sup>3</sup>/år**

### Plus:

- Udglatning af ender af fodringsstrækninger
- Kompensation for havspejlsstigning

Fodringsområde	Længde (m)	Årligt tab - kronisk (m <sup>3</sup> /år/m)	Anbefalet fodringsrate (m <sup>3</sup> /år)
Kikhavn – Liseleje	7.500	3,7	28.000
Tisvilde – Vincent st.	5.600	3,7	21.000
Rågeleje – Trillingerne	2.000	3,7	7.500
Havstokken – Feriebyen	3.600	3,7	13.500
Gilbjerghoved	1.800	11	20.000
Gilleleje – Nakkehoved	2.000	0,5	1.000
Munkerup	4.800	1,3	6.500
Ålsgårde	7.700	1,5	12.000

*Foreløbige tal*

# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Tilstandsvurdering med strandfodring

- Hald Strand
- Eksisterende hård kystbeskyttelse **med** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*





# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Tilstandsvurdering med strandfodring

- Tisvildeleje – Vejby
- Eksisterende hård kystbeskyttelse **med** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*



# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Tilstandsvurdering med strandfodring

- Ålsgårde
- Eksisterende hård kystbeskyttelse **med** strandfodring – nu og om 50 år

*Foreløbige tal*

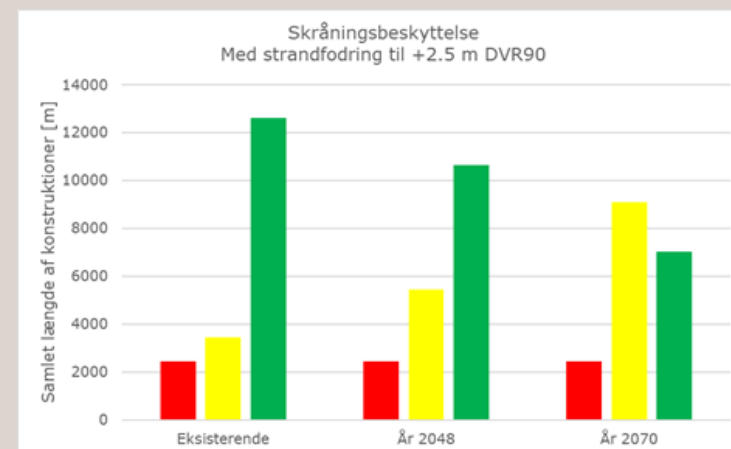
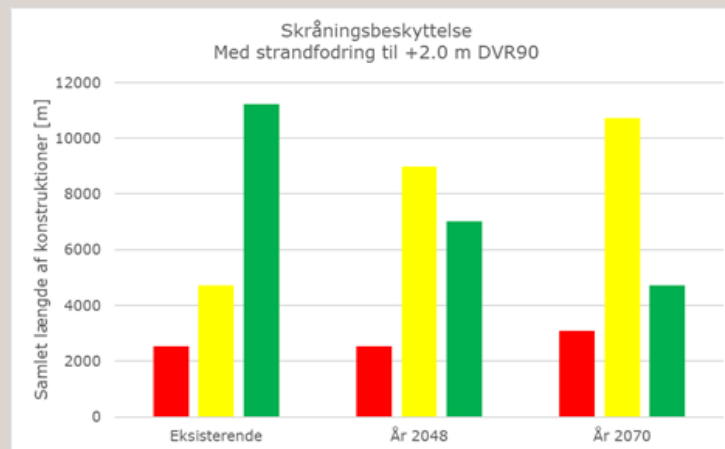
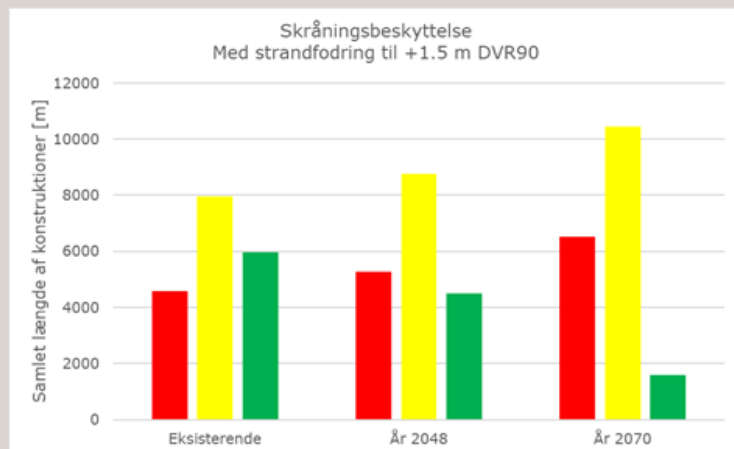
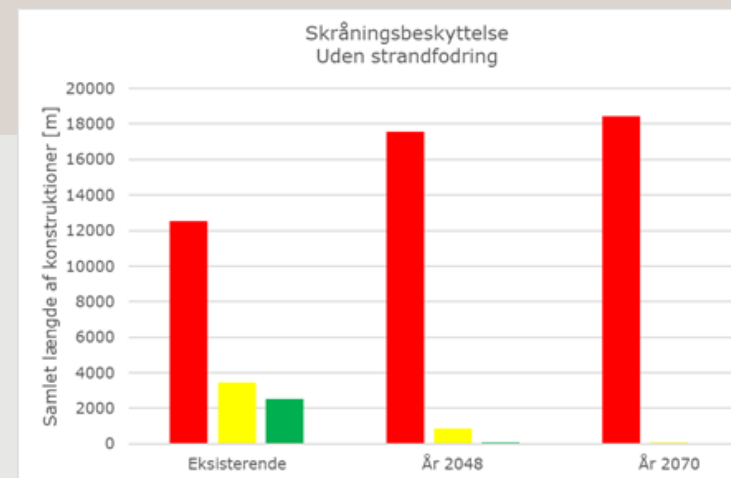


# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

Tilstandsvurdering med strandfodring

- Eksisterende skråningsbeskyttelser **med** strandfodring i dag, om 25 og 50 år
- Strandfodring vil forbedre kystbeskyttelseskonstruktionernes robusthed og kystteknisk virkning



*Foreløbige tal*

# NKF Myndighedsprojekt

## Myndighedsprojekt

### Strandfodringsmængder og anlægsoverslag

- Strandfodringsbuffer til beskyttelse af skråninger mod akut erosion
- Vedligeholdelsesfodring mod kronisk erosion
- Vedligeholdelsesfodring mod havspejlsstigning

<b>Foreløbige fodringsmængder</b>			
Strandfodringsbuffer foran skråningsbeskyttelser, m	1.5	2	2.5
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.15 mm	2,900,000	3,500,000	4,300,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.20 mm	2,100,000	2,700,000	3,500,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.25 mm	1,500,000	2,100,000	3,000,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.30 mm	1,300,000	1,900,000	2,700,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.35 mm	1,100,000	1,600,000	2,400,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.40 mm	900,000	1,500,000	2,300,000
Strandfodringsbuffer, m3 d50=0.45 mm	800,000	1,300,000	2,100,000
Foreløbig kompensation for kronisk erosion, m3/5år	500,000	500,000	500,000
Foreløbig kompensation for havspejlsstigning, m3/5år	230,000	230,000	230,000
<b>Foreløbige fodringsmængder</b>			
Initialfodring, m3	1,800,000	2,300,000	3,100,000
Vedligeholdelsesfodring, m3/5år	730,000	730,000	730,000
Vedligeholdelsesfodring, m3/år	146,000	146,000	146,000
<b>Foreløbig anlægsoverslag 50kr/m3 plus moms</b>			
Initialfodring, kr plus moms	90,000,000	115,000,000	155,000,000
Vedligeholdelsesfodring, kr/5år plus moms	36,500,000	36,500,000	36,500,000
Vedligeholdelsesfodring, kr/år plus moms	7,300,000	7,300,000	7,300,000

*Foreløbige tal*

# NKF Myndighedsprojekt

## Konklusion

Eksisterende kystbeskyttelse er generelt ikke tilstrækkelig (50 års storm i dag eller om 50 år)

Bedste kystbeskyttelse på Nordkysten

- **Kombination af strandfodring og skråningsbeskyttelse**

### Fælles strandfodring (Nordkystens Fremtid)

- Strandfodring langs **alle bebyggede grunde med kystbeskyttelsesbehov**
- Strandfodring langs **8 længere strækninger**
- Strandfodring til sikring af **minimumshøjde mod akut erosion** foran skråningsbeskyttelser
  - **Initial strandfodring**
  - **Vedligeholdelsesfodring hvert 5 år**
    - Kompensation for kronisk erosion og havspejlsstigning
- Fodringsmateriale svarer til **naturligt sediment** (Sand  $0,35\text{mm} < d_{50} < 0,6\text{mm}$ , grus og ral 20-40%)

Inspiration til opgradering af **hård kystbeskyttelse (Grundejerne)**

- Skråningsbeskyttelser (50 års storm nu og om 50 år)
- Nye bølgebrydere, hølfer, rev eller flak **på udsatte strækninger**
- Oprydning og renovering af nedslidt og utilstrækkelig hård kystbeskyttelse

Strandfodring vil **forbedre kystbeskyttelseskonstruktionernes robusthed og kysttekniske virkning**

GIS database bliver offentligt tilgængelig med tilstandsvurdering og baggrundsdata

# RÅGELEJE GENERALFORSAMLING

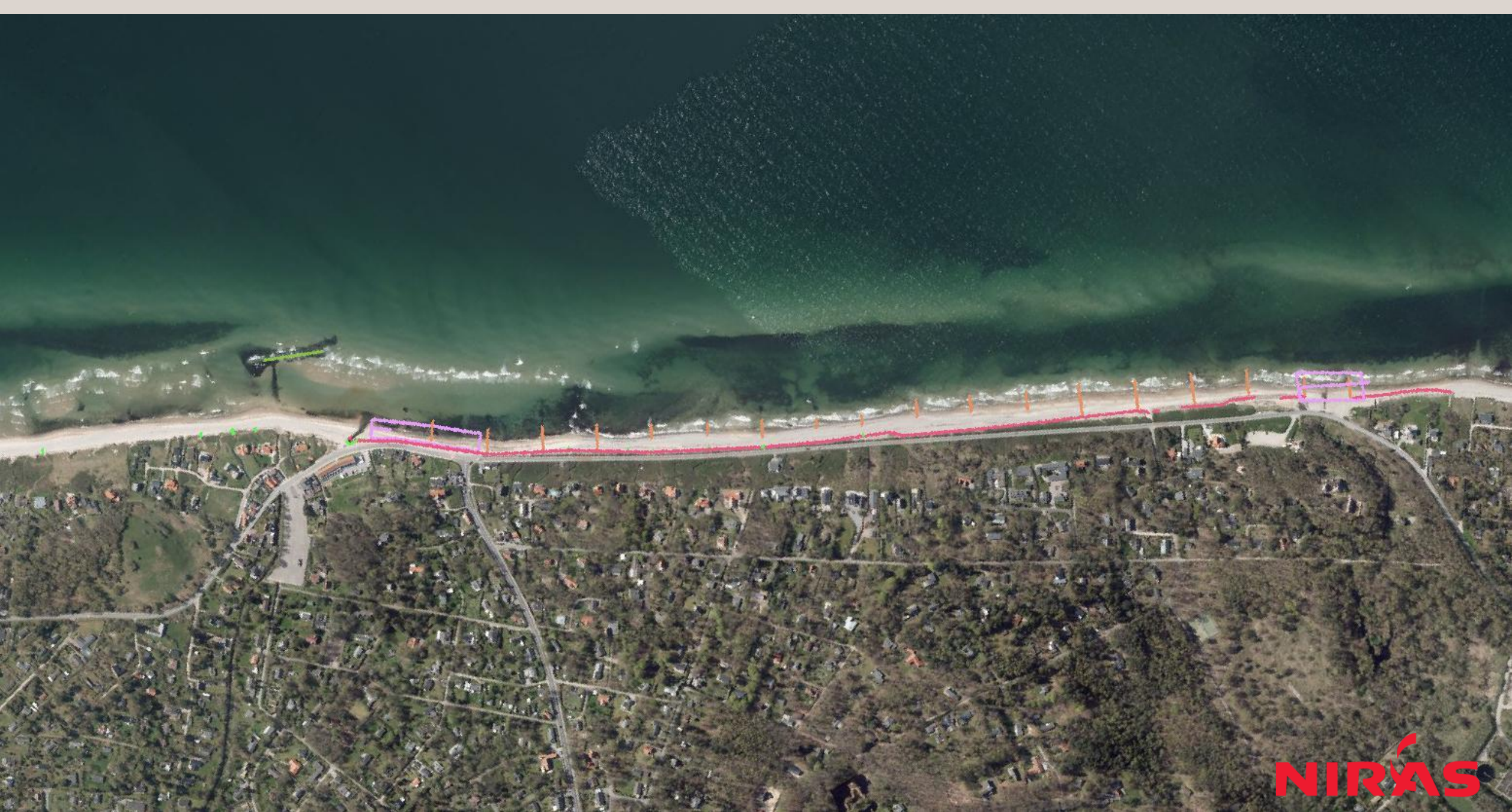
## Nordkystens Fremtid

### For- og Myndighedsprojekt

**NIRÅS**



**HASLØV & KJÆRSGAARD**



**NIRÁS**