Regnudvalget

- Formandsskifte
- Kommissorium
- Præsentation og godkendelse af skrift 32, VÆRDI
- Usikkerhedsstudiet

Opdatering af grundlaget for dimensionering af afløbssystemer – usikkerhedsberegninger

Plenarforsamlingen 17. maj 2023

Projekt

Finansiering – tak til:

SFT-Fonden

Spildevandskomiteen under IDA

Projektgruppe:

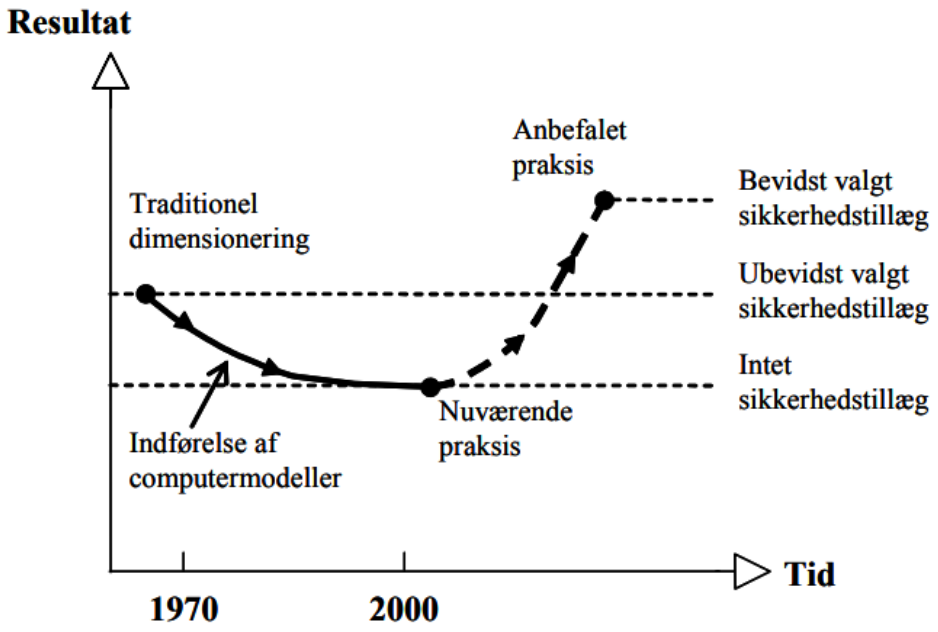
- Karsten Arnbjerg DTU, tovholder på del 1
- Jan Høybye Just-Business, tovholder på del 2 og 3
- Søren Thorndal AAU, kvalitetssikrer
- Toke Illeris HOFOR, projektmedarbejder
- Birgit Paludan BPA, projektleder

Følgegruppe:

- Ane Mollerup, Novafos
- Dan Rosbjerg, DTU
- Uffe Bay Bøgh Vinther, NIRAS

Beregning af usikkerheder ved dimensionering af afløbssystemer - Skrift 27 kapitel 6

- ”Det er hensigten med dette kapitel at kvalificere processen med hensyn til vurdering af usikkerhed, samt at gøre usikkerhed til en håndterlig størrelse for alle parter i beslutningsprocessen. ”
- Gennemfør beregninger for at finde usikkerheden på beregningsniveau:
- 1: analytisk – første ordens usikkerhedsanalyse
- 2 og 3: modelberegninger Monte Carlo



Beregning af usikkerheder ved dimensionering af afløbssystemer - Skrift 27 kapitel 6

- *Disclaimer:*

6.5 Valg af sikkerhedsfaktor på tilstrømningen

Det skal understreges, at disse eksempler ikke kan tages til indtægt for en generalisering af sikkerhedsfaktorernes størrelse til brug for beregninger på beregningsniveau 2 og 3. På niveau 2 bør der gennemføres flere eksempler til belysning af sikkerhedsfaktorens afhængighed af det enkelte oplands karakteristika, herunder om den varierer fra brønd til brønd, og desuden bør der gennemføres kontrolcheck af, om den samme sikkerhedsfaktor kan benyttes for beregningsniveau 3.

Det pointeres endvidere kraftigt, at sikkerhedsfaktorerne beregnet i de to eksempler afhænger helt af den aktuelle vurdering af input- og parameterusikkerheder, der kan være anderledes for andre oplande. Desuden understreges det, at de aktuelle talstørrelser for sikkerhedsfaktoren kun relaterer sig til den statistiske usikkerhed.

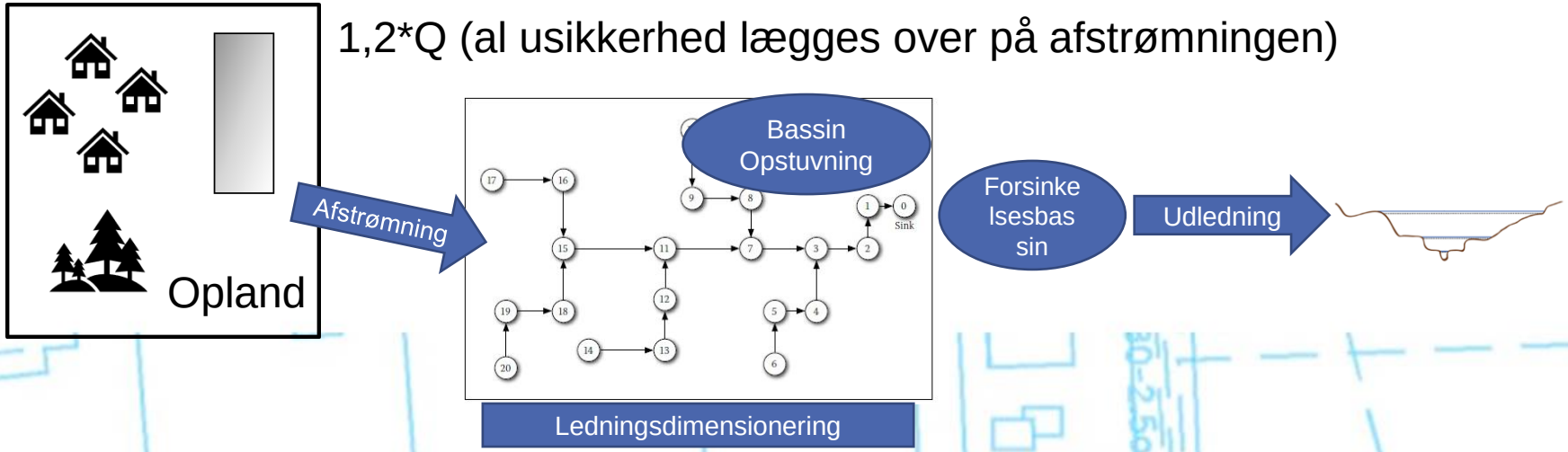
→ Men hvordan gør man? Vi har brug for en bedre forståelse for vurdering af usikkerhed ved analyser og dimensionering af afløbssystemer

→ Analytiske udtryk for dimensionering for at kunne bruge beregningsniveau

Sådan fik vi implementeret usikkerhed med SVK27

- Vi ganger 1.2 på afstrømningen og dimensionerer ledninger og opstuvningsbassiner – fordi det er ”for dyrt at dimensionere for småt”
- Er 1.2 altid rigtig? Effekt af kalibrering? 1.1?
- Tvivl om Overfladeanlæg? Forsinkelsesbassiner? (Fremtidige) Overløb?
- ”Scenariefremskrivning” (Klima og fortætning) og ”modelusikkerhed” → Definitioner af usikkerhed i skrifterne er uklare

1,2*Q (al usikkerhed lægges over på afstrømningen)



”Vejledning til beregning af usikkerheder ved dimensionering af afløbssystemer”

- Definitioner af usikkerhed i skrifterne er uklare → begrebsafklaring (del 1)
- Metoder til at beregne usikkerhed mangler → SVK27 og SVK31 (del 2)
- Det er svært at forstå hvordan man gør → beregningsværktøj til inspiration og eksempler (del 3)

Flødeskum – det får vi også:

- Beregning af afstrømning, ledninger og bassiner med analytiske udtryk – så vi kan regne ”i hånden”
- Regneark med beregning af usikkerhed til at øve os på

Resultat

- INGEN NYE ANBEFALINGER I DENNE OMGANG UD OVER SKRIFT 27, MEN INSPIRATION TIL BEREGNING AF USIKKERHED VED ANALYSER OG DIMENSIONERING AF AFLØBSSYSTEMER
- Anbefaling til anvendelse af nye termer
- Rapporteringer af del 1, 2 og af beregningsværktøjer til inspiration del 3
- Excell regneark hvor man kan blive inspireret til at anvende metoderne beskrevet i del 2 → Toke viser et par eksempler
- Sammenfatning af del 1 og 2.
- Præsentation ☺

Til jeres godkendelse af at de lægges på SVK hjemmeside

Resultat

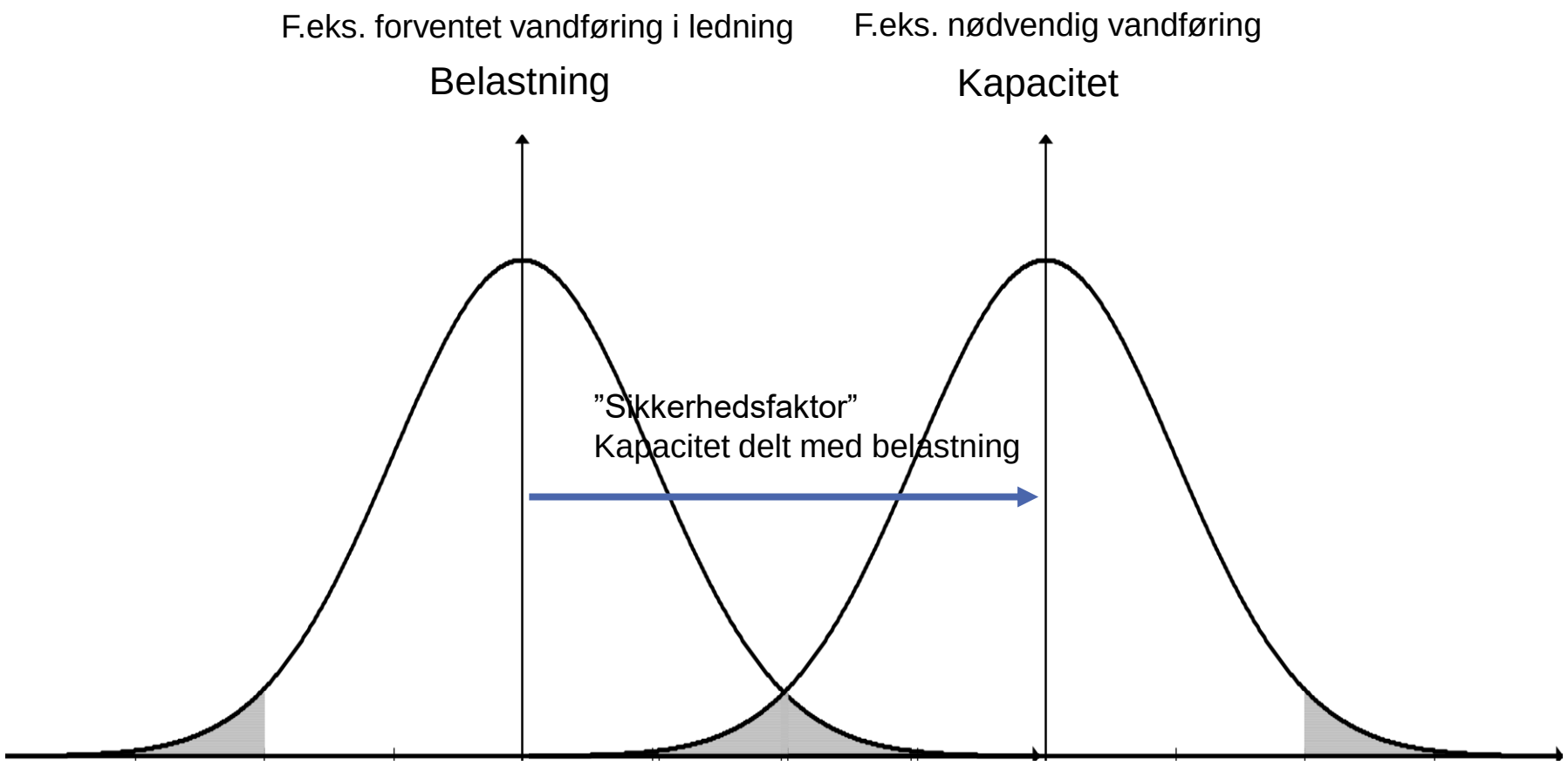
- INGEN NYE ANBEFALINGER I DENNE OMGANG UD OVER SKRIFT 27, MEN INSPIRATION TIL BEREGNING AF USIKKERHED VED ANALYSER OG DIMENSIONERING AF AFLØBSSYSTEMER
- **Anbefaling til anvendelse af nye termer**
- Rapporteringer af del 1, 2 og af beregningsværktøjer til inspiration del 3
- Excell regneark hvor man kan blive inspireret til at anvende metoderne beskrevet i del 2 → Toke viser et par eksempler
- Sammenfatning af del 1 og 2.
- Præsentation ☺

Til jeres godkendelse af at de lægges på SVK hjemmeside

Anbefaling af nye termer (del 1)

Sikkerhedsfaktor	En faktor, som udtrykker den samlede forventede kapacitet af et system divideret med den forventede belastning af systemet. En sikkerhedsfaktor skal sikre, at man opnår det ønskede sikkerhedsniveau mod underdimensionering.
Scenariefremskrivning	Scenariefremskrivning beskriver den forventede udvikling over tid. De kan ske i form af faktorer på regnintensiteten, f.eks. til at beskrive forventede klimaændringer af ekstremregn. Scenariefremskrivninger er også usikre. Begrebet introduceres i Skrift 27, som en faktor til at beskrive fortætning af byer og klimaændringer, men der skelnes ikke i skriftet mellem scenariefaktorer og faktorer, der beskriver usikkerheder. I dette projekt anbefales det, at de adskilles
Sikkerhedsfaktor på afstrømning	Sikkerhedsfaktoren på afstrømning er den samlede faktor, som skal ganges på regninputtet for at tage højde for alle usikkerheder på regnen samt det hydrologiske og hydrauliske system. Denne faktor blev i Skrift 27 kaldt ”sikkerhedsfaktoren”
Operationel faktor	Den samlede faktor som ganges på den dimensionsgivende regnintensitet. Den kan inkludere: sikkerhedsfaktor på afstrømningen, scenariefremskrivning og bias-faktor.

Sikkerhedsfaktor



VAR(belastning) afhænger af VAR på regnintensitet, befgrader, initialtab osv. VAR(Kapaciteten) afhænger af VAR på kapaciteten, Manningtal osv.
Varier på middelværdi eller varians for at sikre sikkerhedstillægget overholdes

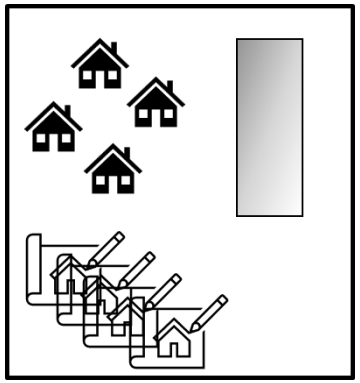
Scenariefremskrivning

- Klimaændringer

Tabel 1 *Anbefalede klimafaktorer baseret på tre nedskaleringsmetoder, 17 klimamodel kørsler og fem emissions scenarier*

	100 års horisont	
	Standard	Høj
2-års hændelse	1,2	1,45
10-års hændelse	1,3	1,7
100-års hændelse	1,4	2

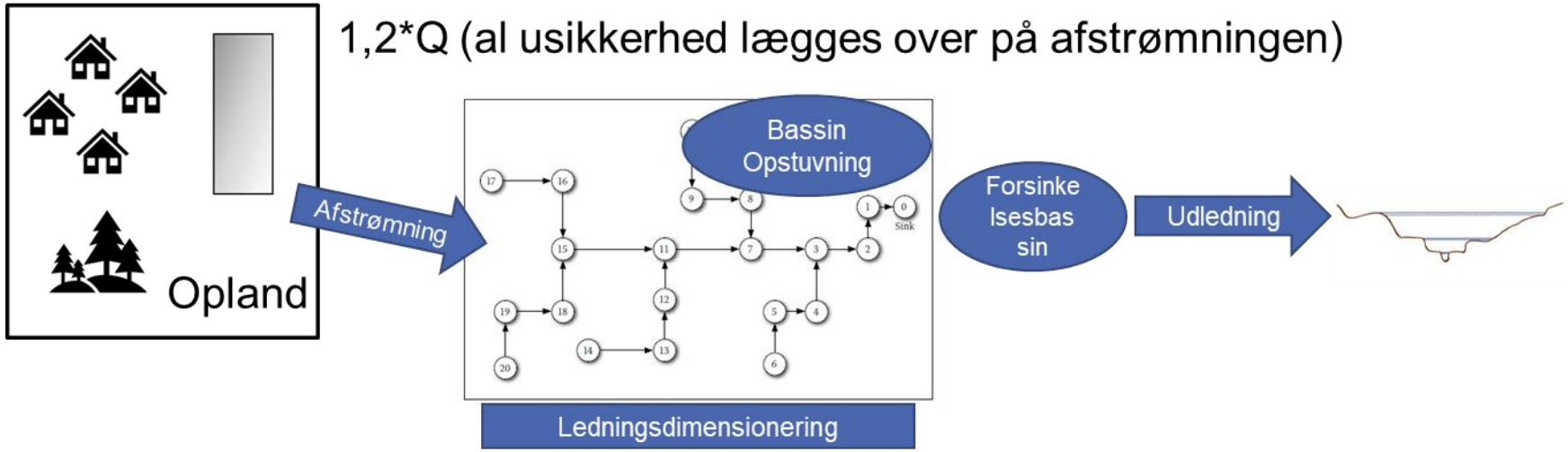
- Byudvikling konkret reduceret areal
- Fortætningsfaktor på afstrømningen (1,1)
- Andre…



OBS: De er også usikre og bør medregnes i usikkerhedsanalysen

Sikkerhedsfaktor på afstrømningen

- (tidligere en del af ”sikkerhedsfaktoren”)
- Repræsenterer hele usikkerneden



Operationel faktor

- Produktet af de faktorer vi ganger på regnintensiteten/ afstrømningen, når vi dimensionerer. Kan være:
  - Sikkerhedsfaktor på afstrømningen
  - Hydrologisk reduktionsfaktor
  - f-værdi (jf. bias på regn)
  - Scenariefaktorer
  - Evt. flere

Resultat

- INGEN NYE ANBEFALINGER I DENNE OMGANG UD OVER SKRIFT 27, MEN INSPIRATION TIL BEREGNING AF USIKKERHED VED ANALYSER OG DIMENSIONERING AF AFLØBSSYSTEMER
- Anbefaling til anvendelse af nye termer
- **Rapporteringer af del 1, 2 og af beregningsværktøjer til inspiration del 3**
- **Excell regneark hvor man kan blive inspireret til at anvende metoderne beskrevet i del 2 → Toke viser et par eksempler**
- Sammenfatning af del 1 og 2.
- Præsentation ☺

Til jeres godkendelse af at de lægges på SVK hjemmeside

Opdatering af grundlaget for dimensionering af afløbssystemer usikkerhedsberegninger

- Del 2 Beregningsmetoder
- Del 3 Beregning af usikkerhed i praksis
- Eksempel 1: Et større rørprojekt, beregningsniveau 2 (CDS)
- Eksempel 2: Et større bassinprojekt, beregningsniveau 1 og 3 (Den rationelle metode kombineret med LTS)

Del 2 - hovedpointer

Pålidelighedsteoretisk metode introduceres – der skelnes mellem usikkerhed på kapacitet og belastning. En generalisering af metodikken fra Skrift 27, som bringer os i tråd med andre ingeniørfag (byg, kemi-teknik, olie/gas mm) .

Detaljeringsniveau afhænger af projektets størrelse og fase

Simple analytiske metoder - få overblik og spar tid

Sensitivitetsanalyser - lav dem først – ikke bagefter ☺

Monte Carlo analyser – et spørgsmål om design

Det betones (igen) at der er en sammenhæng mellem sikkerhed (risiko) og pris, og at beregningsmetoderne kan bruges til skabe et (oplyst) beslutningsgrundlag på projekter

Opdatering af grundlaget for dimensionering af afløbssystemer usikkerhedsberegninger

- Der er udarbejdet 4 Excel regneark, som inspiration til hvordan man kan inkludere usikkerhed.
- Oplandsafstrømning
- rørdimensionering
- to typer af bassindimensionering (bl.a. baseret på SVK regneark)

- Arkene viser de tre metoder, hvormed usikkerhed kan inkluderes: ved anvendelse af sikkerhedsfaktor på afstrømningen, 1. ordens usikkerhedsanalyse og ved monte carlo (faktorforsøg).

Eksempel 1: et simpelt rørsystem

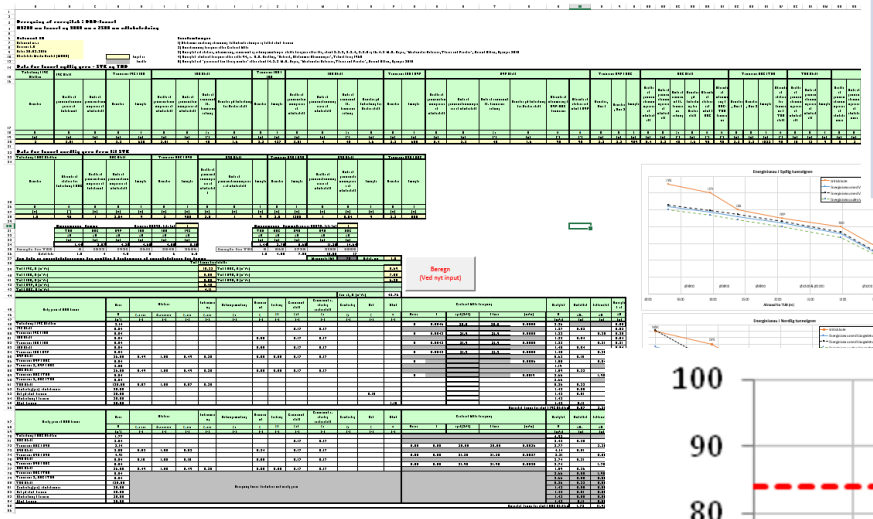
Eksempel 1: et simpelt rørsystem

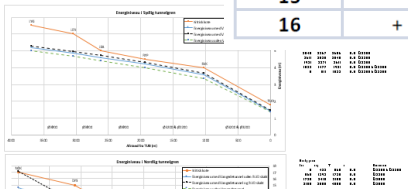
1. Opstil og vurder betydende usikkerheder
   - Hydrologi
   - Hydraulik
   - Kritiske koter
2. Opstil beregningsskema og beregn usikkerhed på vandføringer (MIKE)
3. Opstil Excel-model over tryktab i hydraulisk system
4. Beregn sandsynligheder for overskridelse af kritiske koter ved forskellige dimensioner
5. Lav anlægsoverslag (for forskellige dimensioner)
6. Kommuniker sammenhæng mellem usikkerhed, pris og dimension og indstil løsning

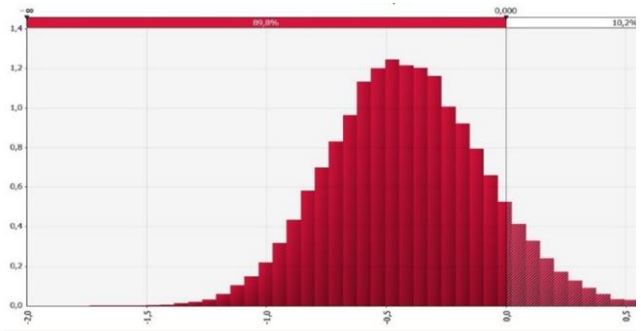
Eksempel 1: et simpelt rørsystem

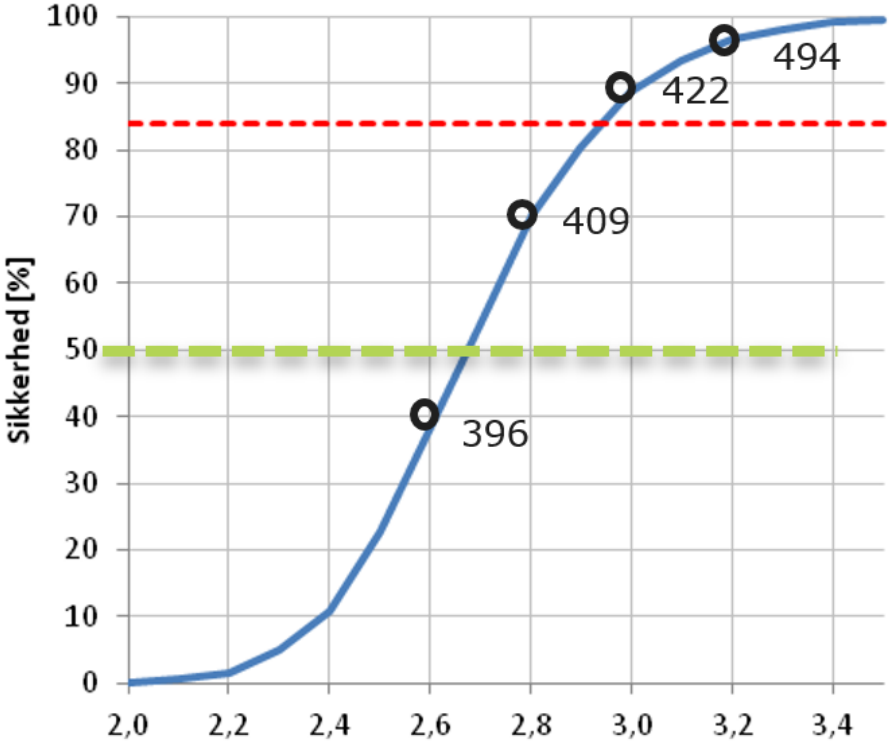
1. Opstil og vurder betydende usikkerheder
   - Hydrologi
   - Hydraulik
   - Kritiske koter
2. Opstil beregningsskema og beregn usikkerhed på vandføringer (MIKE)
3. Opstil Excel-model over tryktab i hydraulisk system
4. Beregn sandsynligheder for overskridelse af kritiske koter ved forskellige dimensioner
5. Lav anlægsoverslag (for forskellige dimensioner)
6. Kommuniker sammenhæng mellem usikkerhed, pris og dimension og indstil løsning

N	u1	u2	u3	u4	u5
1	-	-	-	-	+
2	+	-	-	-	-
3	-	+	-	-	-
4	+	+	-	-	+
5	-	-	+	-	-
6	+	-	+	-	+
7	-	+	+	-	+
8	+	+	+	-	-
9	-	-	-	+	-
10	+	-	-	+	+
11	-	+	-	+	+
12	+	+	-	+	-
13	-	-	+	+	+
14	+	-	+	+	-
15	-	+	+	+	-
16	+	+	+	+	+









Eksempel 2: et større bassinprojekt

Eksempel 2

Et større bassinprojekt

1. Opstil og vurder betydende usikkerheder
   - Hydrologi
   - Hydraulik
   - Kritiske koter
2. Beregn middelværdier og usikkerheder på afstrømningen for nutid, 2070 og 2120 (rationel metode)
3. Beregn bassinvolumen for rang x ved forskellige faktorer (LTS)
4. Lav anlægsoverslag (for forskellige bassindimensioner)
5. Kommuniker sammenhæng mellem usikkerhed, pris og dimension og indstil løsning

- Fejlophobning – den rationelle metode (og produkter generelt): den relative usikkerhed på den afhængige variabel, *Q*, er lig med kvadratroden af summen af kvadraterne af de relative usikkerheder på de tre variable:

$$CV(Q) = \sqrt{CV(\varphi)^2 + CV(A)^2 + CV(i)^2}$$

Usikkerhed på afstrømning

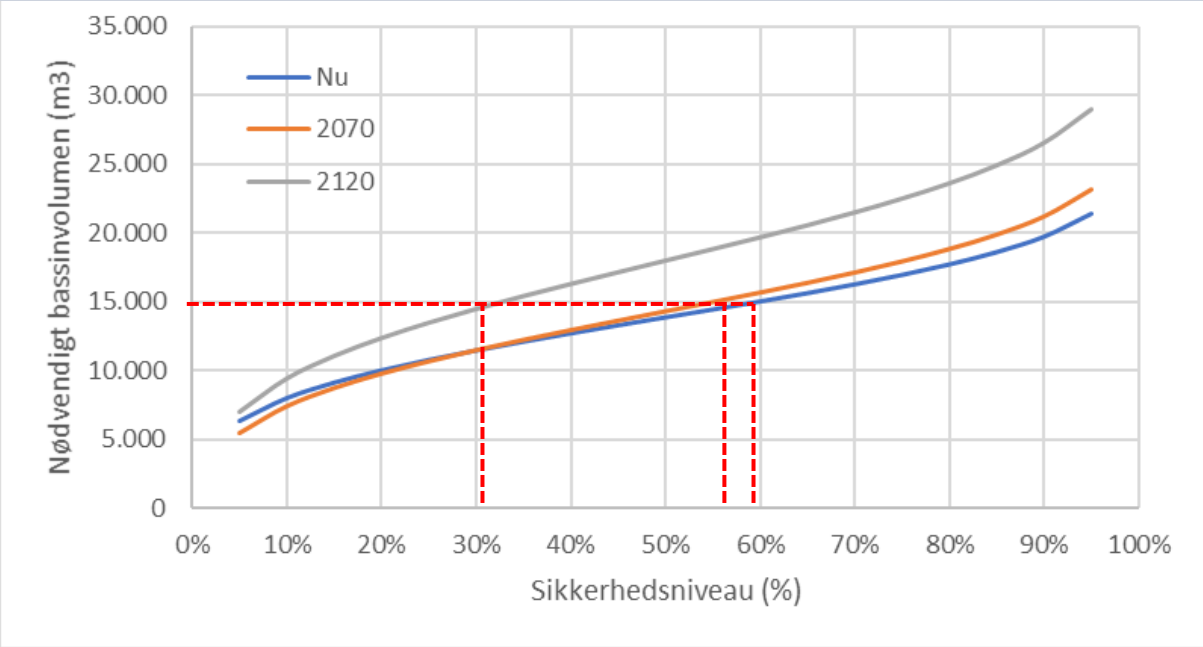
(Usikkerhed på belastning af bassin)

$$CV(Q) = \sqrt{CV(\varphi)^2 + CV(A)^2 + CV(i)^2}$$

Modelparametre		Nu				2070				2120		
Opland												
		E(*)	S(*)	CV(*)	tjek	E(*)	S(*)	CV(*)		E(*)	S(*)	CV(*)
Regninput	i=	0,95	0,100	11%	1,000	1,02	0,150	15%		1,09	0,200	18%
Afløbskoefficient	fi-hr=	1,00	0,100	10%	1,000	0,90	0,150	17%		0,90	0,200	22%
Befæstet oplandsareal	Ab=	1,00	0,050	5%	1,000	1,05	0,075	7%		1,10	0,100	9%
						1,02				1,14		
Faktorer		Nu				2070				2120		
Operationel faktor (til middel Q)		0,95	0,146	15%		0,97	0,225	23%		1,08	0,327	30%
Scenariefremskrivningsfaktor Sc		1,00				1,02				1,14		
Biasfaktor Bf		0,95				0,95				0,95		
Sikkerhedsfaktor på afstrømning Si		1,15				1,23				1,30		
Operationel faktor (+1SD på Q) = Sc*Bf*Si		1,10				1,19				1,41		

Beregning af bassinvolumener

Og formidling af resultater

- 2-4 LTS beregninger på valgt løsning med forskellig operationel faktor (og dermed forskellige sikkerhedsniveauer)
- For rang x findes nødvendigt bassinvolumener med et
- Der laves anlægsoverslag for et spænd af volumener
- Der indstilles et volumen og en tilhørende pris og beregnet sikkerhedsniveau

Formidling af resultat og beslutning om dimension, pris og sikkerhed