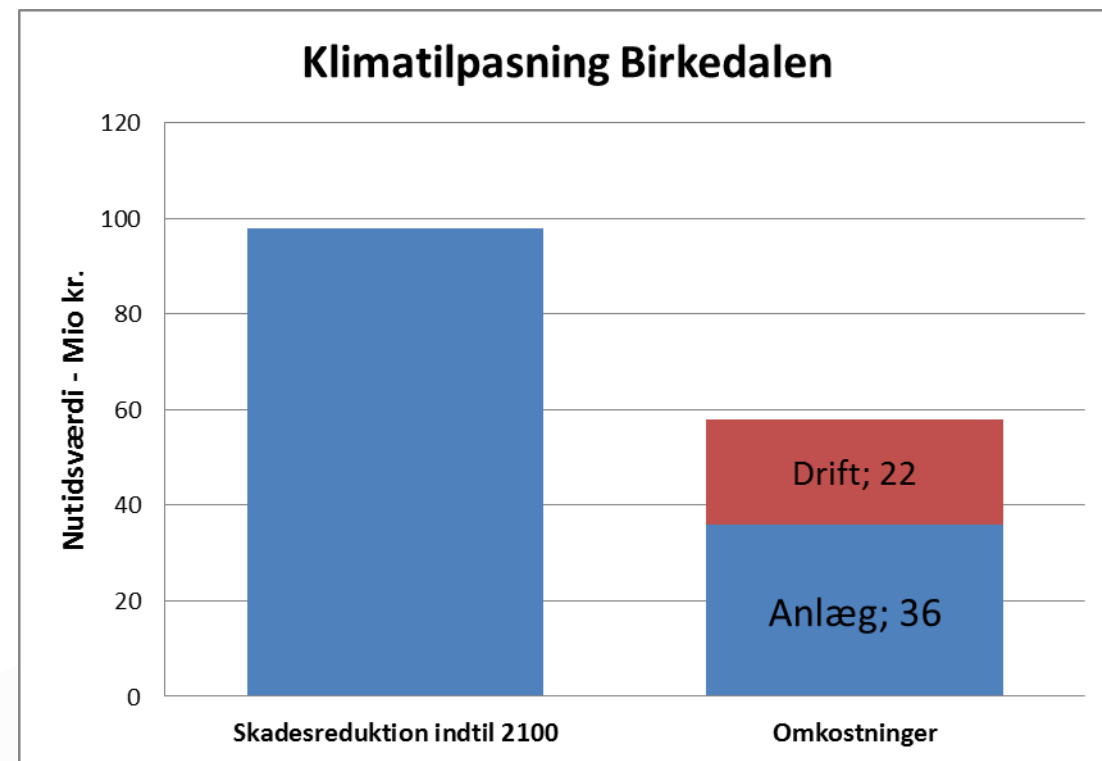
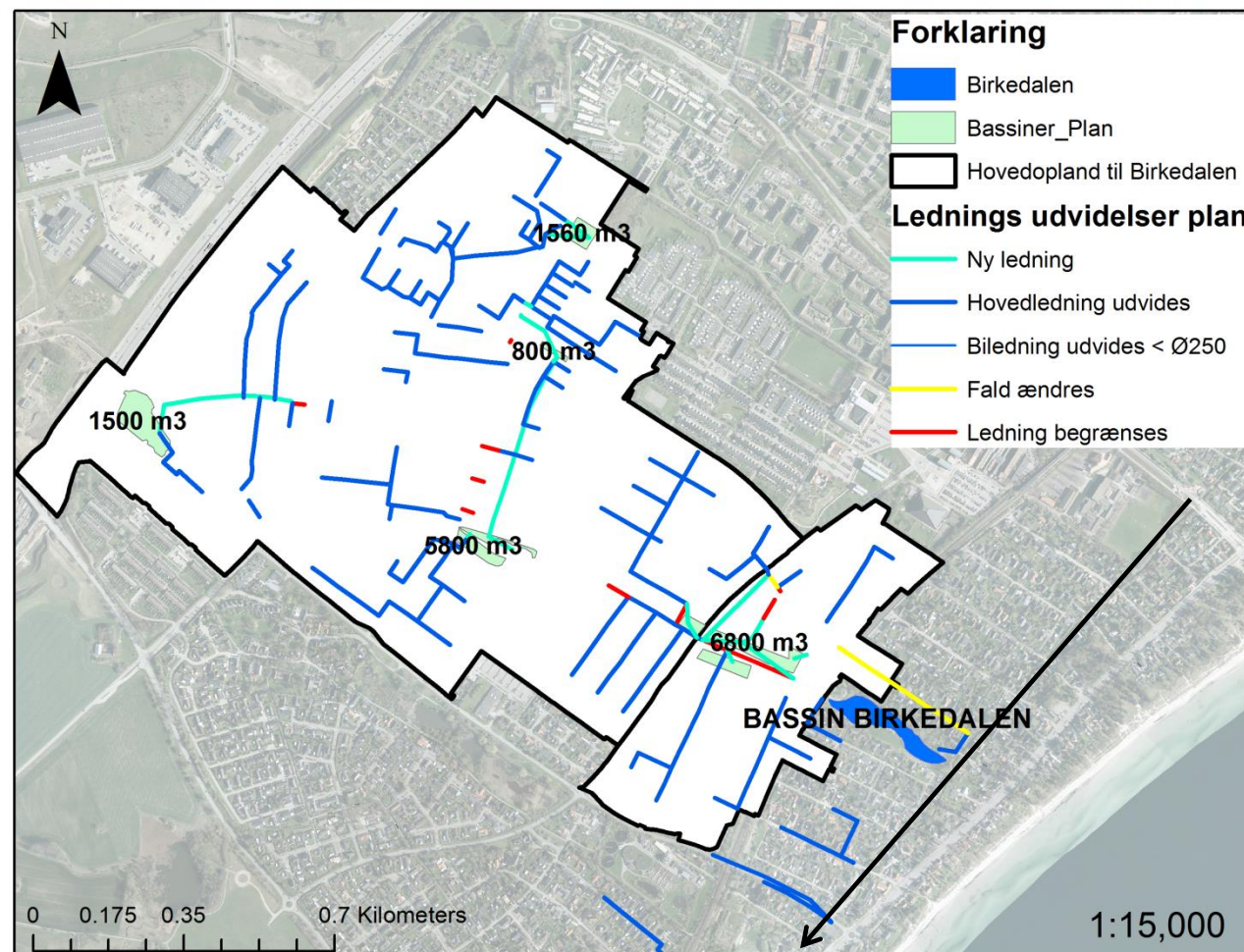


# Metode til skadesrisikovurdering af klimatilpasning og skybrudssikring

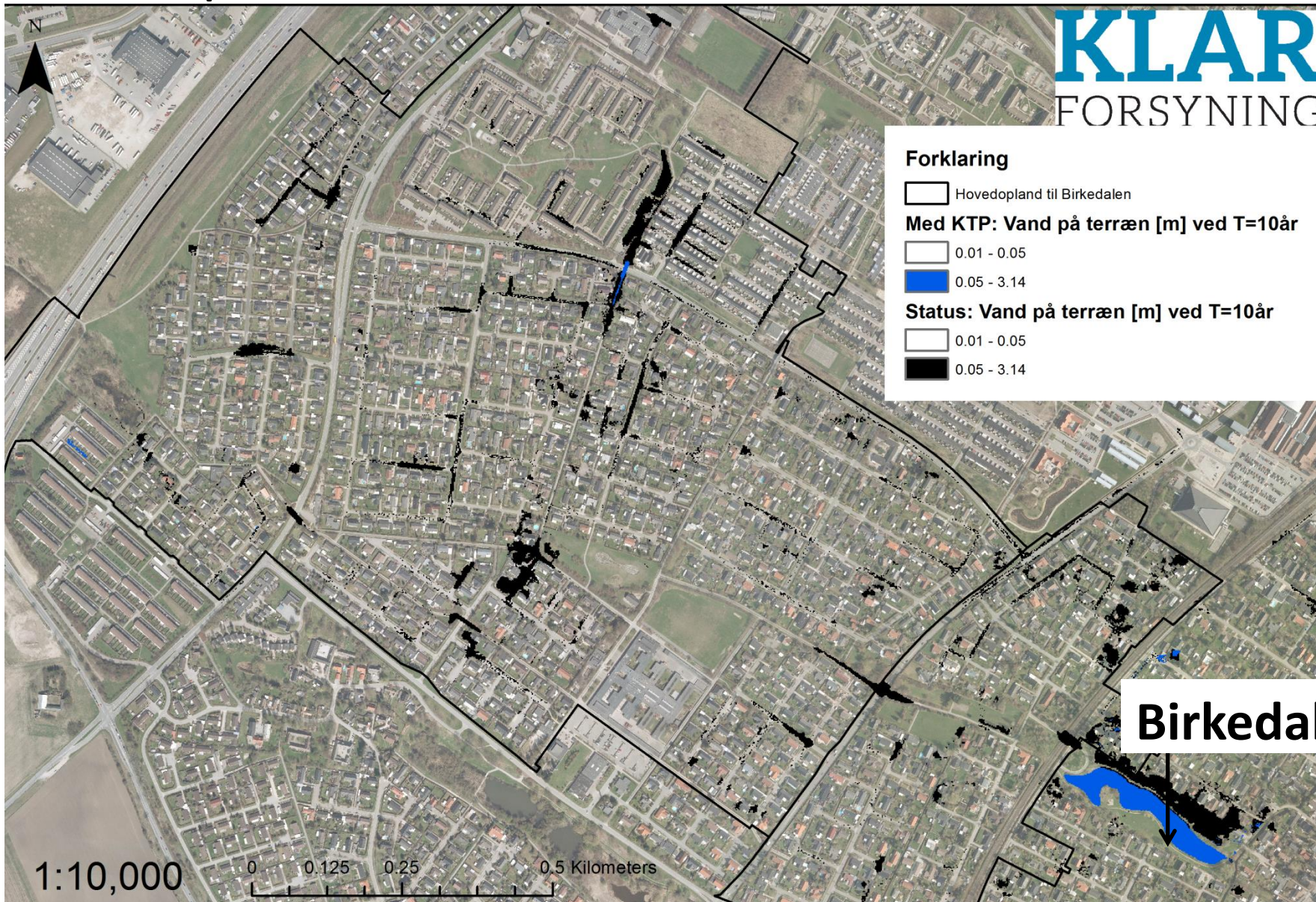
-Eksempel Birkedalens opland 165ha, Greve Strand



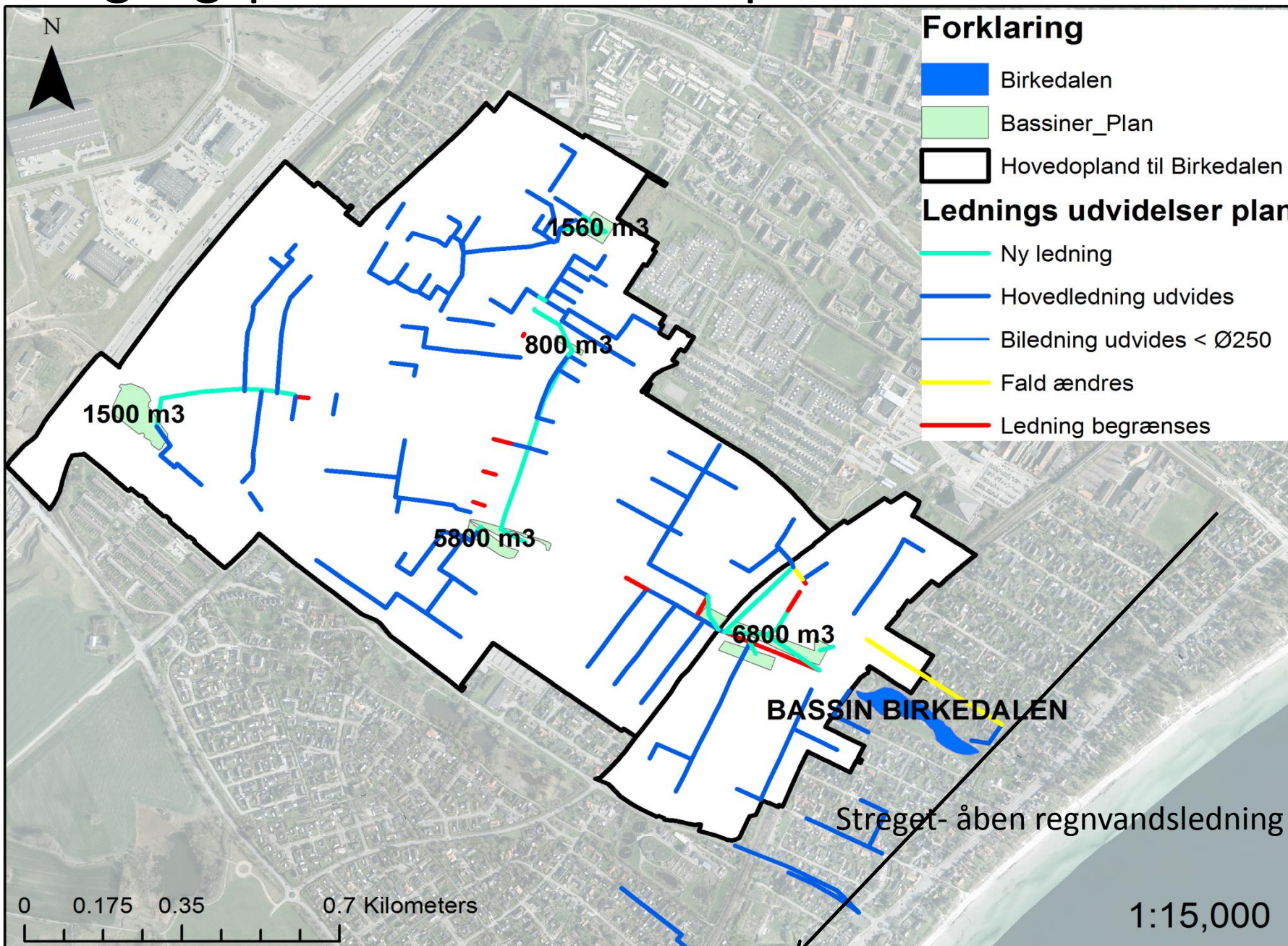
# Udgangspunkt Birkedalens opland

-vand på terræn for T=10år K.F. 1.3 – Serviceniveau 10 år

**KLAR**  
FORSYNING



# Udgangspunkt Birkedalens opland



## Området:

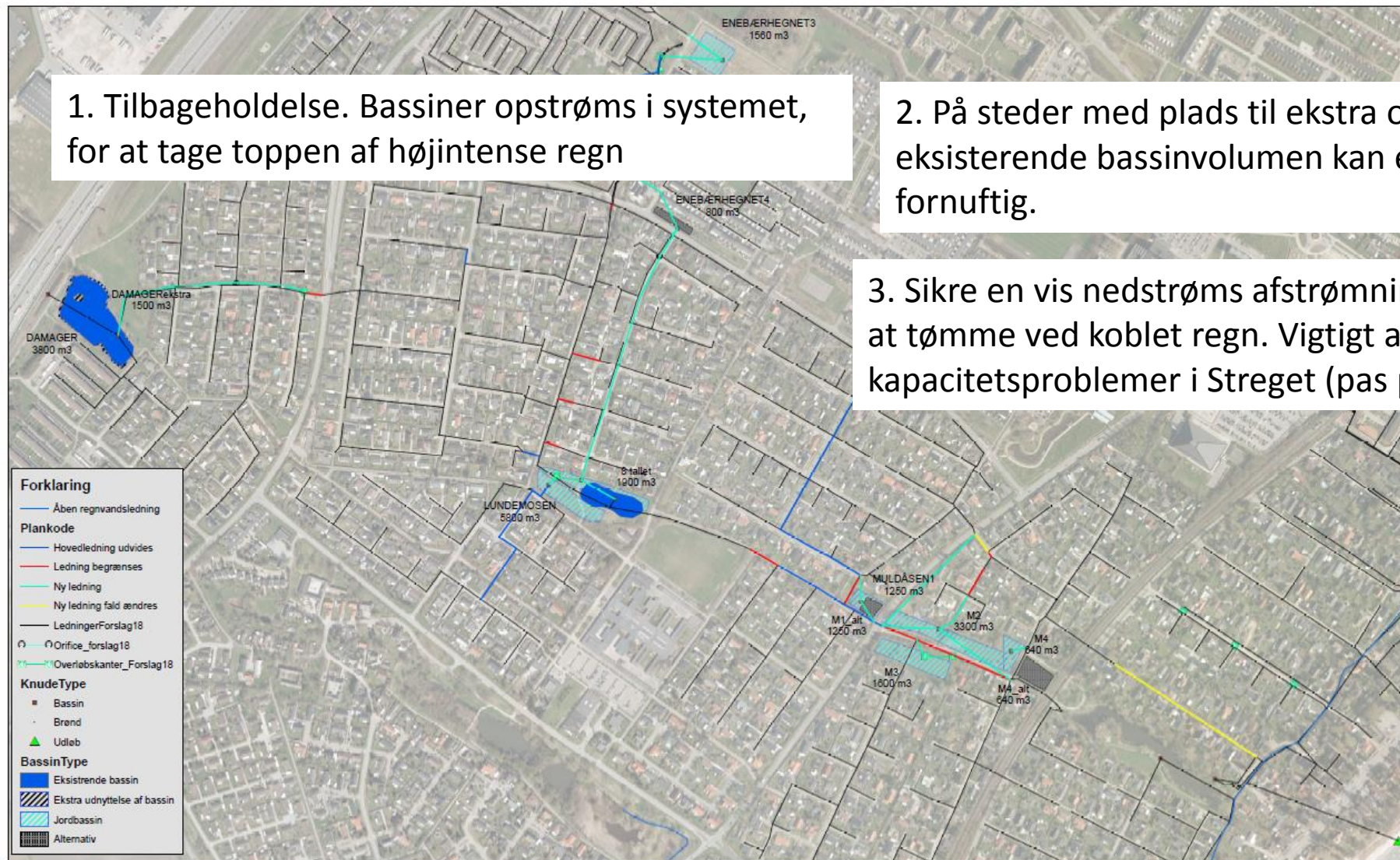
- 165ha parcelhuse (2 skoler)
- 72red.ha opgjort fuldt areal af tage og veje (FOT) – Bef.grad 0.40
- Nyt bassinvolumen: 15.000m<sup>3</sup>
- Nuværende bassinvolumen cirka 10.000m<sup>3</sup>.
- Ledningsudvidelser
- Omkostninger cirka 36 mio. kr.

# Birkedalens opland- klimatilpasning principper

1. Tilbageholdelse. Bassiner opstrøms i systemet, for at tage toppen af højintense regn

2. På steder med plads til ekstra opstuvning i eksisterende bassinvolumen kan en drosling være fornuftig.

3. Sikre en vis nedstrøms afstrømningskapacitet, så bassinerne kan nå at tømme ved koblet regn. Vigtigt at KTP opstrøms ikke skaber kapacitetsproblemer i Streget (pas på A1 og A2)



Hydraulisk skitseprojekt  
Klimatilpasning Birkedalen

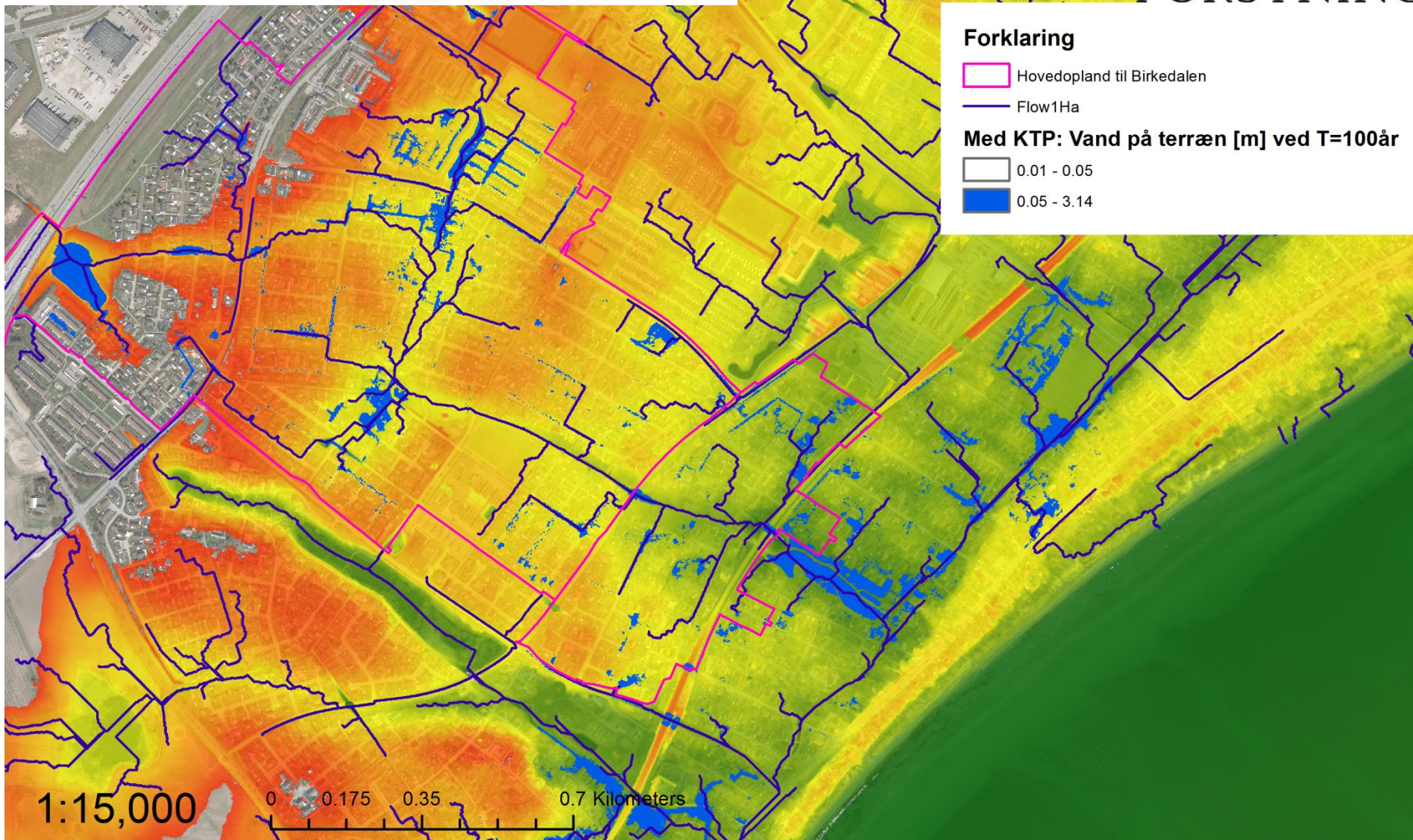
0 0.1 0.2 0.4 Kilometers

Drawn By:	ABB
Date:	20/4/2015
Approved:	
Scale:	1:4,000

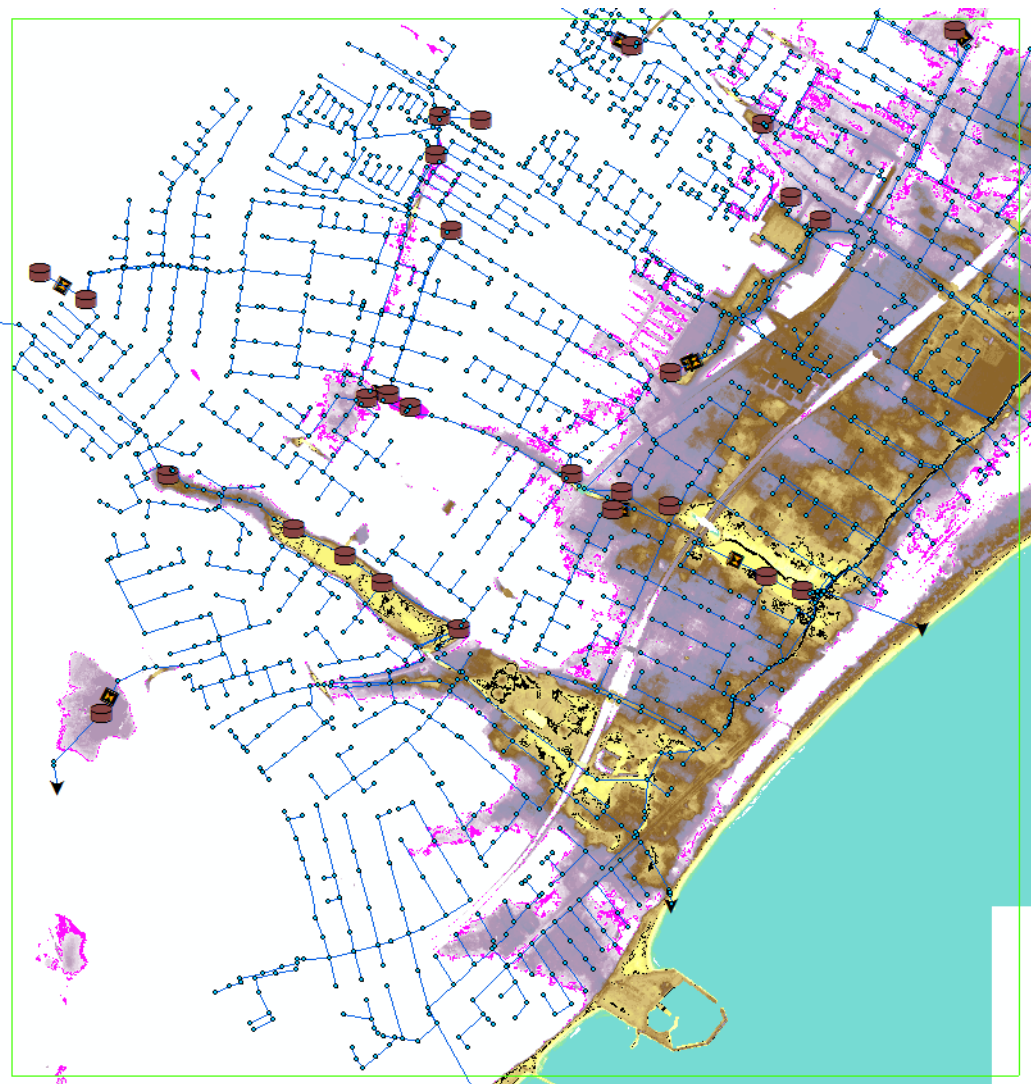
# Birkedalen skybrudssikring?

Skybrudssikring: Strømningsveje langs historiske vandløbstracer, lavninger i terrænet

Byplan: historiefortælling langs nyt stiforløb

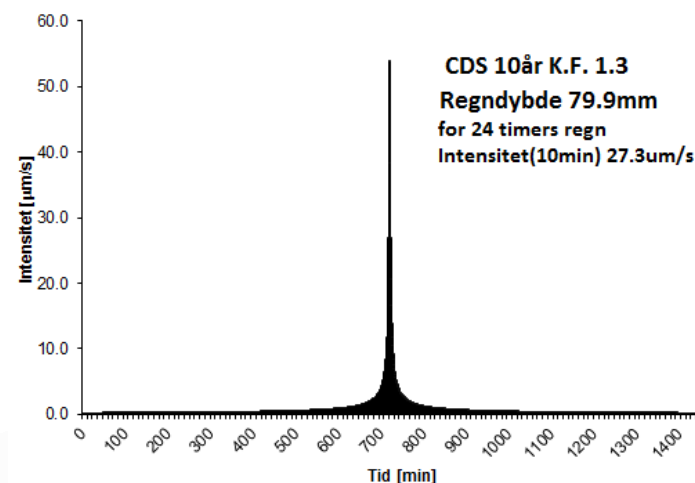


# Birkedalen-oversvømmelsesberegninger



- Hydraulisk model. Hele Stregets opland
- Koblet til modificeret højdemodel (DHM 1.6x1.6m)
- Antagelse regn: Stor nedbør dybde overalt i oplandet
- Regn til dimensionering

	Beregningsscenarier				
Gentagelsesperiode [år]	10	20	50	100	1000
Klimafaktor	1,3	1,31	1,35	1,4	1,4



## Birkedalen-oversvømmelsesberegninger

- Konsekvens af klimatilpasning: reduceret oversvømmelse
- T=10år KF. 1.3 oversvømmelse helt væk



**Forklaring**

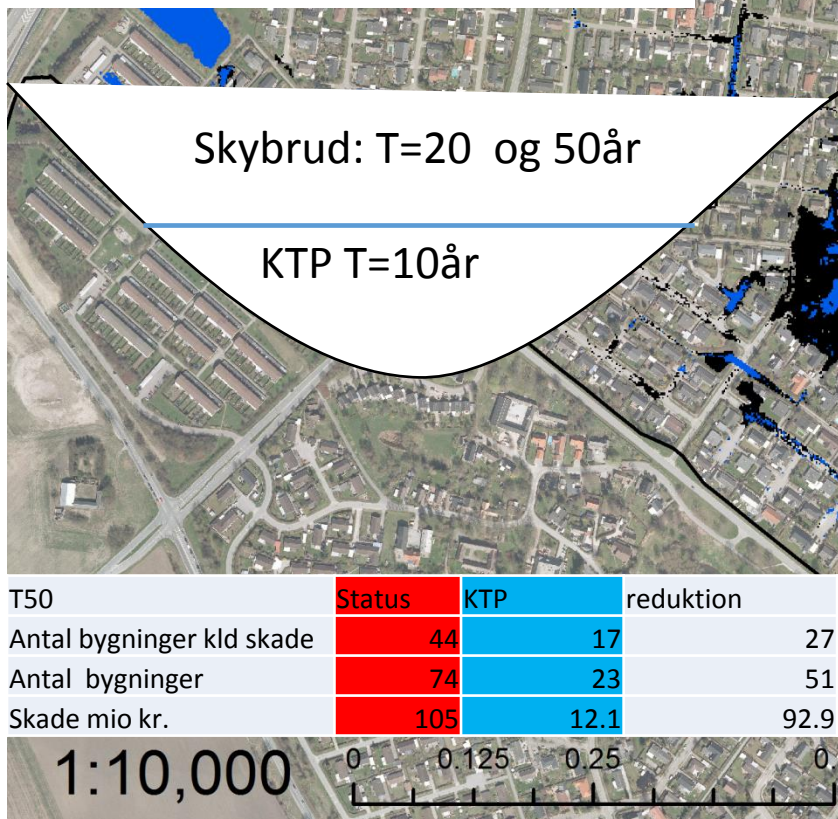
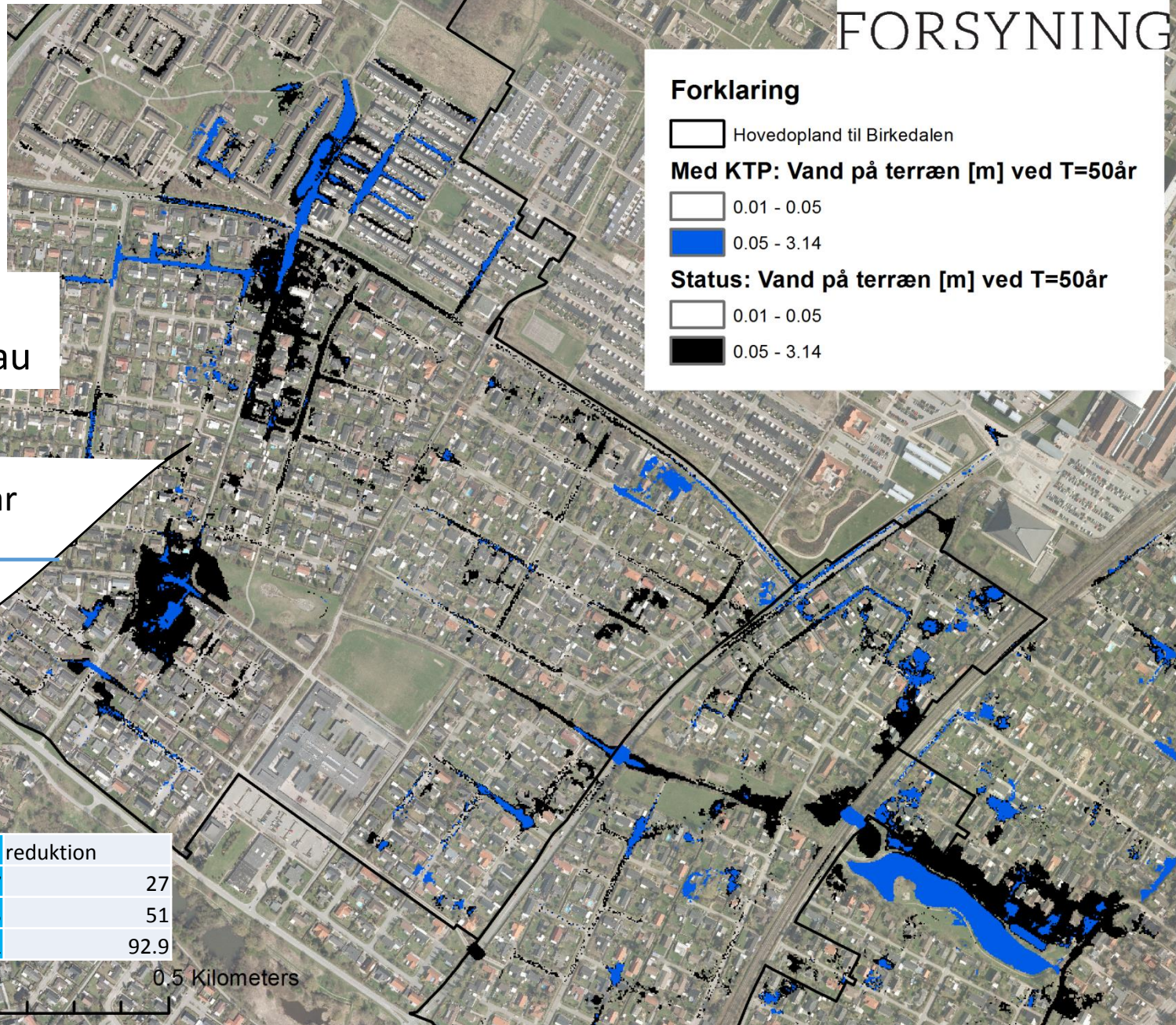
Hovedopland til Birkedalen  
**Med KTP: Vand på terræn [m] ved T=10år**  
 0.01 - 0.05  
 0.05 - 3.14  
**Status: Vand på terræn [m] ved T=10år**  
 0.01 - 0.05  
 0.05 - 3.14

T10	Status	KTP	reduktion
Antal bygninger kld skade	30	0	30
Antal bygninger	35	0	35
Skade mio kr.	39.4	0	39.4

1:10,000      0    0.125    0.25    0.5 Kilometers

## Birkedalen-oversvømmelsesberegninger

- Konsekvens af klimatilpasning: reduceret oversvømmelse
- betragtelig reduktion af oversvømmelsens udbredelse ved de mindre skybrud 50 år (og 20 år)
- Jordbassiner: plads til en vis mængde skybrudsvand over T=10år stuvningsniveau

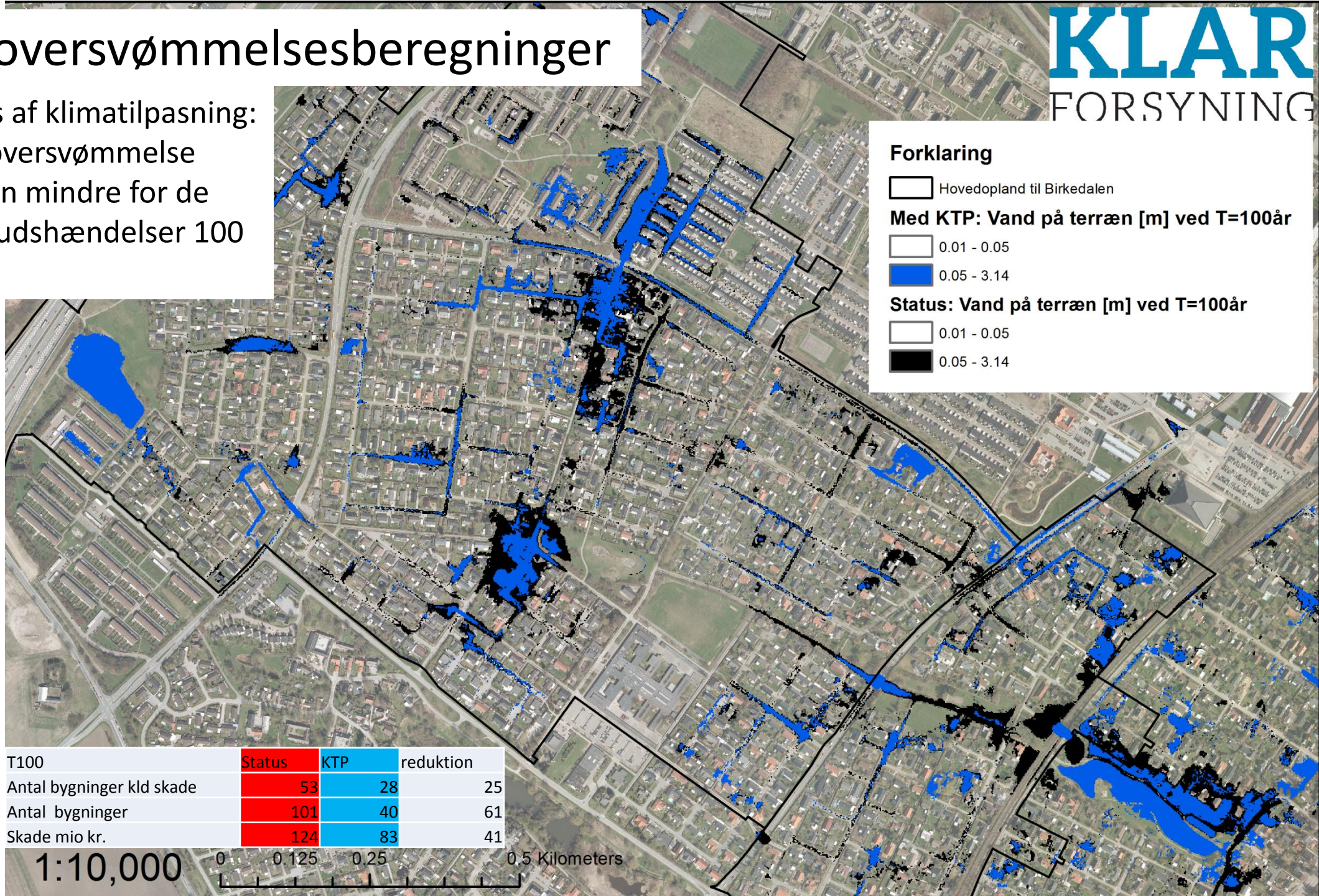


T50	Status	KTP	reduktion
Antal bygninger kld skade	44	17	27
Antal bygninger	74	23	51
Skade mio kr.	105	12.1	92.9



## Birkedalen-oversvømmelsesberegninger

- Konsekvens af klimatilpasning: reduceret oversvømmelse
- Reduktionen mindre for de store skybrudshændelser 100 og 1000 år.



**Forklaring**

Hovedopland til Birkedalen

**Med KTP: Vand på terræn [m] ved T=100år**

0.01 - 0.05  
 0.05 - 3.14

**Status: Vand på terræn [m] ved T=100år**

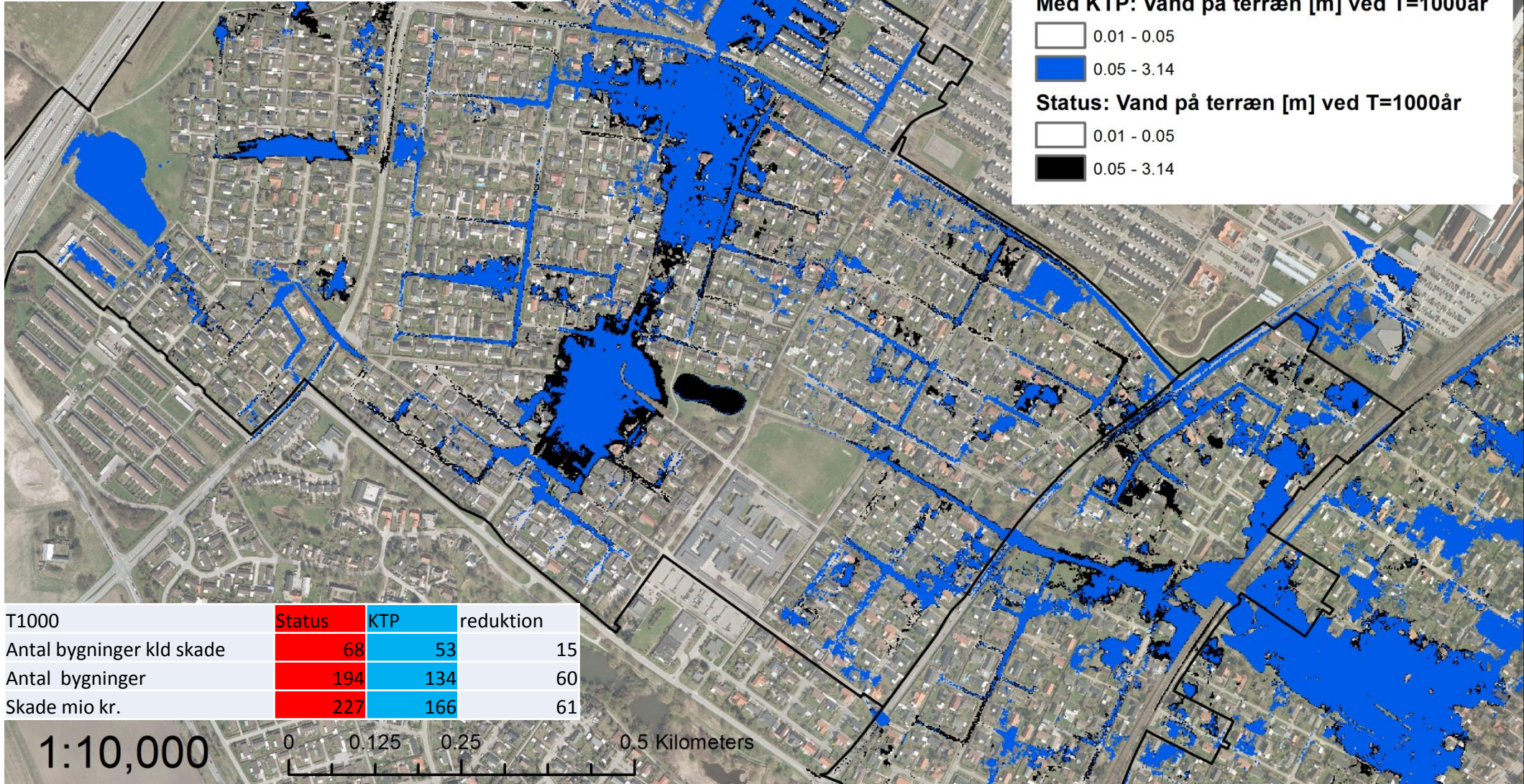
0.01 - 0.05  
 0.05 - 3.14

T100	Status	KTP	reduktion
Antal bygninger kld skade	53	28	25
Antal bygninger	101	40	61
Skade mio kr.	124	83	41

1:10,000 0 0.125 0.25 0.5 Kilometers

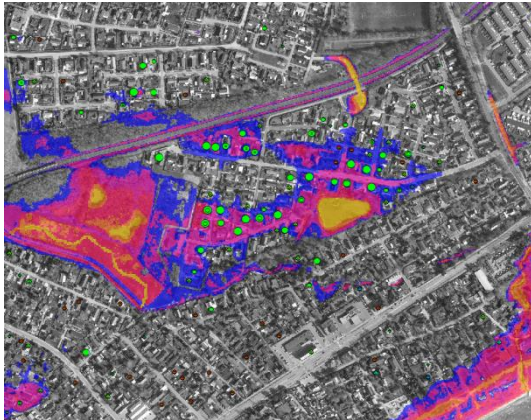
## Birkedalen-oversvømmelsesberegninger

- Konsekvens af klimatilpasning:  
v. T=1000år begrænset reduceret oversvømmelse  
Store skader men de sker meget sjældent



# Metode skadesrisikovurdering

-Fastsættelse af skadesværdier. Greve erfaringstal



- Høje skadestil 2000-6000 i forhold til 1000kr./m<sup>3</sup>. I Greve bliver vandet fanget med lang opholdstid. Gamle moser bag strandvolde.
- Lavere skade hvis oversvømmelsen løber hurtigt væk igen

Udpluk i forhold til vanddybden viser  
1,25 mio. for vst. Større end 40 cm  
0,5 mio. for vst. Mellem 20 og 40 cm  
0,1 mio. for kældre (Tune)

Forsikrings og pensionsdata:

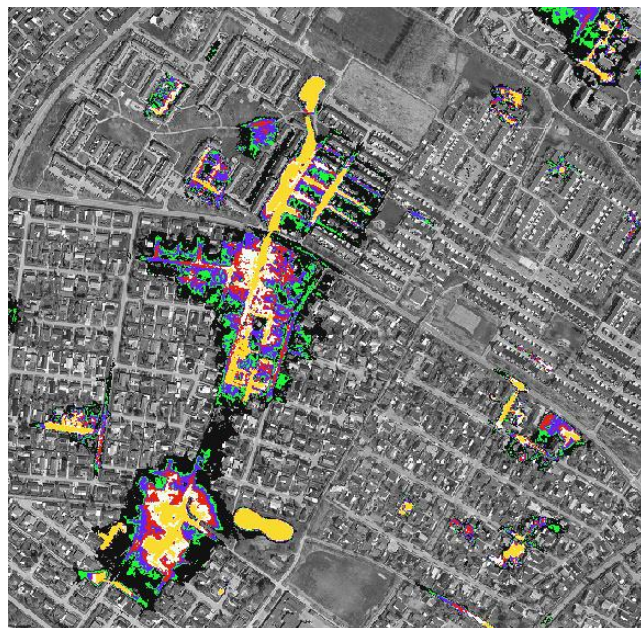
Vandstand på terræn	Skadeomkostning DKR/bygning	Skadeomkostning DKR/m <sup>2</sup>	Skadeselementer
over 40 cm	1,25 mio	6250	Bygning
20-40 cm	0,5 mio	2500	Bygning
over 0 cm	0,1 mio	500	Kælder

OBS: m<sup>2</sup> pris i forhold til bygningspolygon!

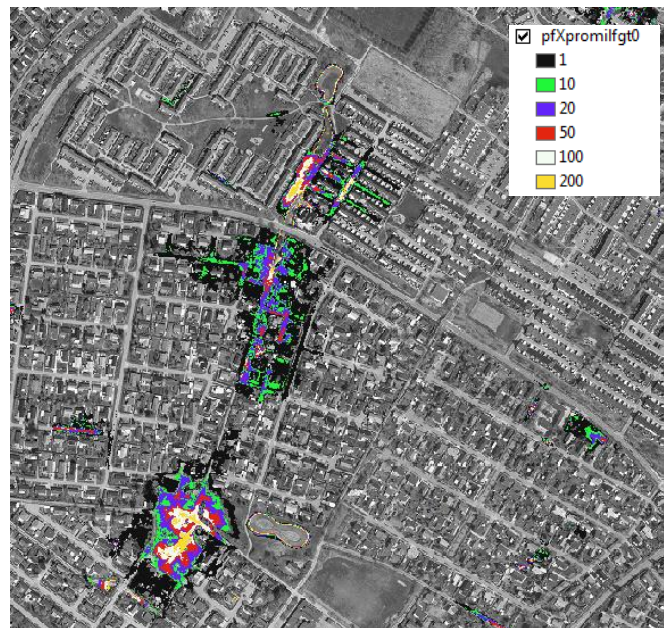
		Skadeomkost	Skadeomk_1	Samlet_udb
alle	5. - 6. juli 2007	772461,381	241597,77	713087,6429
Med kælder	5. - 6. juli 2007	573270,5	248583,6	544000,0769
uden kælder	5. - 6. juli 2007	819329,8235	238271,19	764207,1395

# Metode skadesrisikovurdering – GIS øvelse

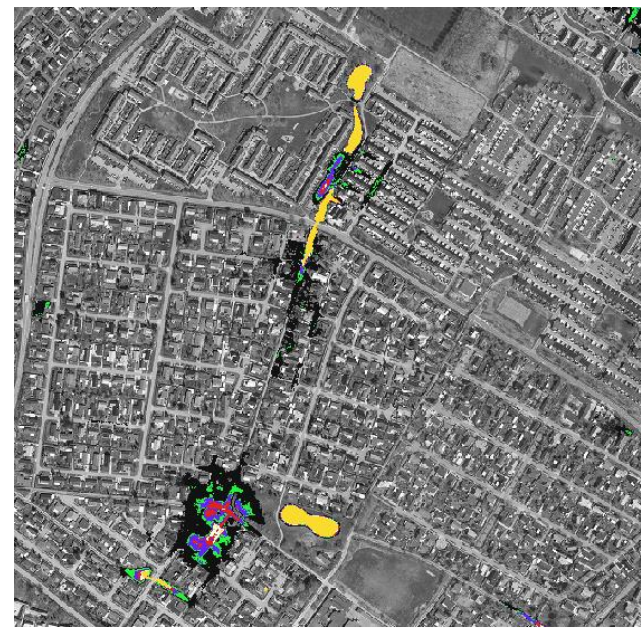
- Opsplitning af oversvømmelseskortene (T=10,20,50,100 og 1000) i 3 dybde intervaller
- Samling af T=10,20,50,100 og 1000år i 3 dybde intervaller- som vist nedenfor
- Raster konverteres til polygoner for at kunne udføre GIS operationer



Alle dybder (>0m)  
Kælderskade 500kr./m<sup>2</sup>



Dybder mellem 20 og 40 cm  
2500 kr./m<sup>3</sup>



Dybder over 40 cm  
6250 kr./m<sup>3</sup>

# Metode skadesrisikovurdering

- Forbered bygningslag:
- Beregn bygningspolygonernes areal
- Mærk bygninger større end 50m<sup>2</sup> – skure fjernes
- Mærk bygninger med "kælder" fra matrikelkort



Byg_PFgt40_all			
FID	Shape	Area	Kaelder
23	Polygon	158	1 0
25	Polygon	133	1 0
177	Polygon	235	1 0
180	Polygon	237	1 0
205	Polygon	221	1 0
208	Polygon	1356	1 1
220	Polygon	145	1 0
221	Polygon	217	1 0
222	Polygon	171	1 0
227	Polygon	201	1 0
254	Polygon	62	1 0
255	Polygon	342	1 0
259	Polygon	146	1 0
262	Polygon	290	1 0
265	Polygon	76	1 0
269	Polygon	332	1 1
271	Polygon	174	1 0
300	Polygon	198	1 0
439	Polygon	140	1 0
440	Polygon	182	1 1
459	Polygon	142	1 0
483	Polygon	276	1 0
527	Polygon	212	1 0
678	Polygon	558	1 0
727	Polygon	231	1 0
730	Polygon	260	1 0
731	Polygon	134	1 1
751	Polygon	198	1 0
752	Polygon	164	1 0
757	Polygon	83	1 1
760	Polygon	64	1 1
771	Polygon	185	1 0
773	Polygon	203	1 0
782	Polygon	1884	1 1
796	Polygon	2068	1 1
837	Polygon	60	1 1
848	Polygon	245	1 1
853	Polygon	199	1 0
854	Polygon	211	1 0

Generelt værdisætning: kun bygninger. Det vil vise sig skadesrisiko-reduktionen langt overgår anlægsomkostningerne i Birkedalen. Prissætning af bløde værdier bliver flødeskum på lagkagen

# Metode skadesrisikovurdering

- Stempling af bygninger med gentagelsesperiode for oversvømmelse i de 3 dybdeintervaller

Her for intervallet 20-40cm med KTP. De fleste sårbare bygninger rammes først ved T=1000år efter KTP

# Metode skadesrisikovurdering

- Stempling af bygninger med gentagelsesperiode for oversvømmelse i de 3 dybdeintervaller (zoom)
- Her for intervallet 20-40cm med KTP.

Mærkes med gentagelsesperiode bare  
"vandet" berører bygningen

- Alternativet er at kun medregne det oversvømmede areal - men:
- Gulve er vandrette, så når der er vand i en vis højde ved huset er det i hele huset
- Der suges vand op langs fundamenter og skader hele bygningen
- Krybekældre transporterer vand til hele bygningen
- Worst case beregning

# Metode skadesrisikovurdering

- Beregn skader D(T) for hver gentagelsesperiode for hver bygning (gange med forsikringsdata)
- Arealet for hver bygning ganges med den relevantes skadesværdi.  
Kan gøres med et par if-sætninger i sql
- Skade fra hus og kælder lægges sammen i D10-D1000

Vandstand på terræn	Skadeomkostning DKR/bygning	Skadeomkostning DKR/m <sup>2</sup>	Skadeselen
over 40 cm	1,25 mio	6250	Bygning
20-40 cm	0,5 mio	2500	Bygning
over 0 cm	0,1 mio	500	Kælder

Table

TbygRisikonr3\_A18A19

>40cm 20-40cm >0cm

	D9174	D9150	ID1	Height	FindesKld	BygAreal	BygSt50m2	BygType	D20	D10	D50	D100	D1000	EADbirgit	Min_GRIDCO	Min_GRID_1	Min_GRID_2
	0		2156	5	1	7429.2801	1	>50m2 med kld.	0	0	3714640	52004961	52004961	646347	100	100	50
	0		209	5	1	1355.56965	1	>50m2 med kld.	0	0	677785	9488988	9488988	117935	100	100	50
	0		1910	5	0	562.40025	1	>50m2	0	0	0	3655602	3655602	40212	100	100	100
	0		2144	5	1	4030.2603	1	>50m2 med kld.	0	0	2015130	2015130	12090781	72545	0	1000	50
	0		1949	5	1	577.81925	1	>50m2 med kld.	0	0	288910	1733458	1733458	24846	0	100	50
	0		5846	5	0	250.5746	1	>50m2	0	0	0	1628735	1628735	17916	100	100	100
	0		5215	5	0	160.7289	1	>50m2	0	0	401822	1044738	1044738	19529	100	50	20
	0		1412	5	1	316.1651	1	>50m2 med kld.	0	0	158083	948496	2213156	14860	1000	100	50
	0		5813	5	0	356.409	1	>50m2	0	0	0	891023	2316659	11227	1000	100	100
	0		1744	5	1	276.6268	1	>50m2 med kld.	0	0	0	829880	1936387	10235	1000	100	100
	0		1446	5	0	262.69805	1	>50m2	0	0	656745	656745	1707537	21410	1000	50	50
	0		2462	5	0	257.17365	1	>50m2	0	0	642934	642934	1671629	20960	1000	50	20
	0		8325	5	0	249.4339	1	>50m2	0	0	623585	623585	1621320	20329	1000	50	20
	0		2139	5	0	246.2879	1	>50m2	0	0	615720	615720	615720	19087	0	50	20
	0		2137	5	1	191.3349	1	>50m2 med kld.	0	0	0	574004	1339344	7079	1000	100	100
	0		7052	5	0	222.13745	1	>50m2	0	0	0	555344	555344	6109	0	100	50
	0		5418	5	0	219.26915	1	>50m2	0	0	0	548173	548173	6030	0	100	100
	0		5432	5	1	161.37645	1	>50m2 med kld.	0	0	484129	484129	1129635	15654	1000	50	50
	0		3358	5	0	166.1849	1	>50m2	0	0	0	415462	415462	4570	0	100	50
	0		2140	5	0	130.4763	1	>50m2	0	0	348601	348601	348601	10800	0	50	20

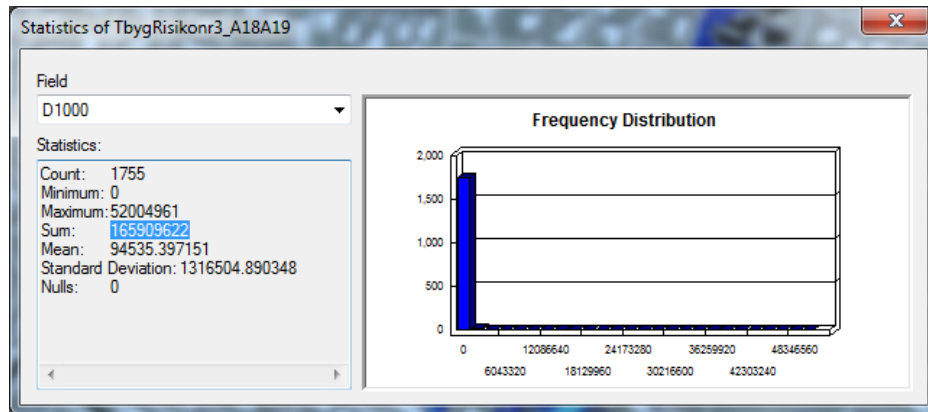
(0 out of 1755 Selected)

TbygRisikonr3\_A18A19



# Metode skadesrisikovurdering

- Skader summeres for alle bygninger for hver gentagelsesperiode hen over det ønskede område



- Eller exporter til excel og gør det i et hug for alle gentagelsesperioder → analyse af summerede skader næste slide

optællinghuse.xlsx - Microsoft Excel

	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS
1			sum mio kr.	0.3	0.0	12.1	83.0	165.9					
2			Antal bygninger	2	0	23	40	134					
3	BygAreal	BygSt50r	BygType	D20	D10	D50	D100	D1000	EADbirgit	Min_GRIDCO	Min_GRID_1	Min_GRID_2	
4	295.3501	1	>50m2	0	0	0	0	1919776	1920	1000	1000	100	
5	273.26375	1	>50m2	0	0	0	0	1776214	1776	1000	1000	1000	
6	245.9754	1	>50m2 med kld.	0	0	122988	122988	1721828	5411	1000	1000	50	
7	243.089	1	>50m2 med kld.	0	0	0	0	1701622	1702	1000	1000	1000	
8	239.3131	1	>50m2 med kld.	0	0	0	0	1675192	1675	1000	1000	1000	
9	216.1418	1	>50m2	0	0	0	0	1404922	1405	1000	1000	100	
10	205.92585	1	>50m2	0	0	0	0	1338518	1339	1000	1000	50	
11	167.08585	1	>50m2	0	0	0	0	1086058	1086	1000	1000	100	
12	101.76925	1	>50m2 med kld.	0	0	50885	50885	712385	2239	1000	1000	50	
13	67.86275	1	>50m2	0	0	0	0	441108	441	1000	1000	50	

# Birkedalen-skadesrisikovurdering

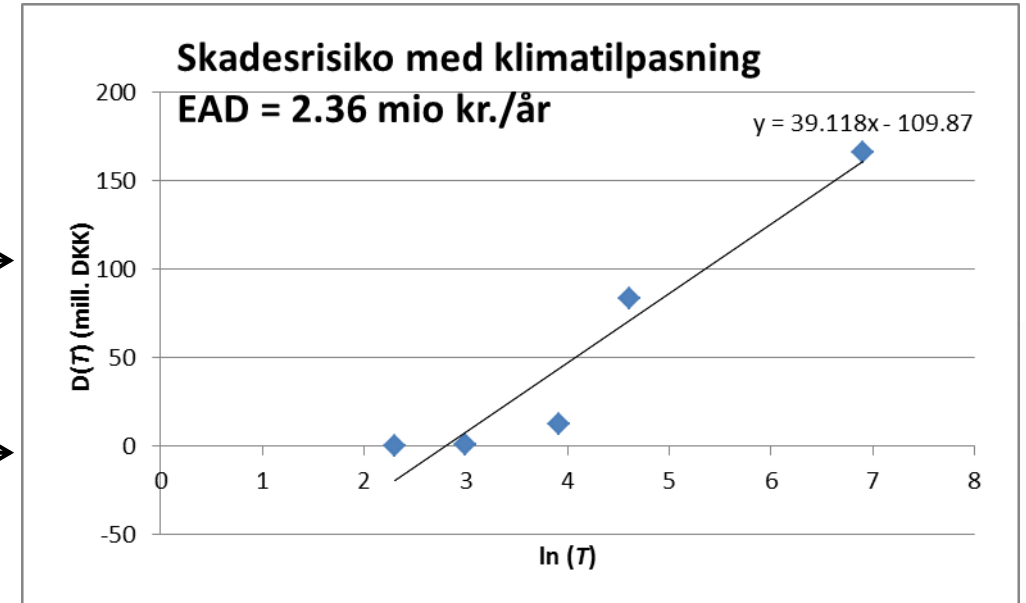
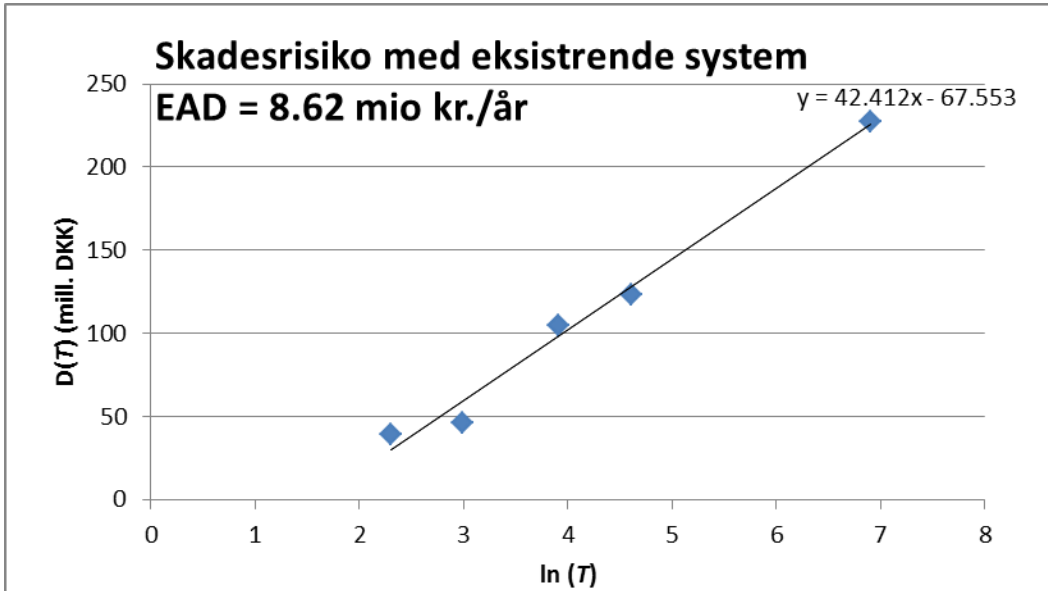
-Konsekvens af klimatilpasning: reduceret årlig skade EAD

Skader for hver gentagelsesperiode vægtes: Den store skade T=1000år sker kun sjældent.

Kurve- relation:  $D(T)$  – skader mod gentagelsesperiode.

- EAD [mio.kr/år] - Årlig skadesrisiko i 2100 (ligger i K.F.)
- $T_0$  – den laveste gentagelsesperiode hvor der sker skader

$$EAD = a * \exp(b/a)$$

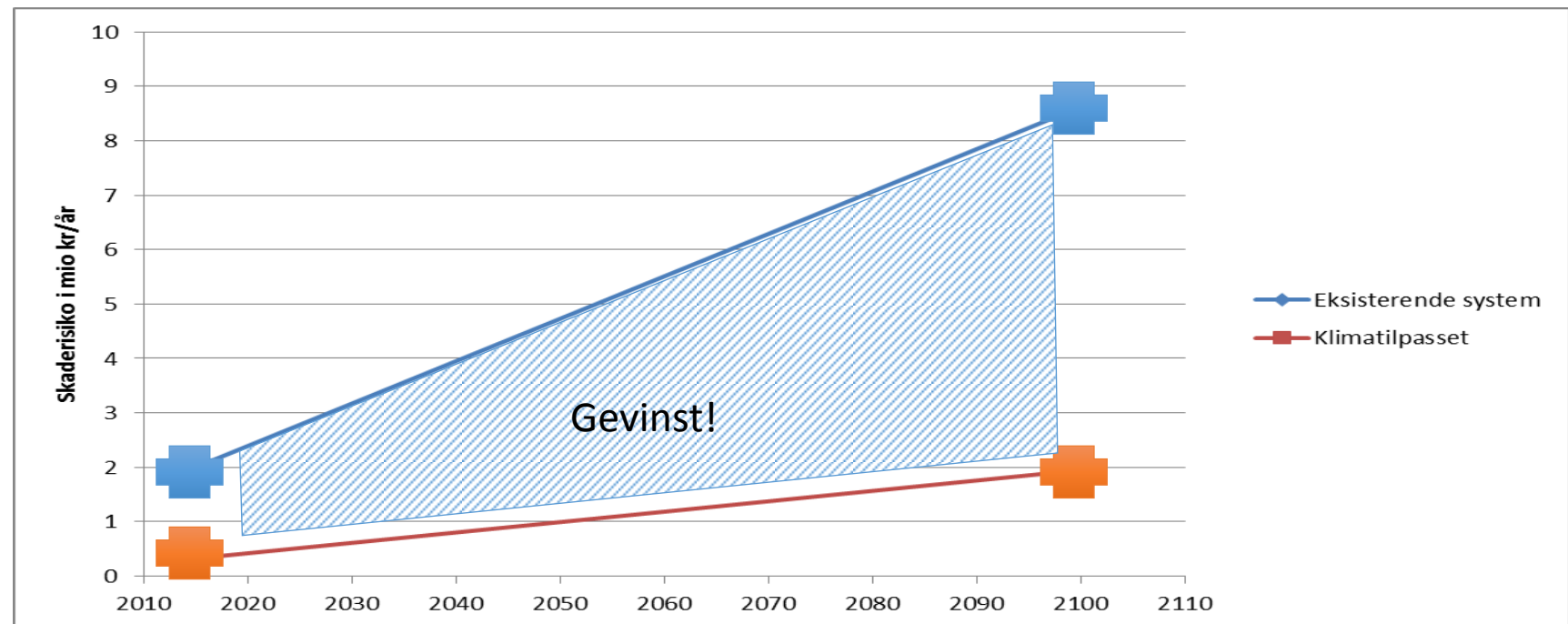


Gentagelsesperiode T [m]	ln(T)	Skade [mio Kr.]	Antal bygninger
10	2.30	39.4	35
20	3.00	46.2	44
50	3.91	104.6	74
100	4.61	123.6	101
1000	6.91	227.3	194
<b>Skadesrisiko EAD [mio kr./år]</b>		<b>8.62</b> (kælder eller hus)	
<b>Start skade <math>T_0</math> [år]</b>		<b>4.92</b>	

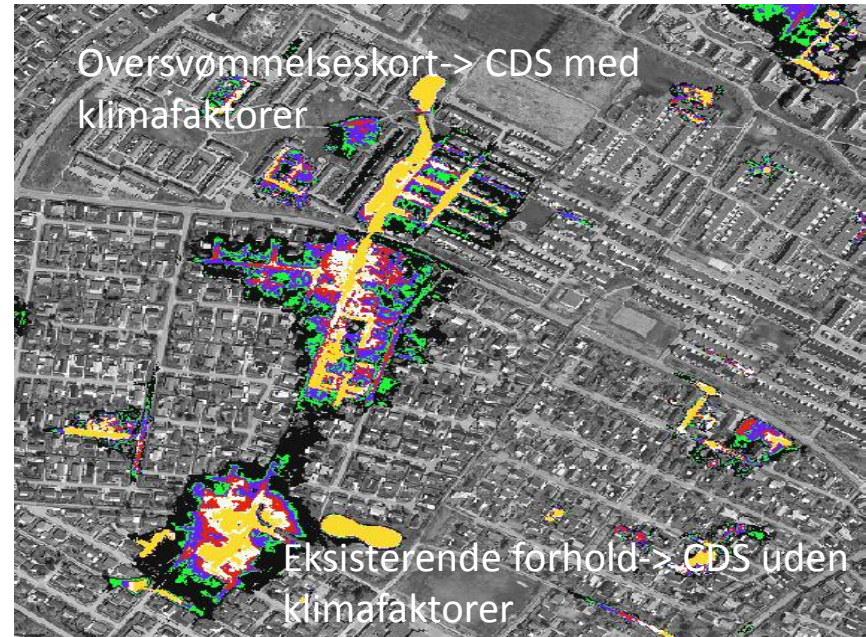
Gentagelsesperiode T [m]	ln(T)	Skade [mio Kr.]	Antal bygninger
10	2.30	0.0	0
20	3.00	0.3	2
50	3.91	12.1	23
100	4.61	83.0	40
1000	6.91	165.9	134
<b>Skadesrisiko EAD [mio kr./år]</b>		<b>2.36</b> (kælder eller hus)	
<b>Start skade <math>T_0</math> [år]</b>		<b>16.59</b>	

# Skadesrisiko ved klimatilpasning i 2100

Men vi skal kende skadesrisikoen i dag med og uden klimatilpasning for at se hvad gevinsten er!



# Flere skadesrisici ”på den nemme måde”

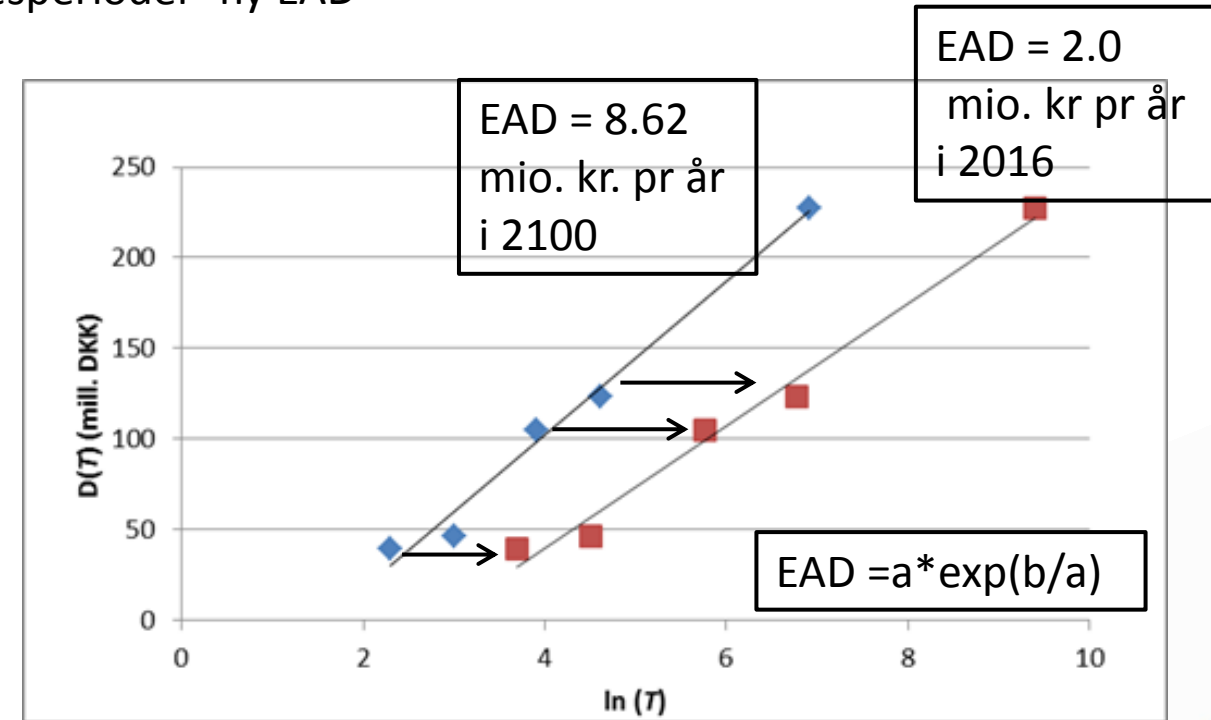


- Brug oversvømmelseskort og skadesopgørelse igen
- Vha. sammenligning af regnintensiteter- nye gentagelsesperioder

# Flere skadesrisici ”på den nemme måde”

- Brug oversvømmelseskort og skadesopgørelse igen
- Vha. sammenligning af regnintensiteter- andre gentagelsesperioder- ny EAD

Maksimal Nedbørsintensitet my-m/s		Gentagelsesperiode T år / Klimafaktor				
Gentagelsesperiode 2100 [år]		10	20	50	100	1000
Klimafaktor		1.3	1.32	1.35	1.4	1.4
Vargighed minutter	1	54.0	62.9	76.0	88.8	126.5
	2	48.1	56.5	69.0	81.2	118.5
	5	36.9	43.9	54.7	65.3	100.0
	10	27.3	32.8	41.5	50.1	80.0
	30	14.6	17.7	22.6	27.5	46.1
	60	9.2	11.2	14.3	17.4	29.3
	180	4.2	5.1	6.5	7.9	13.0
	360	2.6	3.1	3.9	4.7	7.5
	720	1.5	1.8	2.3	2.8	4.3
	1440	0.9	1.1	1.4	1.6	2.4
	2880	0.6	0.7	0.8	0.9	1.4
	Gentagelsesperiode for 2015 (ingen klimafaktor)		40	90	320	875

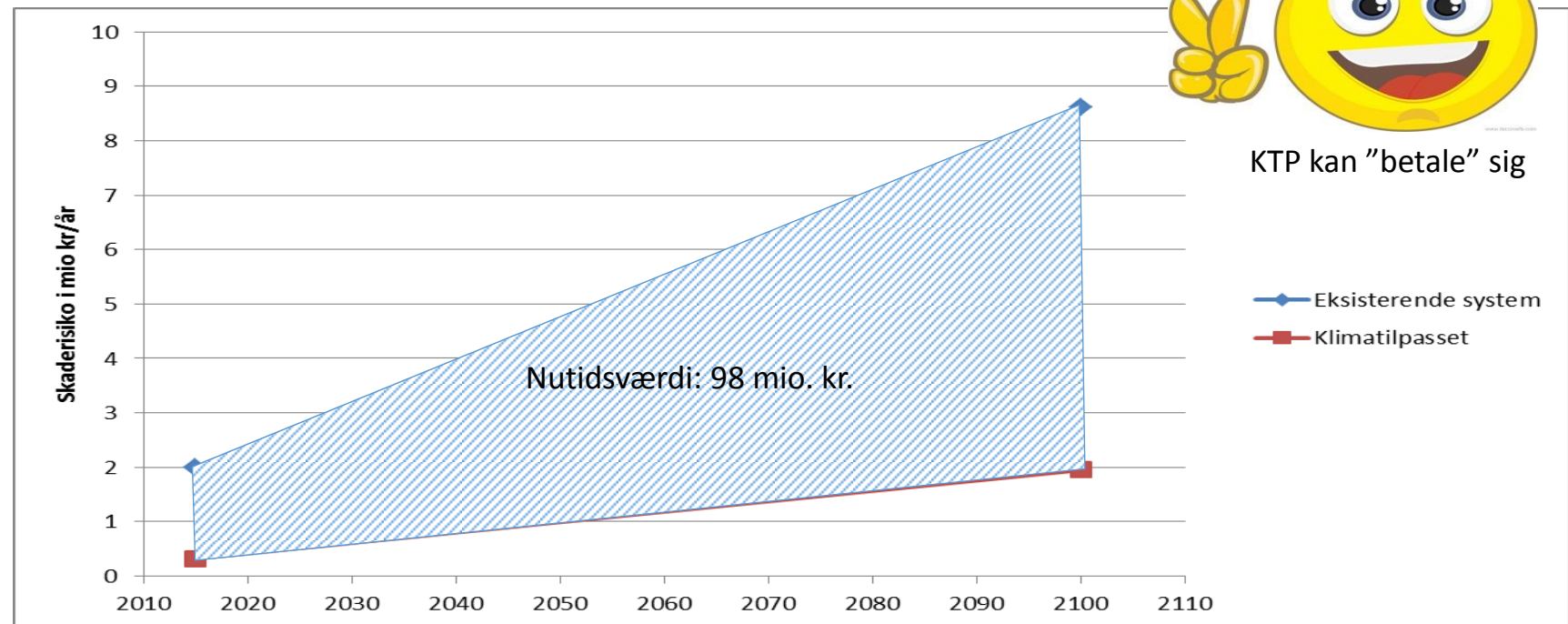


- Parallellforskydning

# Reduceret skadesrisiko ved klimatilpasning

- Skadesreduktion i nutidsværdi:  $S_{2015} = \int_0^{85} (S_{før} - S_{efter}) \cdot e^{-0.03t} dt = 98$  mio. kr.
- Omkostning til KTP tiltag med drift:  $C_{2015} = 36 + \int_0^{85} 36 \cdot 0.02 \cdot e^{-0.03t} dt = 58$  mio. kr.
- "Tilbagebetalingstid" (balance) på 32 år

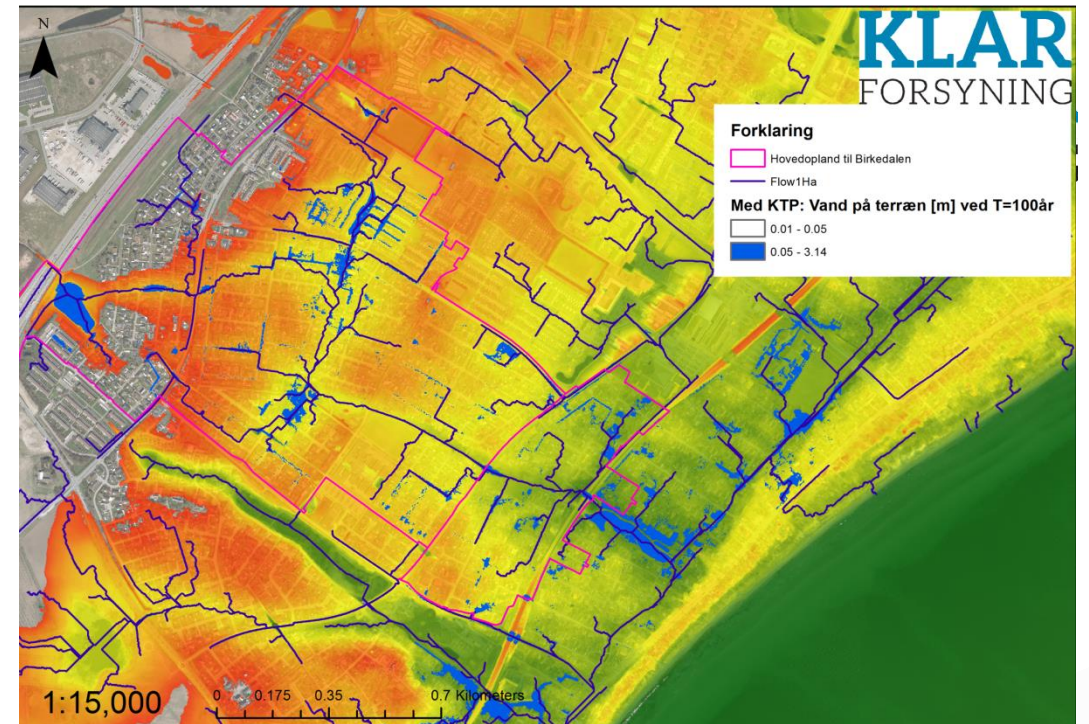
Diskonteringsrente 3%  
Drift og reinvestering 2%



# Skybrudssikring

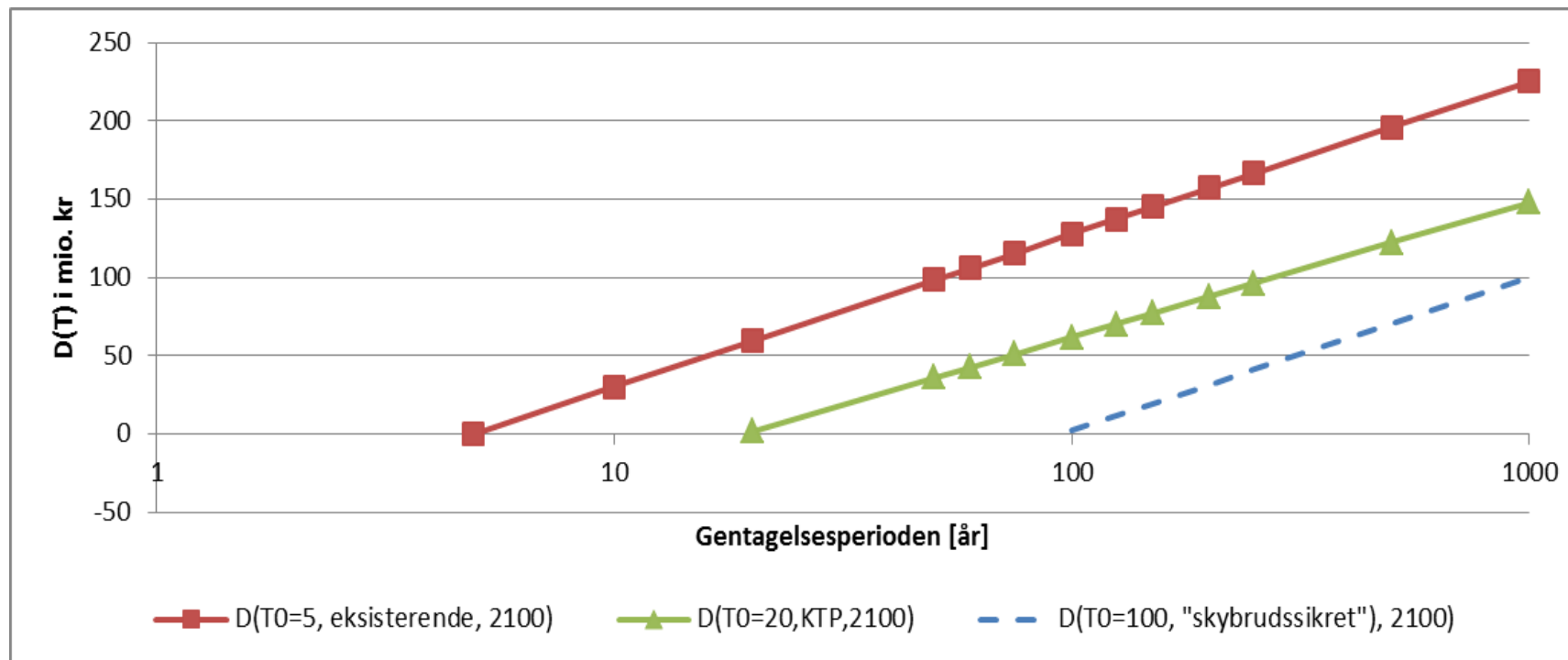
## Politisk beslutning- vand på terræn:

- Hvad er den ønskede restrisiko? Kr/år?  
Eller
  - Hvilken gentagelsesperiode for skade.
- 
- Her antages skybrudssikring til 100 år, så skader sker max hvert 100. år



# Skybrudssikring

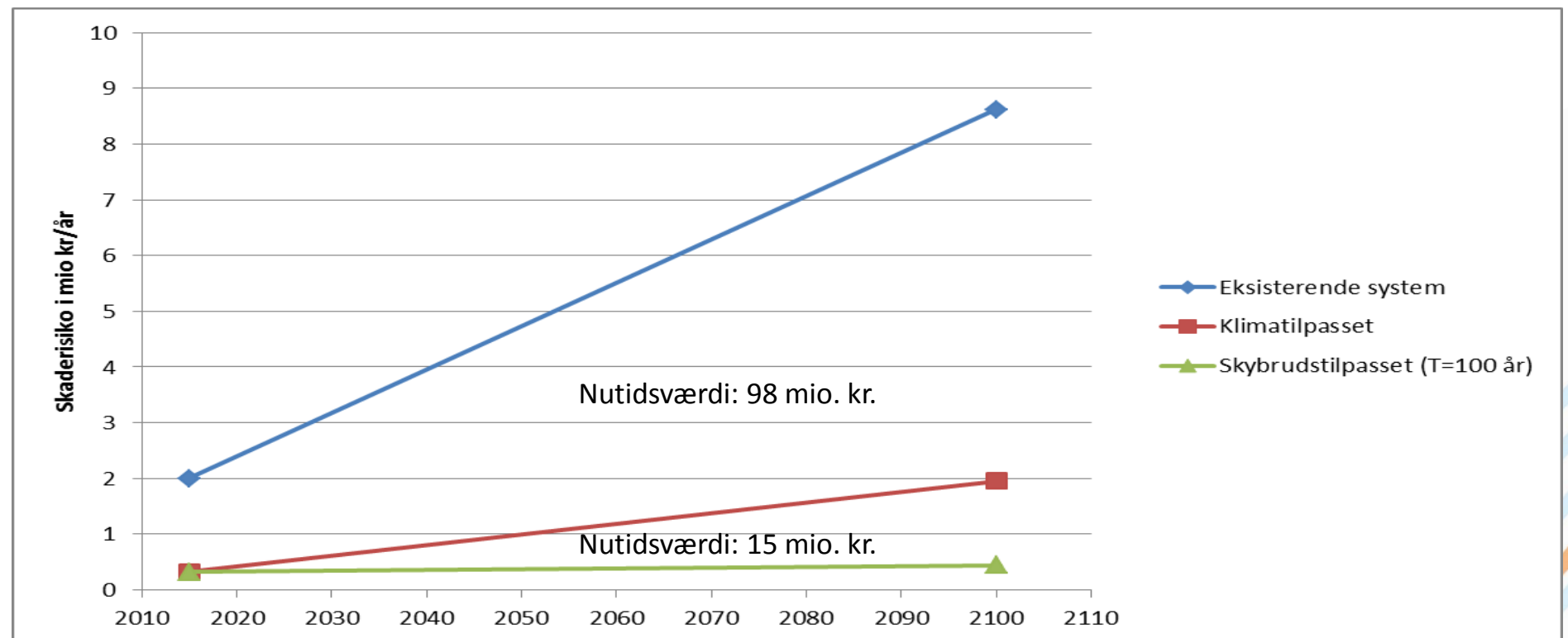
- Max. skade hvert 100. år – antag samme ”skadesprofil”





# Skybrudssikring

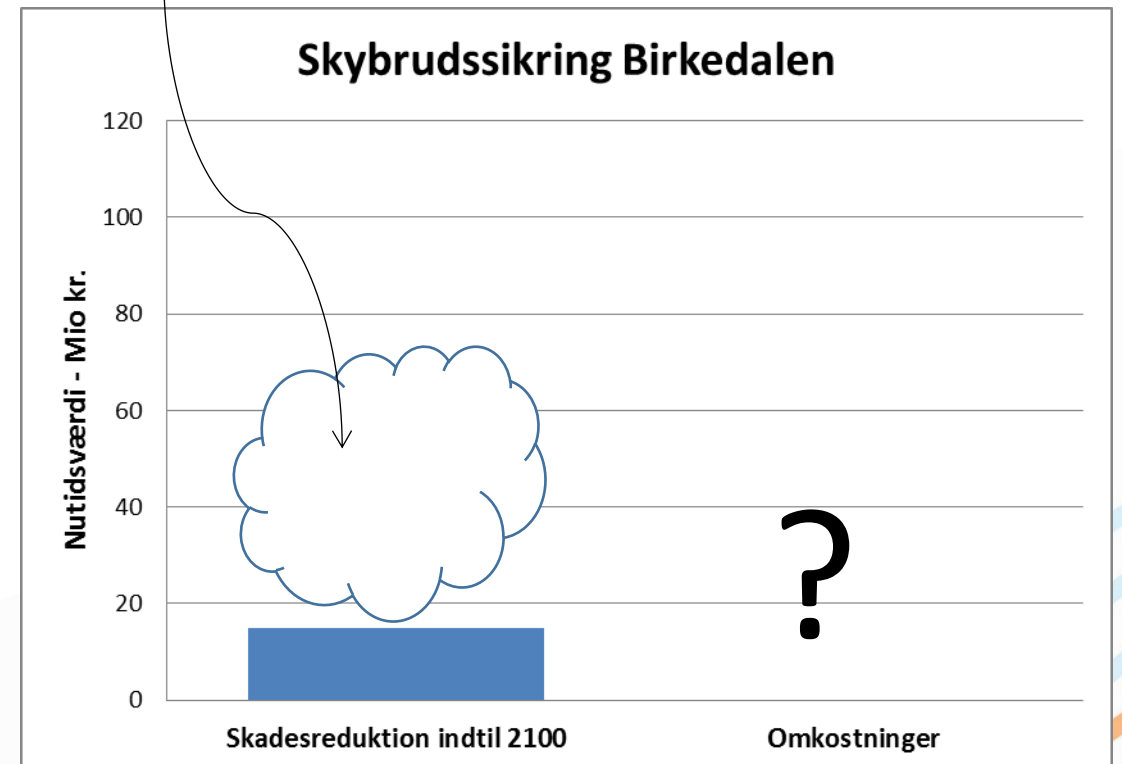
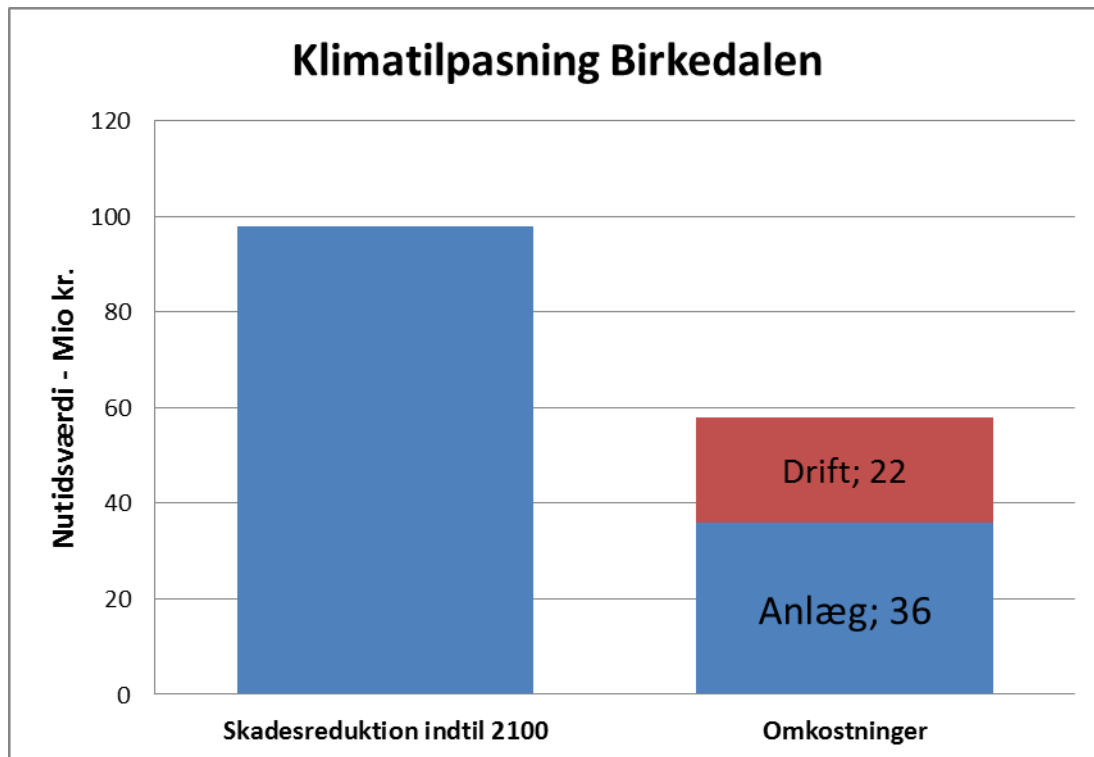
- Beregn rest skadesrisiko for "skybrudssikring" til 100 år.  
Ikke meget at reducere af- kun 15 mio. kr.
- Maksimalt 15 mio. kr. anvendes på skybrudssikring til T=100 år!



Diskonteringsrente 3%  
Drift og reinvestering 2%

# Opsummering skadesrisikovurdering

- Klimatilpasning Birkedalen gevinst 40 mio.kr indtil 2100 samfundsøkonomisk
- Stor skadesreduktion med klimatilpasningen til T=10år (98 mio. kr)- kommer vi langt
- Specielt ved case: relativt billige tiltag i jordbassiner og stor skadereduktion for T=20 og 50 år. Store skader pr erfaring i Greve 2000- 6000 kr/m<sup>3</sup>.
- Ikke meget potentielt skadesreduktion tilbage til skybrudssikring (15mio. Kr) men læg dertil immaterielle værdier



- Kommunen og politikere – proces at forstå og skabe tillid til metoden