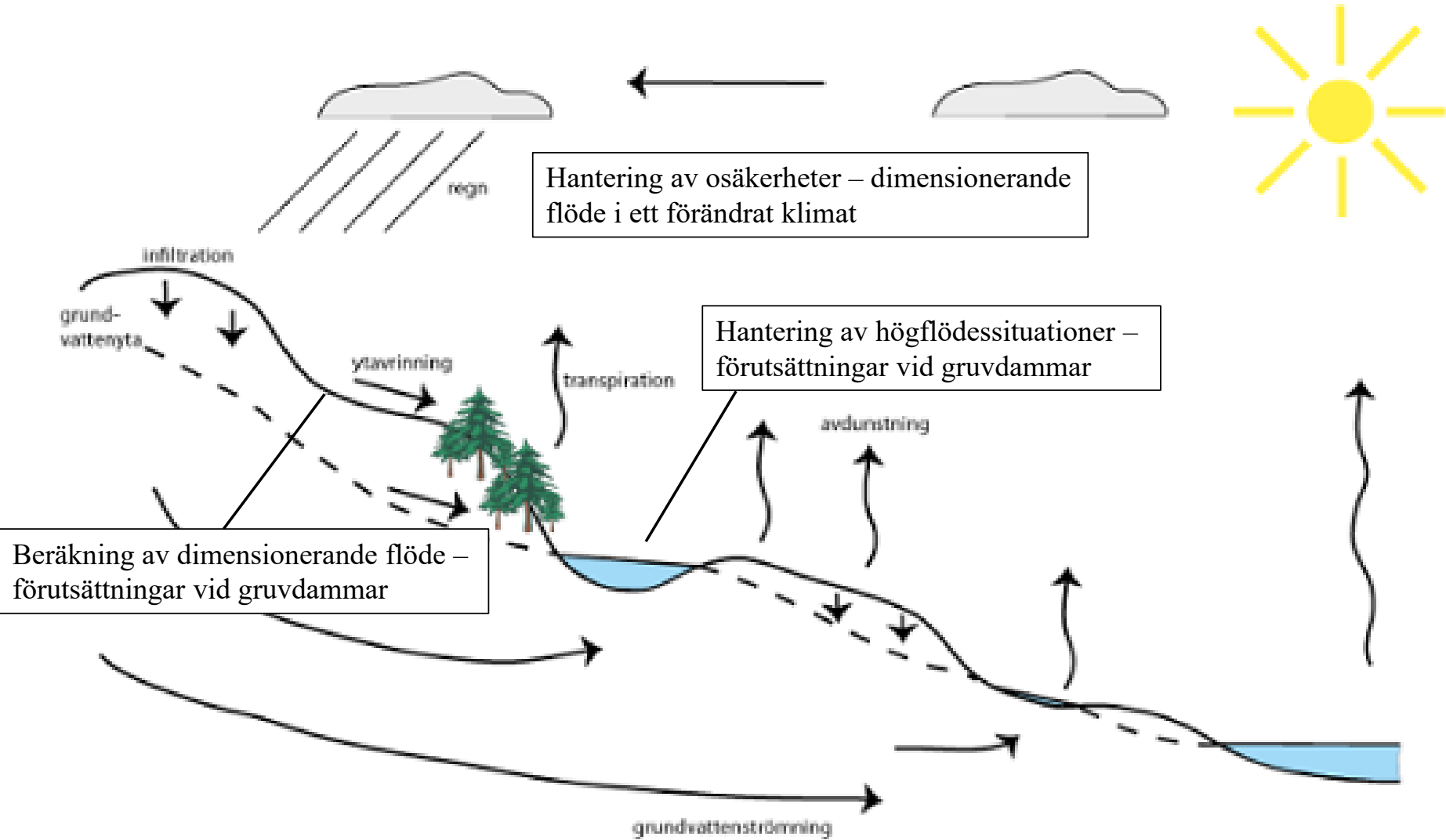


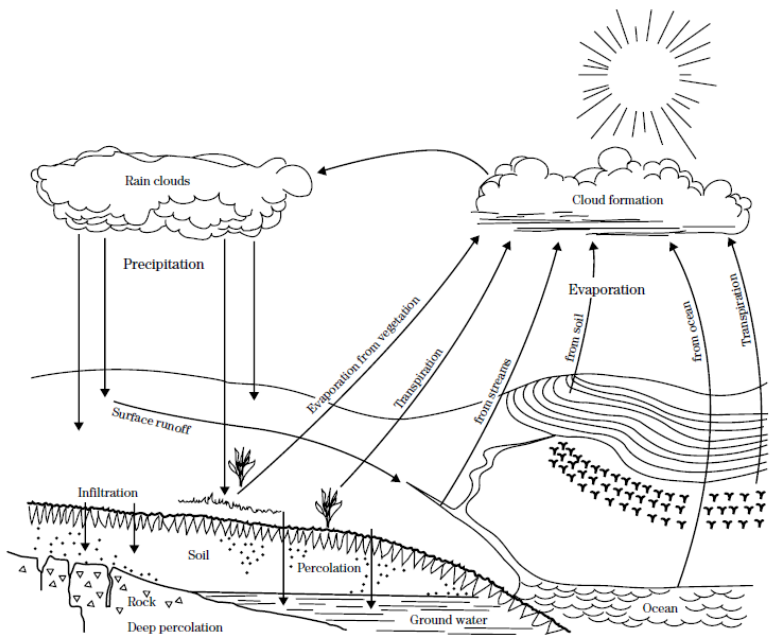
# **Beräkning av dimensionerande flöden och hantering av högflödessituationer – förutsättningar vid gruvdammar**

**Kent Werner, WSP**

# Innehåll



# Avrinning – dimensionerande flöde

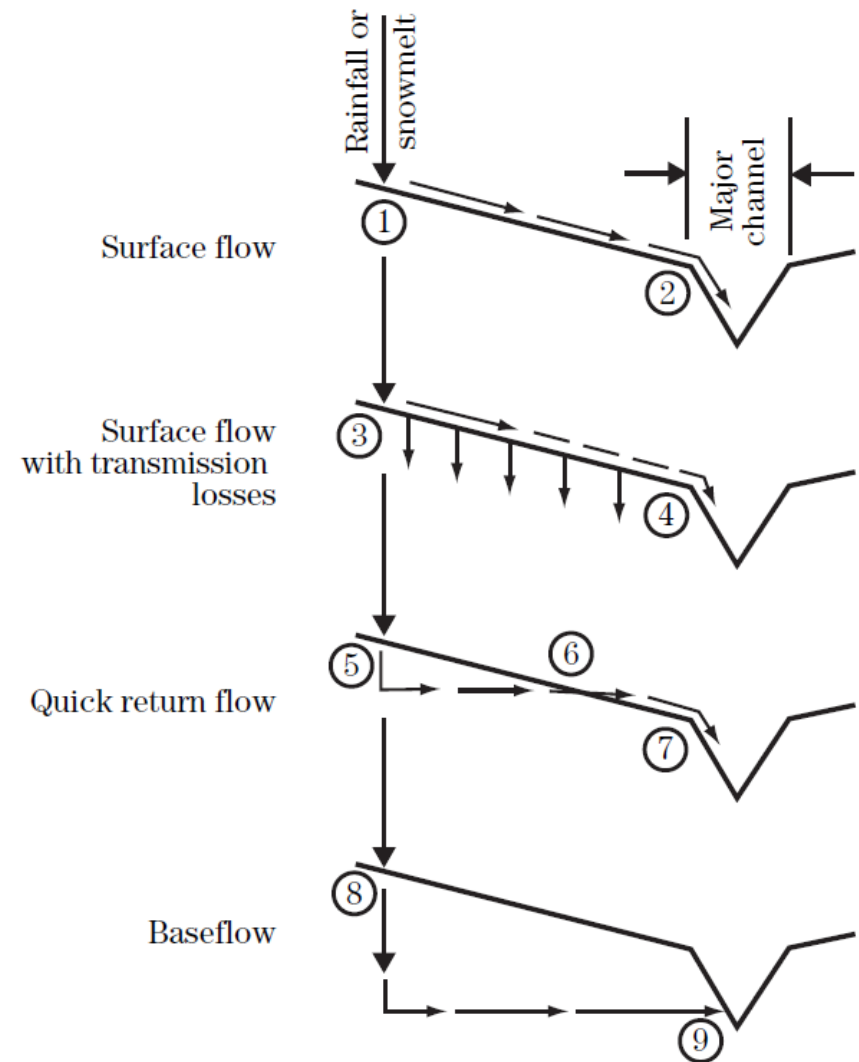


## Drivande (flödesskapande) faktorer:

- Nederbörd (nederbördsmönster, fördelning regn/snö)
- Snösmältning

## Reglerande (flödesdämpande) faktorer:

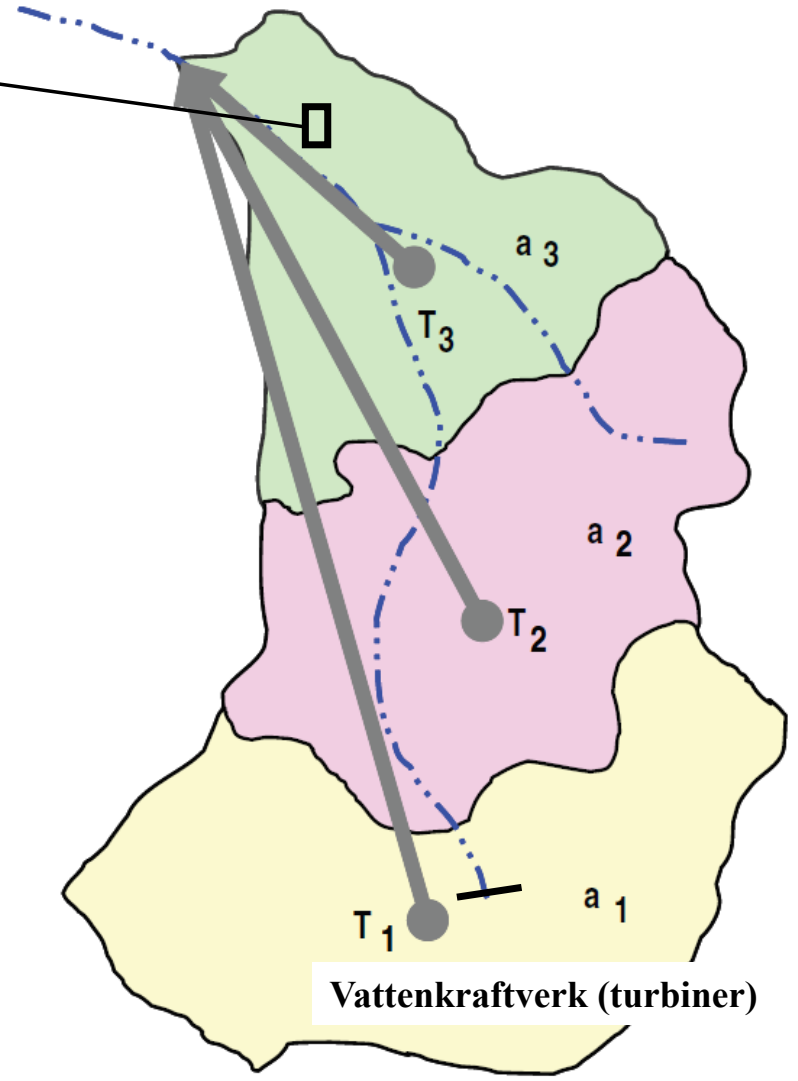
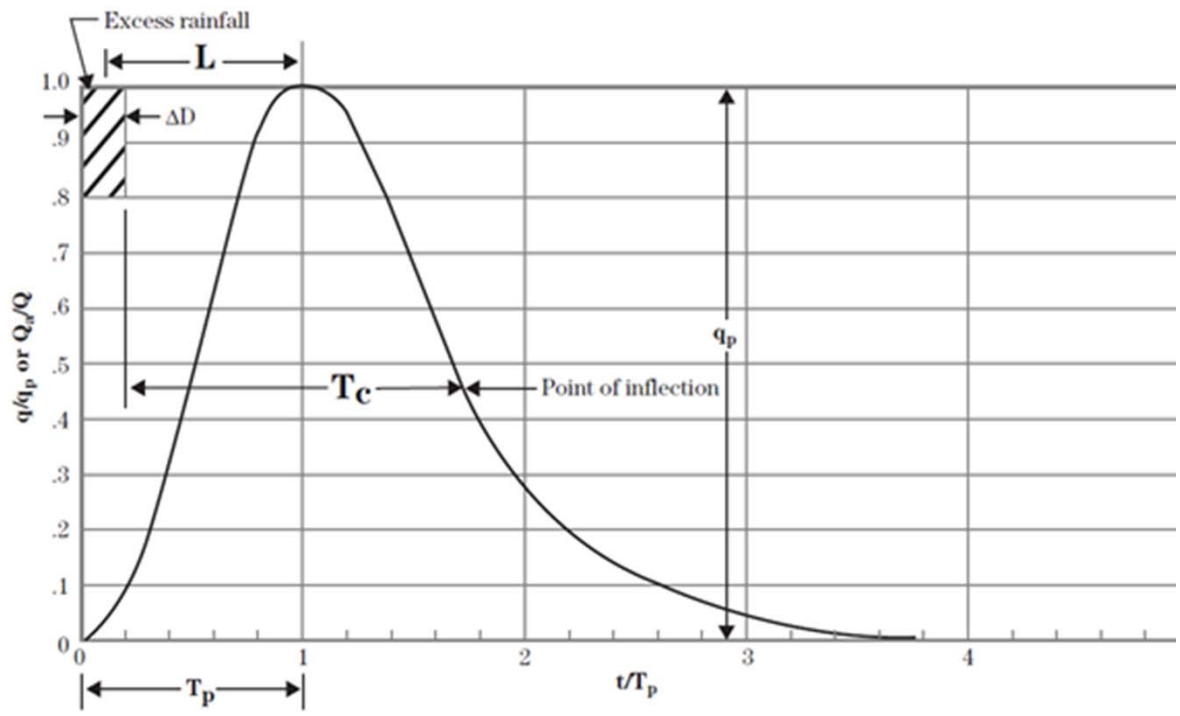
- Avrinningsområdets storlek och egenskaper
- Rådande hydrologiska förhållanden, flödesvägar



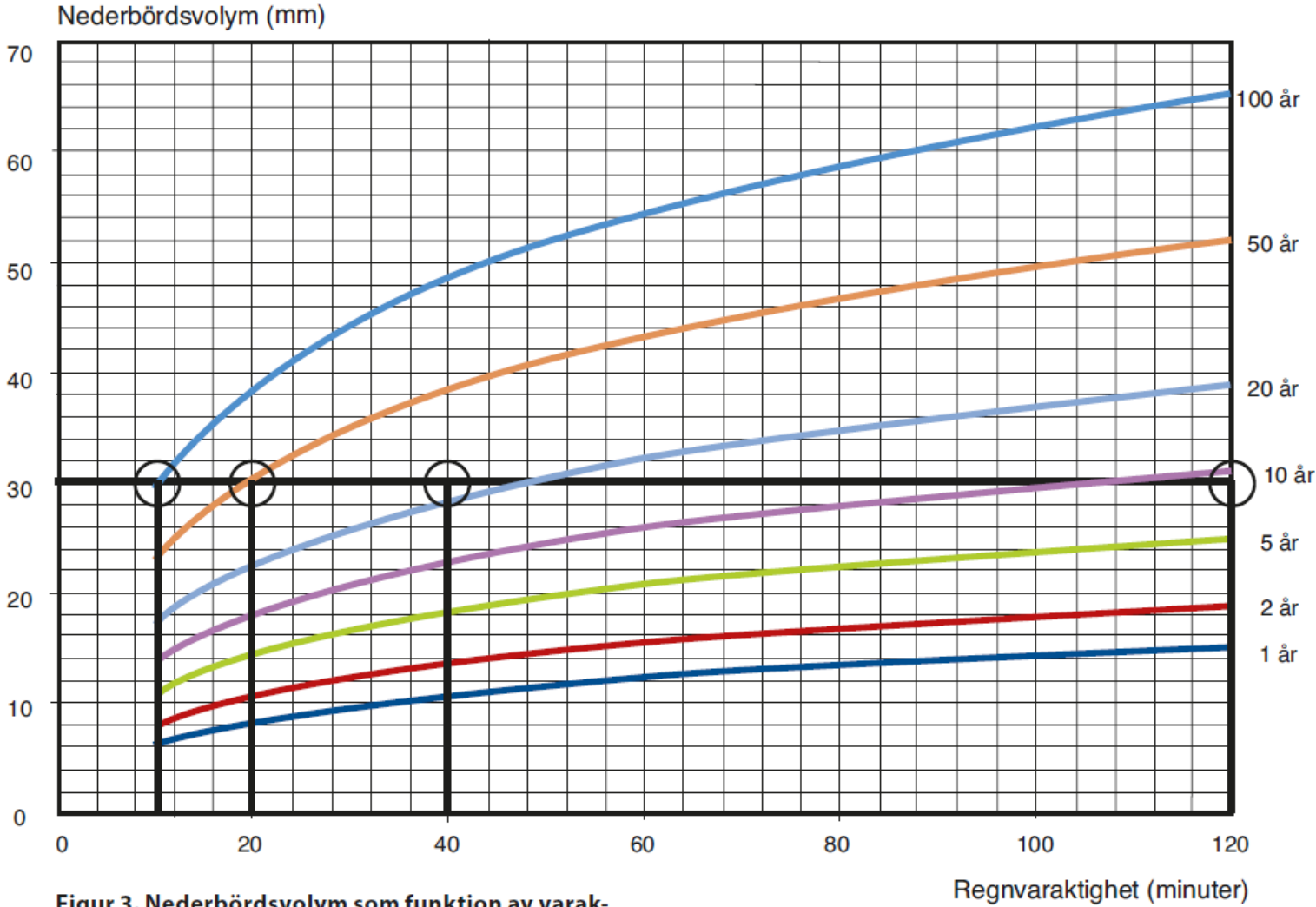
# Avrinning – respons på nederbörd/snösmältning

**Gruvdamm (restprodukt-/vattenhantering)**

- Litet AO (≈ magasin)
- Relativt små flöden/volymer
- Mättade förhållanden (inget markvattenunderskott)
- Snabb/kortvarig respons
- $T_c =$  Varaktighet  $\sim 30$  min–1 h
- Liten/ingen flödesdämpning



# Avrinning – dimensionerande nederbörd

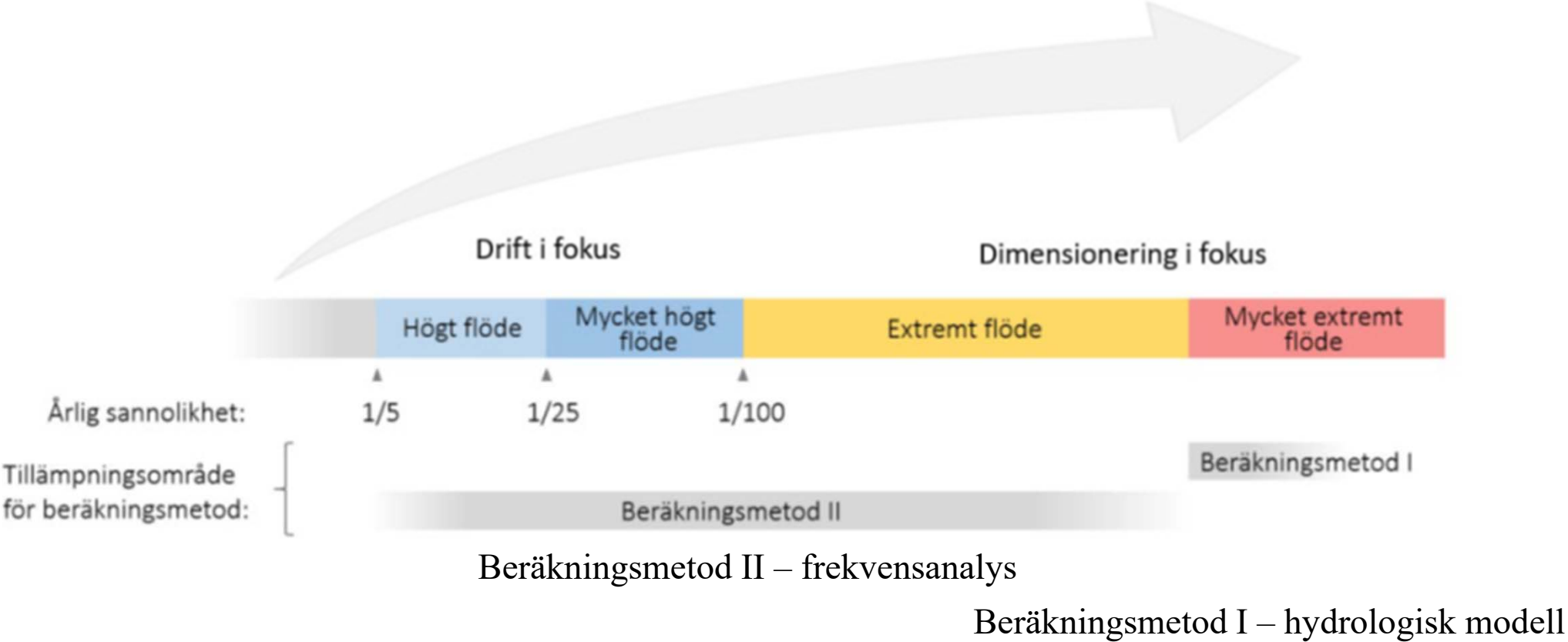


- Varaktighet >  $T_c$ :  
Underskattad intensitet
- Varaktighet >  $T_c$ :  
Överskattad intensitet

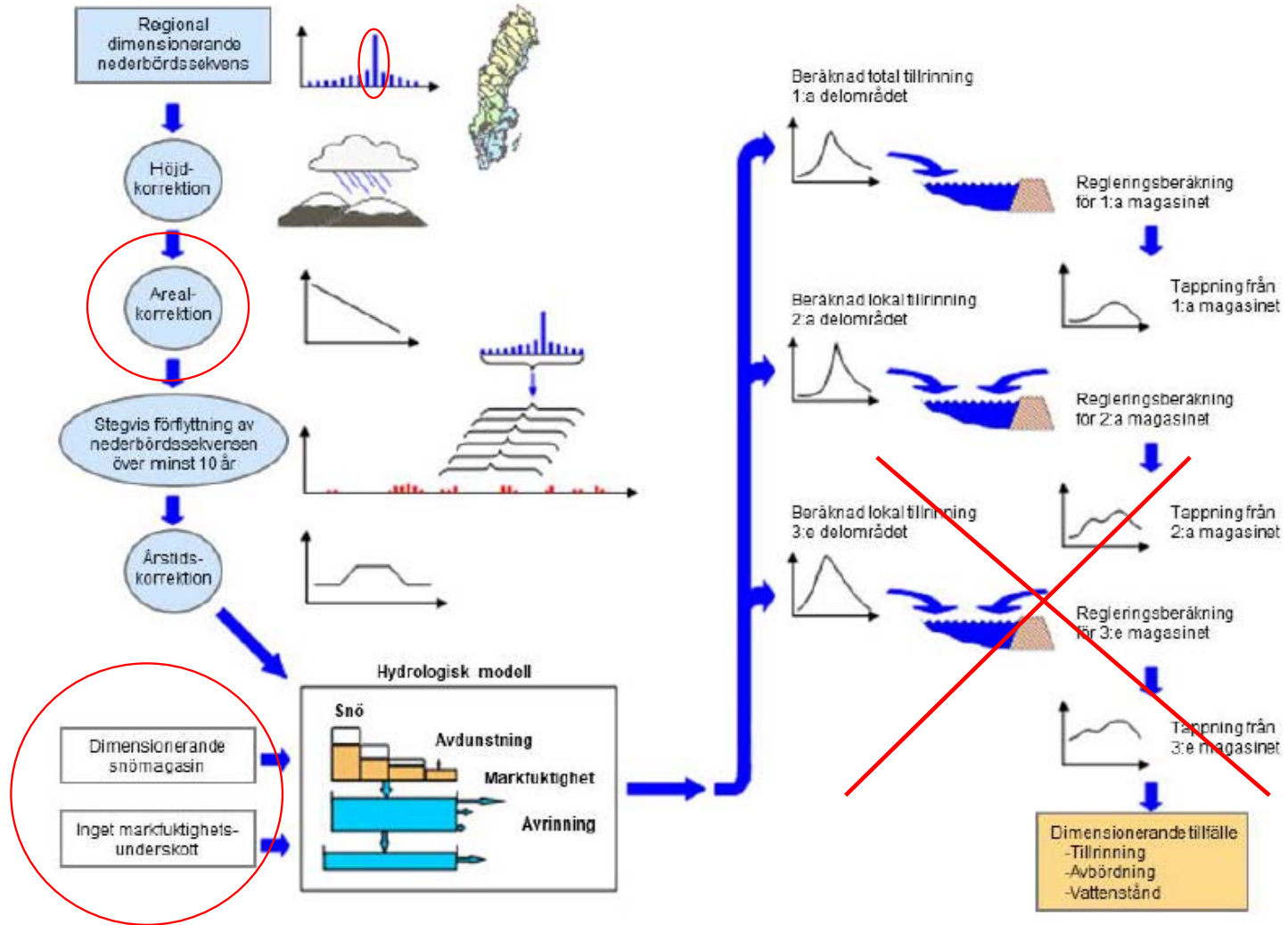
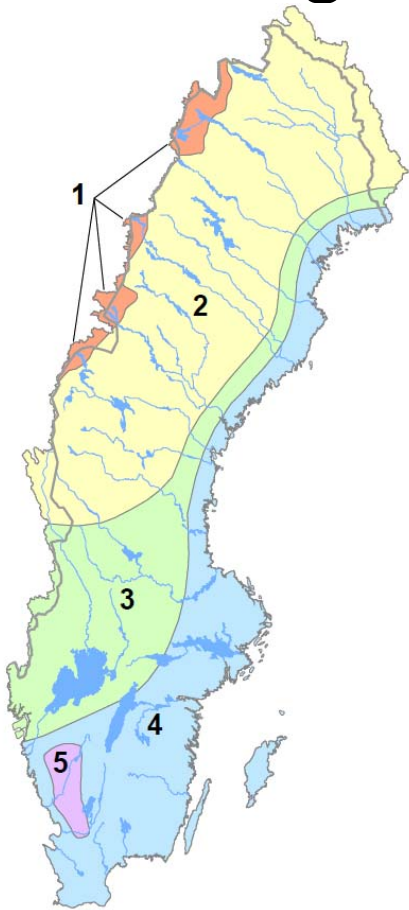
Figur 3. Nederbördsvolym som funktion av varaktighet och återkomsttid. Källa: Svenskt Vatten P110, kap 1.8.

→ Minskande intensitet

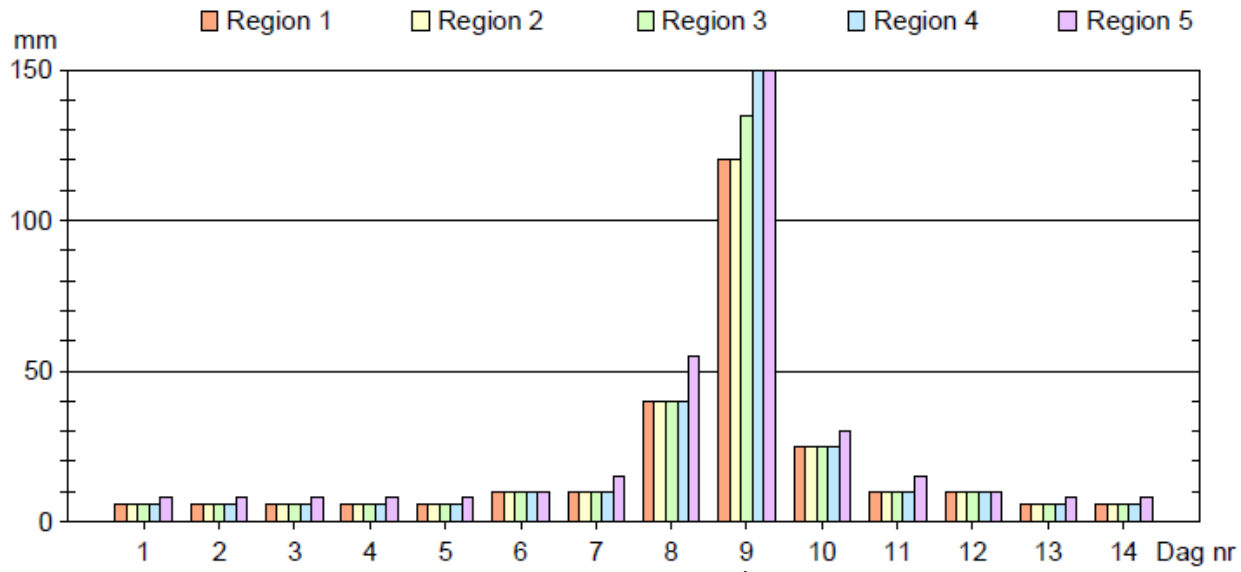
# Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar



# Beräkningsmetod I – gruvdammar



# Beräkningsmetod I – gruvdammar



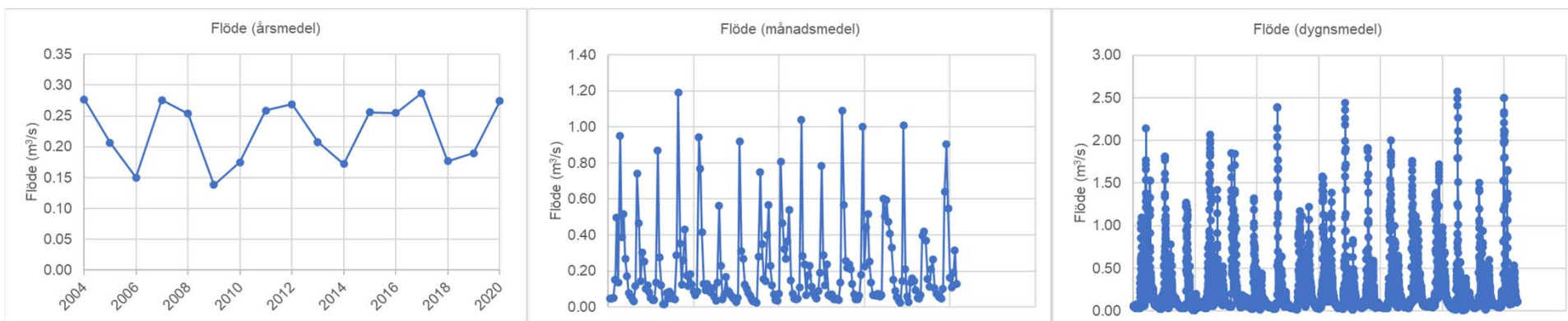
Timme	Andel(%)
1	1
2	1
3	2
4	7
5	10
6	50
7	15
8	8
9	2
10	2
11	1
12	1

<b>Timme</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>%</b>	3	3	3	3	3	10	25	15	10	10	3	3	3	3	3



# Beräkningsmetod II – gruvdammar

- Frekvensanalys av tillrinning
- Frekvensanalys av extrem nederbörd (skyfall) + (intensiv) snösmältning
- Frekvensanalys av beräknade flöden (ex. S-HYPE) – representativitet?

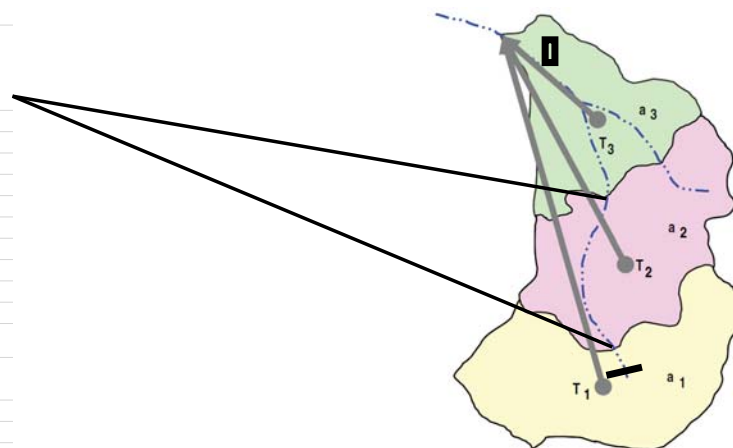


## Flödesstatistik (1991-2020)

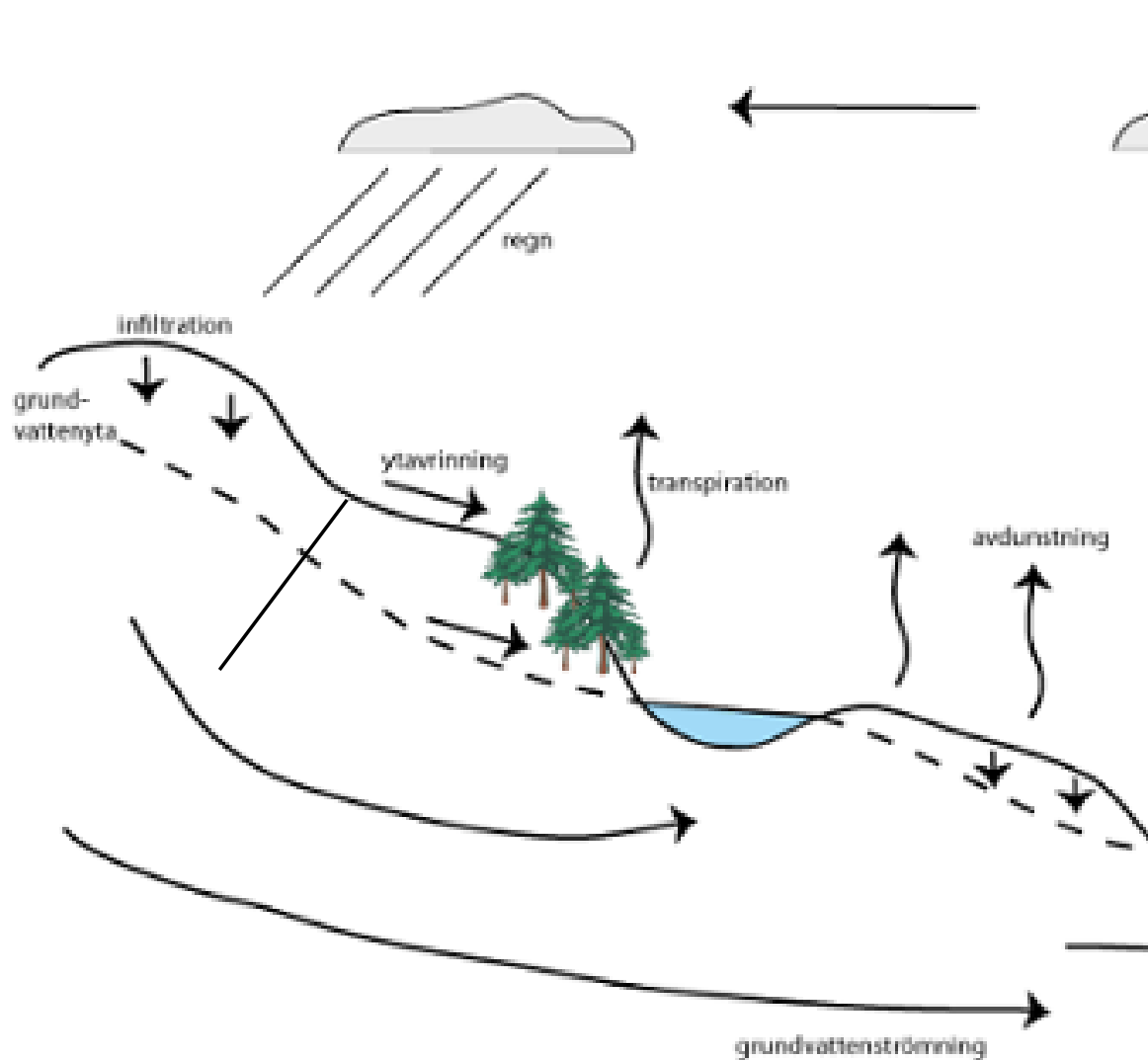
	Total vattenföring [m³/s]	Total stationskorrigerad vattenföring [m³/s]	Total naturlig vattenföring [m³/s]
HQ50	2.95	2.95	2.95
HQ25	2.71	2.71	2.71
HQ10	2.38	2.38	2.38
HQ5	2.12	2.12	2.12
HQ2	1.73	1.73	1.73
MHQ	1.80	1.80	1.80
MQ	0.22	0.22	0.22
MLQ	0.03	0.03	0.03

## Vattenbalans (1991-2020)

	Delavrinningsområdet	Hela avrinningsområdet
Nederbörd [mm/år]	702	702
Evapotranspiration [mm/år]	390	390
Avrinning [mm/år]	312	312



# Dimensionerande flöde i ett förändrat klimat



- Osäkerhet vid dimensionering – ökar med tidshorisontens (anläggningens livs-)längd
- **Drivande (flödeskapande) faktorer:** Vårflod/höstregn
  - Nederbörd (nederbördsmonster, fördelning regn/snö)
  - Snösmältning Tidpunkt, snömängd, intensitet
- **Reglerande (flödesdämpande) faktorer:**
  - Avrinningsområdets storlek och egenskaper
  - Rådande hydrologiska förhållanden, flödesvägar Lufttemperatur – Evaporation (transpiration) – Markvattenunderskott

# Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar

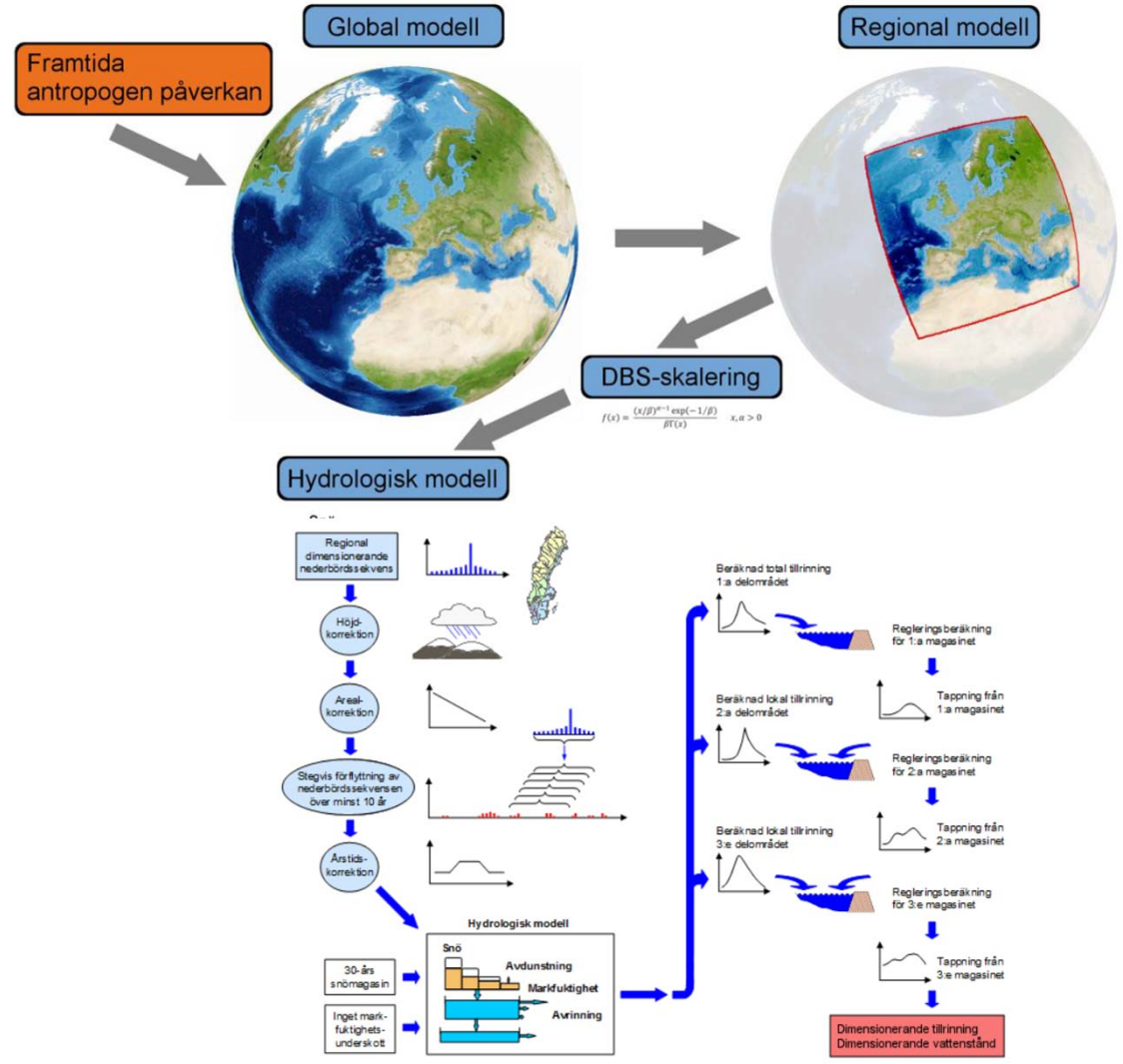
## 3.3 Klimat i förändring

Klimatet är i förändring (IPCC, 2019; IPCC, 2021) vilket också medför förändringar i hydrologiska förhållanden. Förändringar i förekomst, storlek och karaktär av höga flöden orsakade av snösmältning och nederbörd (Arheimer & Lindström, 2015) kan förväntas inom den tekniska livslängden för dammar, vilket medför att klimat i förändring bör beaktas vid beslut av dimensionerande flöde. De nuvarande klimatologiska förutsättningarna för beräkningsmetoderna för dimensionerande flöden har undersökts (Bergström m.fl, 2008; German m.fl, 2014; Losjö m.fl, 2019) utan att föranleda revision av metodiken.

Ett vattensystems känslighet för klimatförändringar bör analyseras genom utnyttjande av klimatscenarier som beskriver både omfattande och mindre omfattande klimatförändringar (Hallberg m.fl., 2014). Metodiken för detta behöver vara väl dokumenterad och vila på vetenskapligt grund (Svenska kraftnät m.fl., 2011).

Nya förutsättningar kan leda till att beräkningar av dimensionerande flöden behöver revideras. Osäkerheter om hur klimatet förändras får inte hindra att nödvändiga dammsäkerhetshöjande åtgärder vidtas. Dessa bör vidare utformas så att flexibilitet och marginaler skapas där så är rimligt.

# Metodutveckling och scenarier

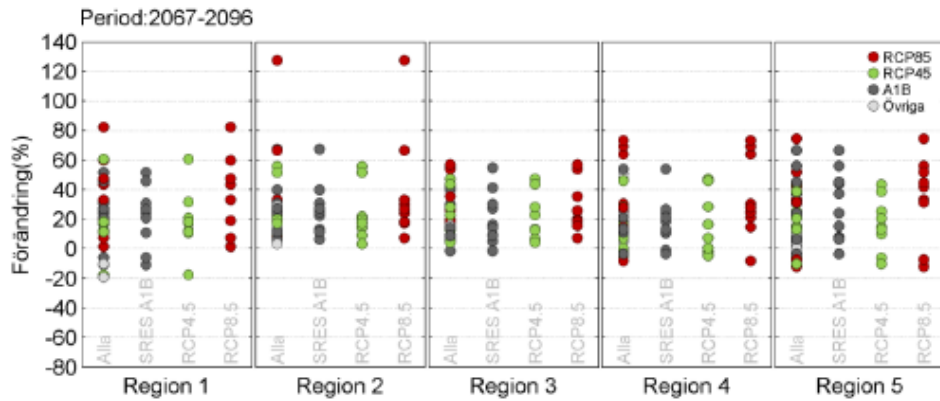


- Utsläppscenarier
- Global klimatmodell
- Nedskalning → regional klimatmodell
- Skalering → Hydrologisk modell
- Rationalisera beräkningsmetodiken
- Scenarier/modeller – branschgemensamma frågor
- Komplexa samband drivande/reglerande faktorer – förändras i tid och rum

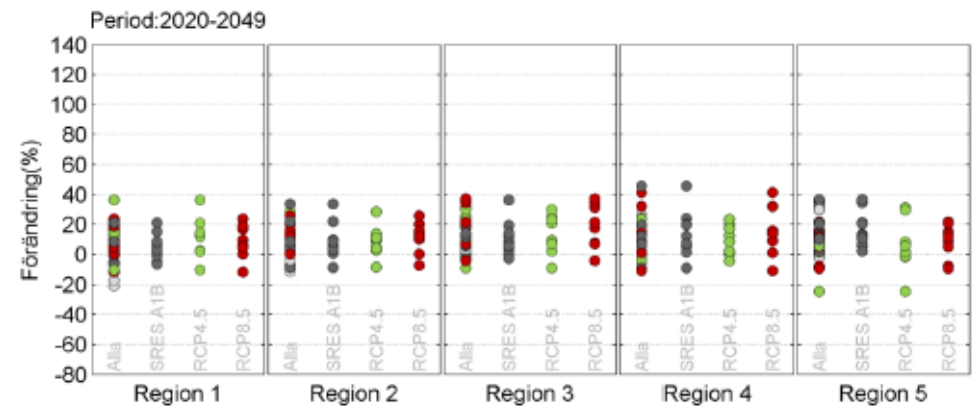
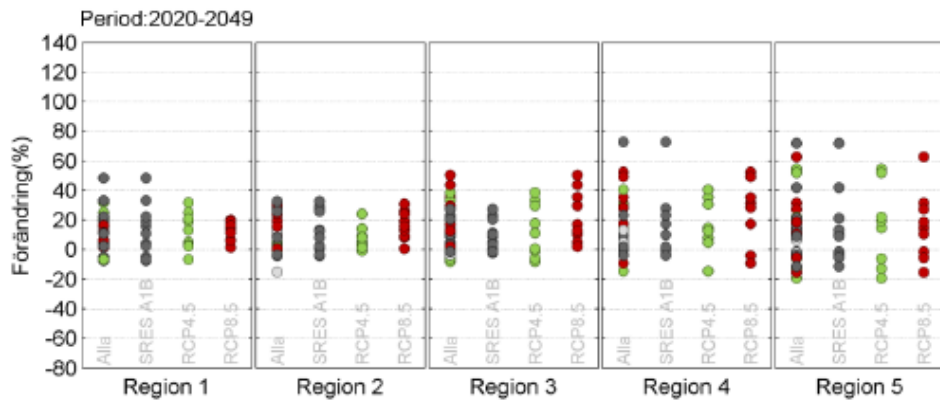
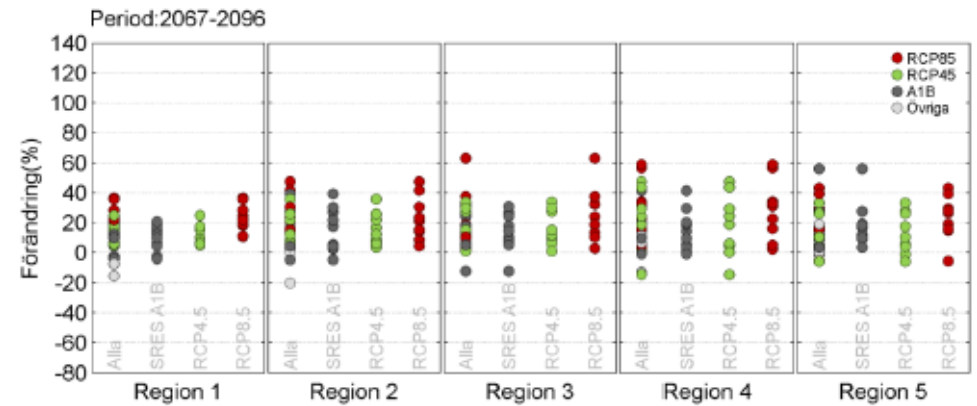


# Exempel – dimensionerande nederbördssekvens för allvarlighetsklass 1

Nederbördssekvensens maxvärde (dag 9)  
(ref. 1961–1990)

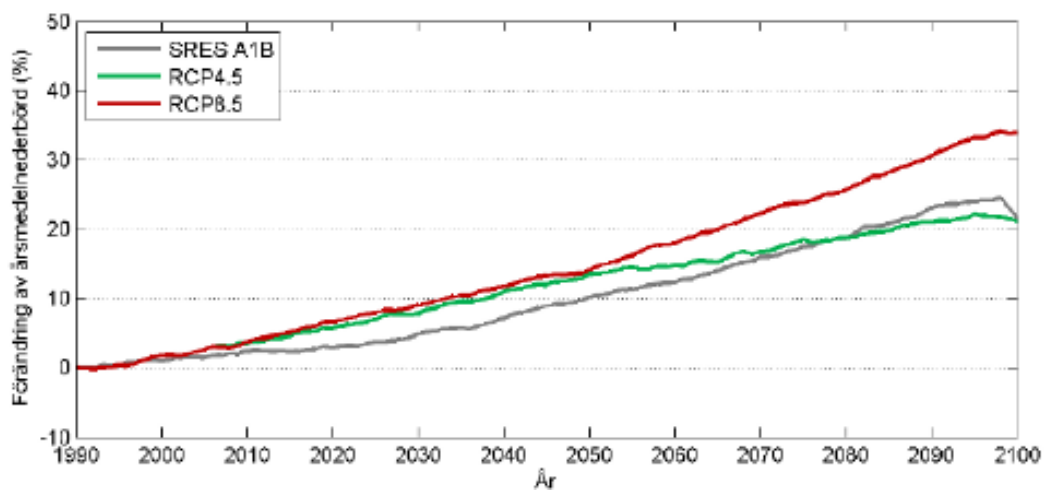
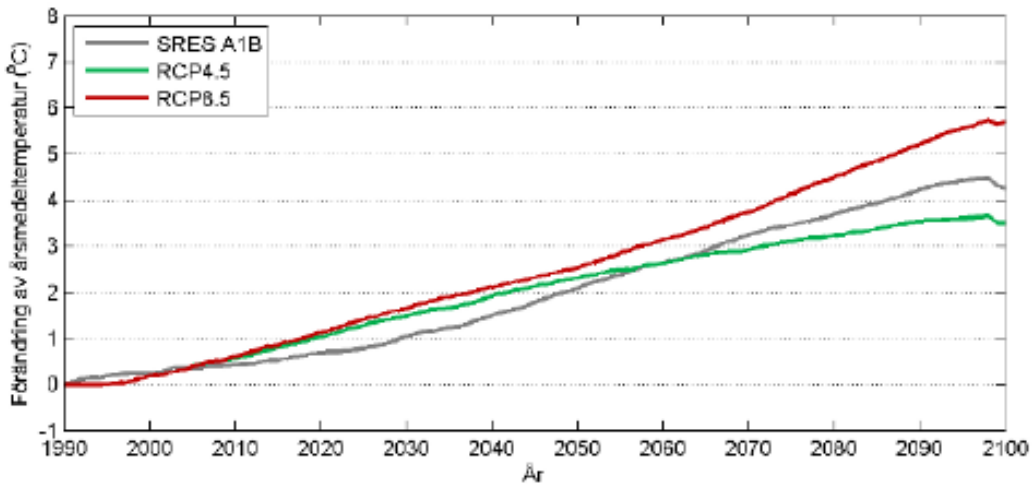
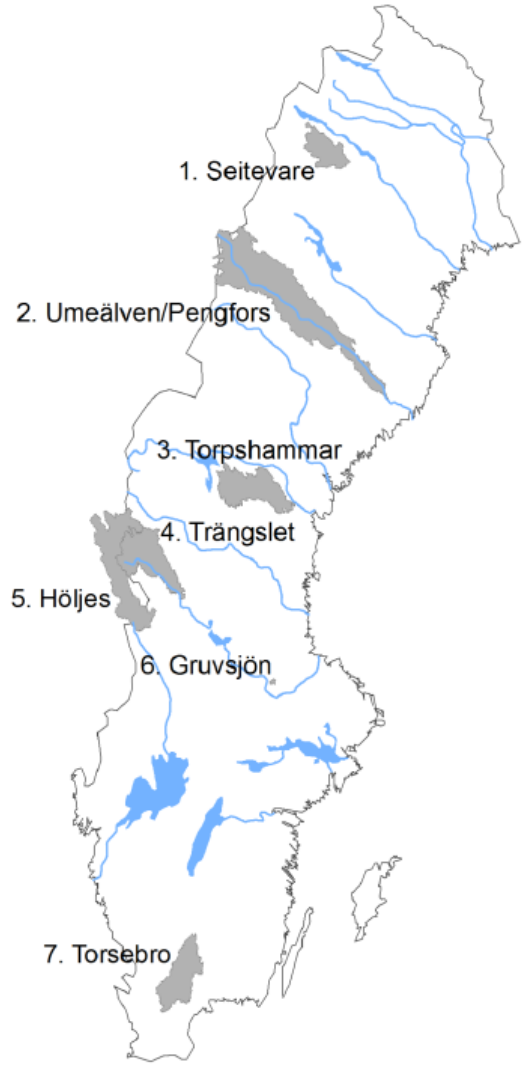


Nederbördssekvensens volym (dag 1–14)  
(ref. 1961–1990)



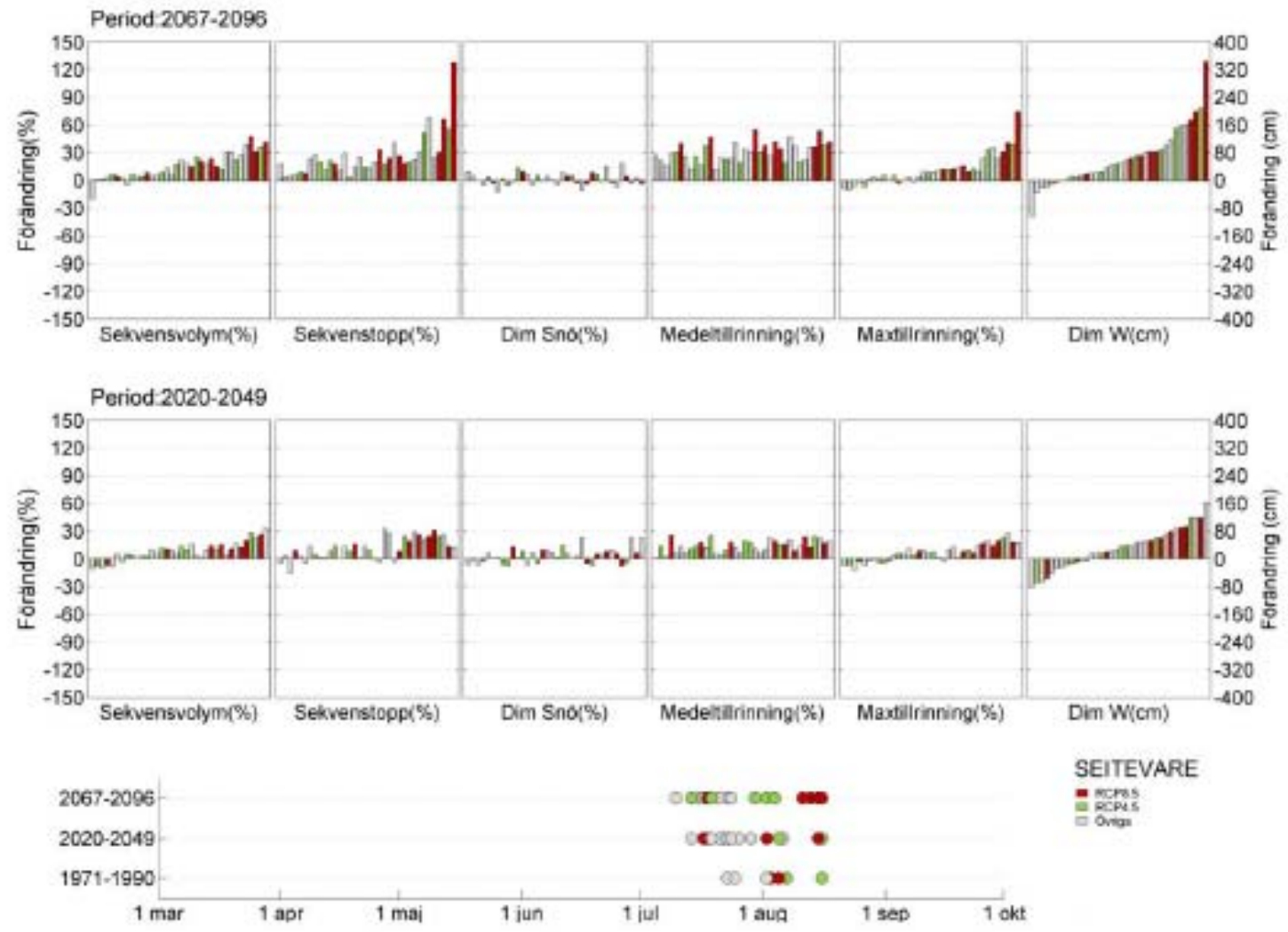
# Exempel – dimensionerande flöde för allvarlighetsklass 1

Seitevare (ref. 1961–1990)



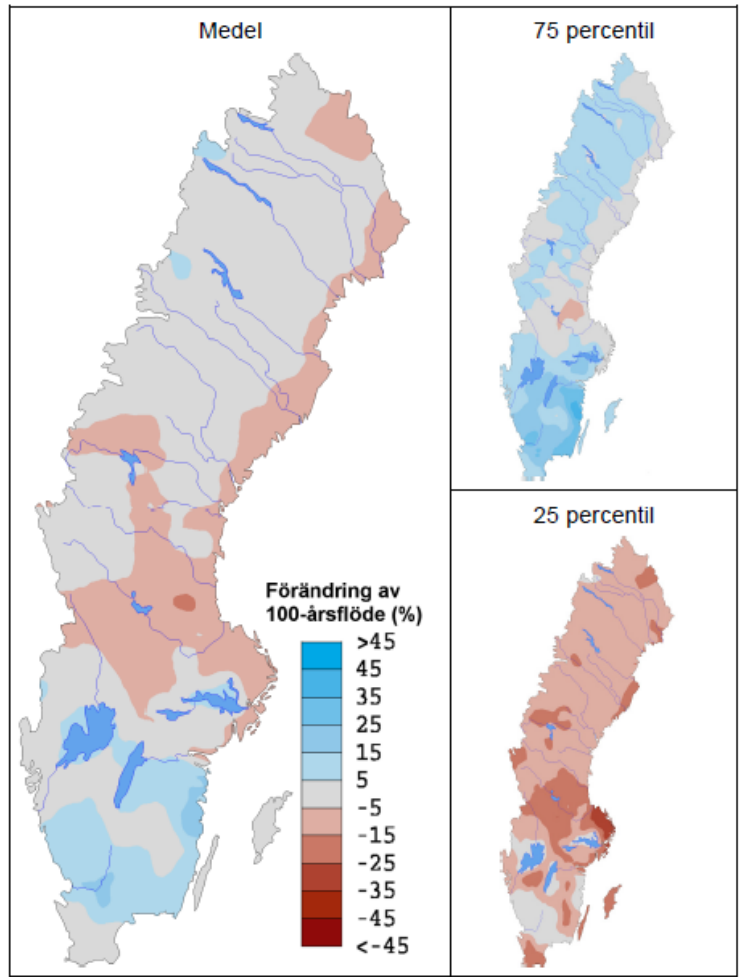
# Exempel – dimensionerande flöde för allvarlighetsklass 1

Seitevare (ref. 1961–1990)

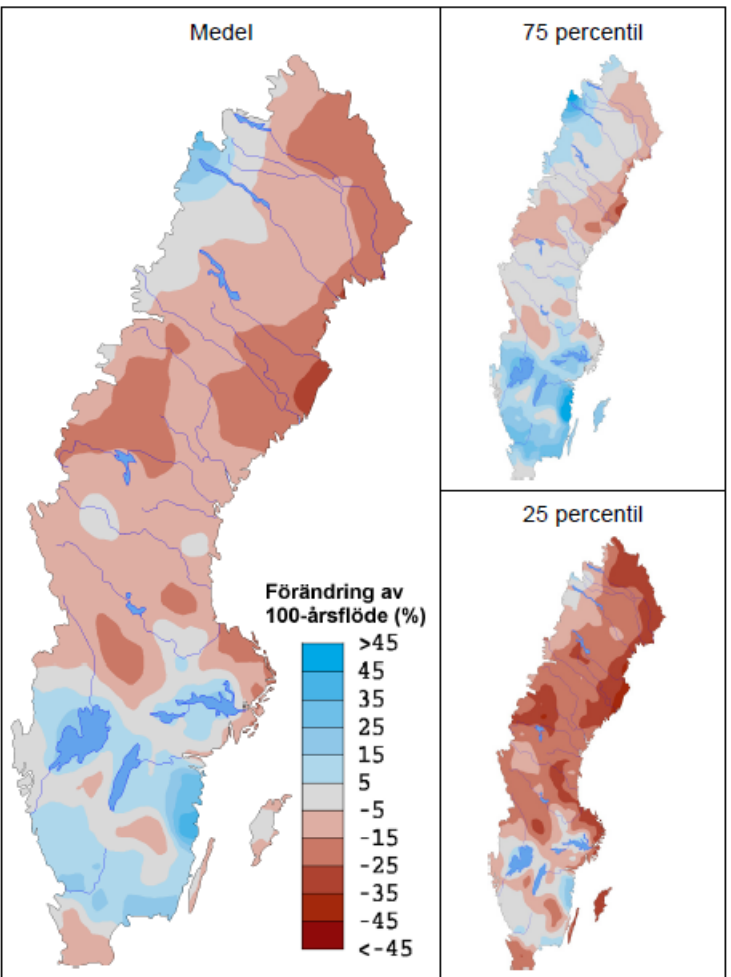


# Exempel – flöden med årlig sannolikhet 1/100

2021–2050



2069–2098



Genomsnittlig förändring av "100-årsflödet" inom ramarna för naturlig variabilitet under andra halvan av 1900-talet



# Dimensionerande flöde i ett förändrat klimat

Område	100-årsflöde (totalt)	Flödesdimensioneringsklass I
Seitevare	± 0	+
Pengfors	-	-
Skimmuddselet	-	-
Torpshammar	-	-
Trängslet	-	-
Höljes	-	-
Gruvsjön	-	+
Glafs fjorden	± 0	-
Vänern	+	+
Hyltebruk	+	+
Torsebro	+	-

# Gruvdammar – dimensionerande flöde i ett förändrat klimat

- Avbördning: Dimensionerande nederbördssekvens (dygn 9, fördelat på timmar) + snösmältning
- Magasinering: Dimensionerande volym (dag 1–14)
- Frekvensanalys av extrem dygnsnederbörd (fördelat på timmar) + snösmältning
- *Framförhållning* – rön, trender
- *Flexibilitet* – successiv utbyggnad dammar och utskov ("klimatanpassning" naturlig del)
- *Marginaler* – hantera osäkerhet vid dimensionering, ökar med tidshorisontens (anläggningens livs-)längd

# Gruvdammar – översikt över befintliga marginaler

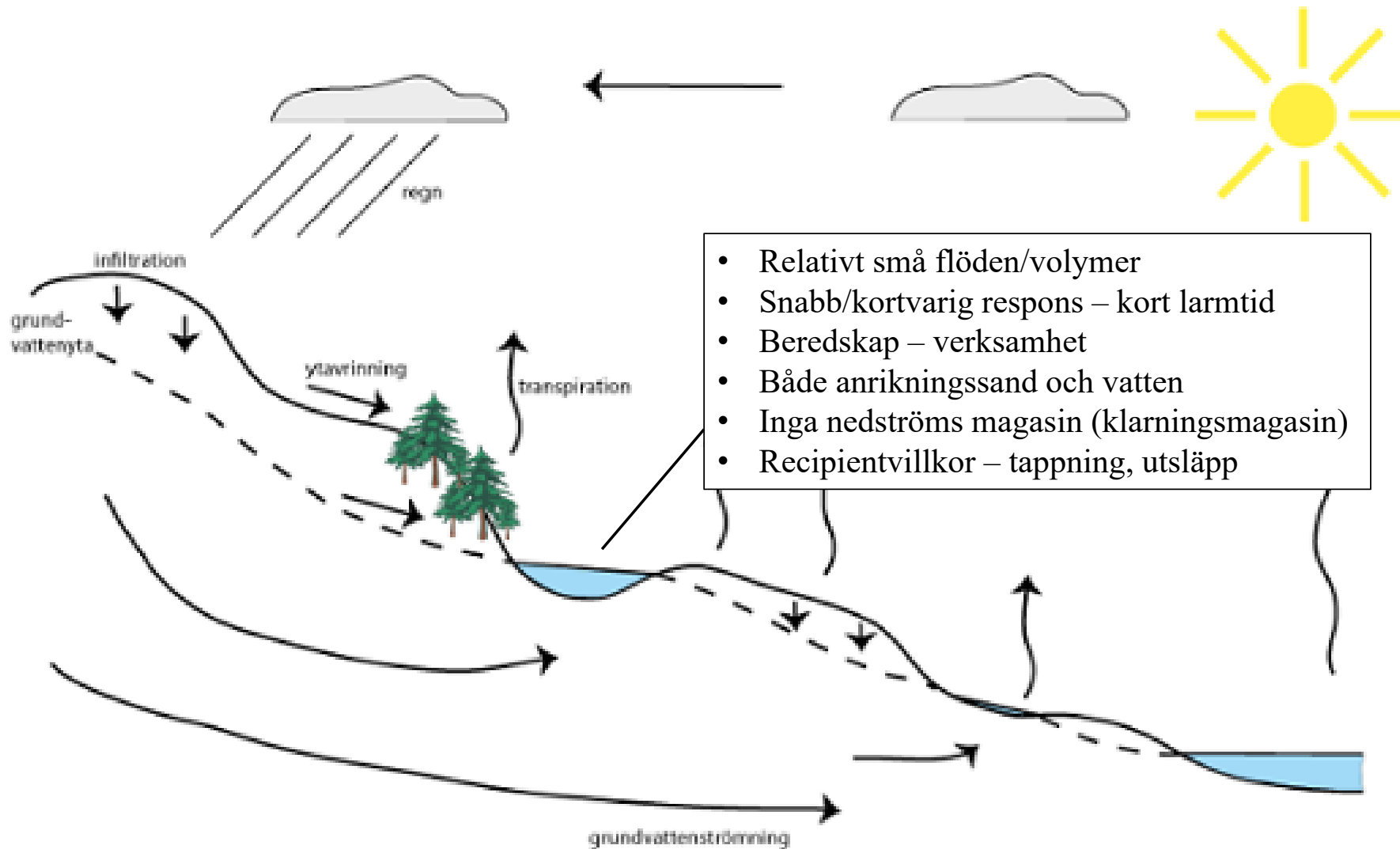
## Flöde med årlig sannolikhet 1/100:

- Klass II-dammar:
  - 4/5 vid DG
  - 2/5 +20 % vid DG
  - 2/5 +50–100 % vid DG
  - (1/5 klarar inte 1/100 utan överströmning av DK)
- Klass I-dammar:
  - 11/13 +20 % (eller mer) vid DG
  - 9/13 +100 % vid DG

## Flöde för allvarlighetsklass I:

- Klass I-dammar:
  - 10/13 under ö.k. TK
  - 3/13 +20 % under ö.k. TK

# Gruvdammar – hantering av högflödessituationer



# Sammanfattning

- Beräkning av dimensionerande flöde – förutsättningar vid gruvdammar

*Snabb/kortvarig respons*

- Hantering av osäkerheter – dimensionerande flöde i ett förändrat klimat

*Framförhållning – Flexibilitet – Marginaler*

- Hantering av högflödessituationer – förutsättningar vid gruvdammar

*Kort larmtid – Beredskap*