

Overvann i inn i planleggingen

VA-dagene Midt-Norge
4.nov 2021
Værnes

Kim H. Paus
Førsteamanuensis, NMBU



Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet







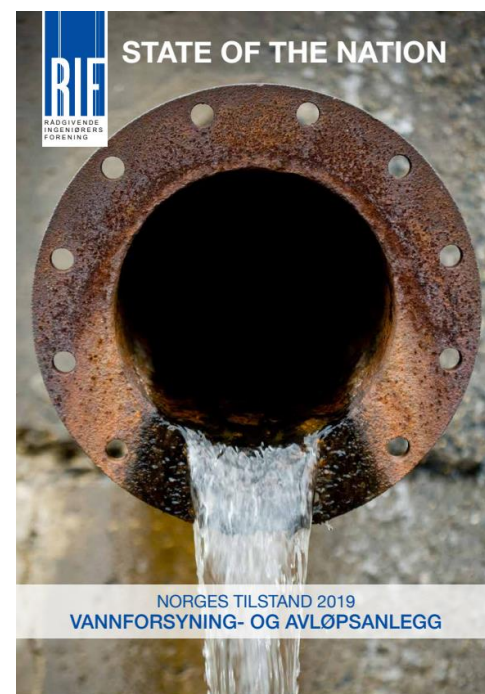
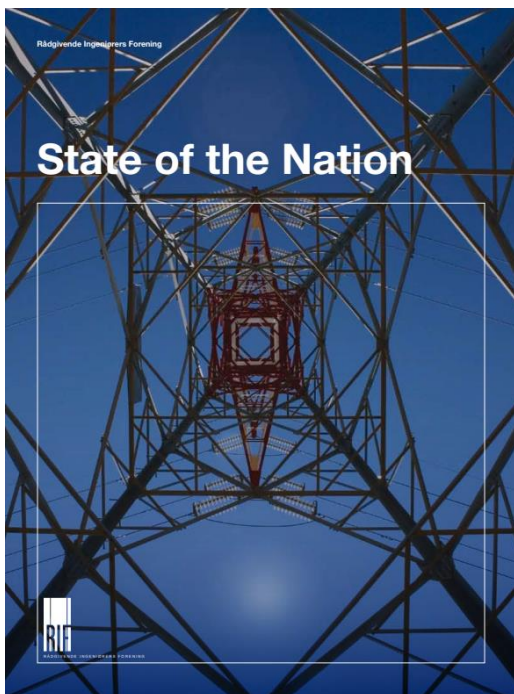
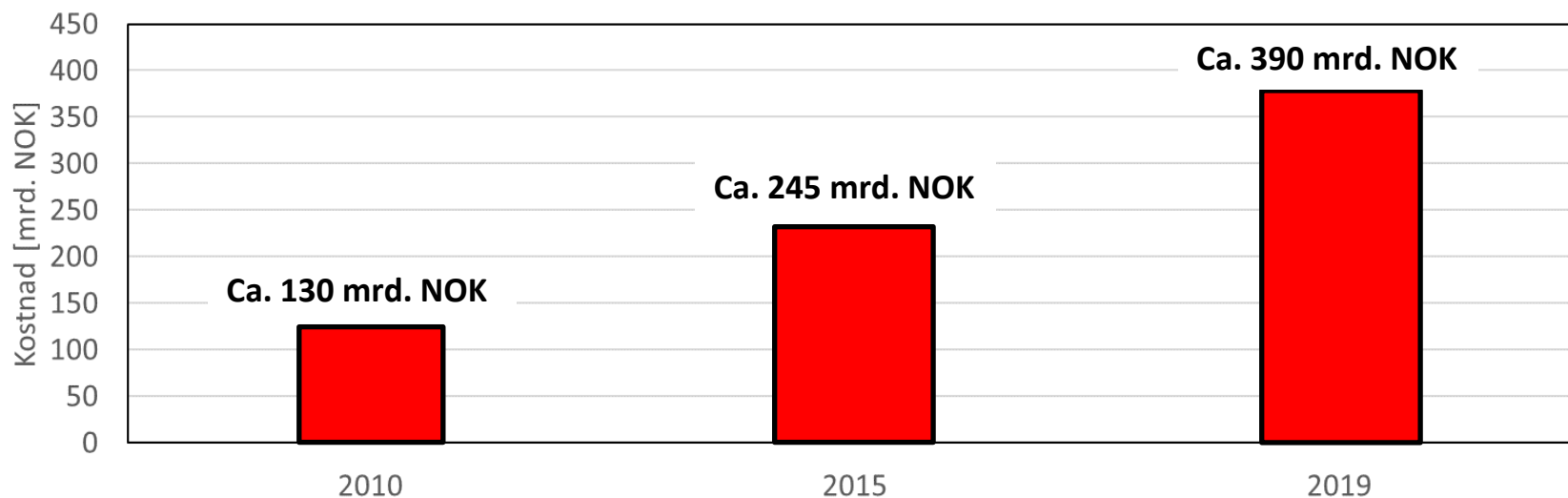
JERNBANE
4 200 km

—

VEIER (RIKS, FYLKES, KOMMUNALE):
93 000 km



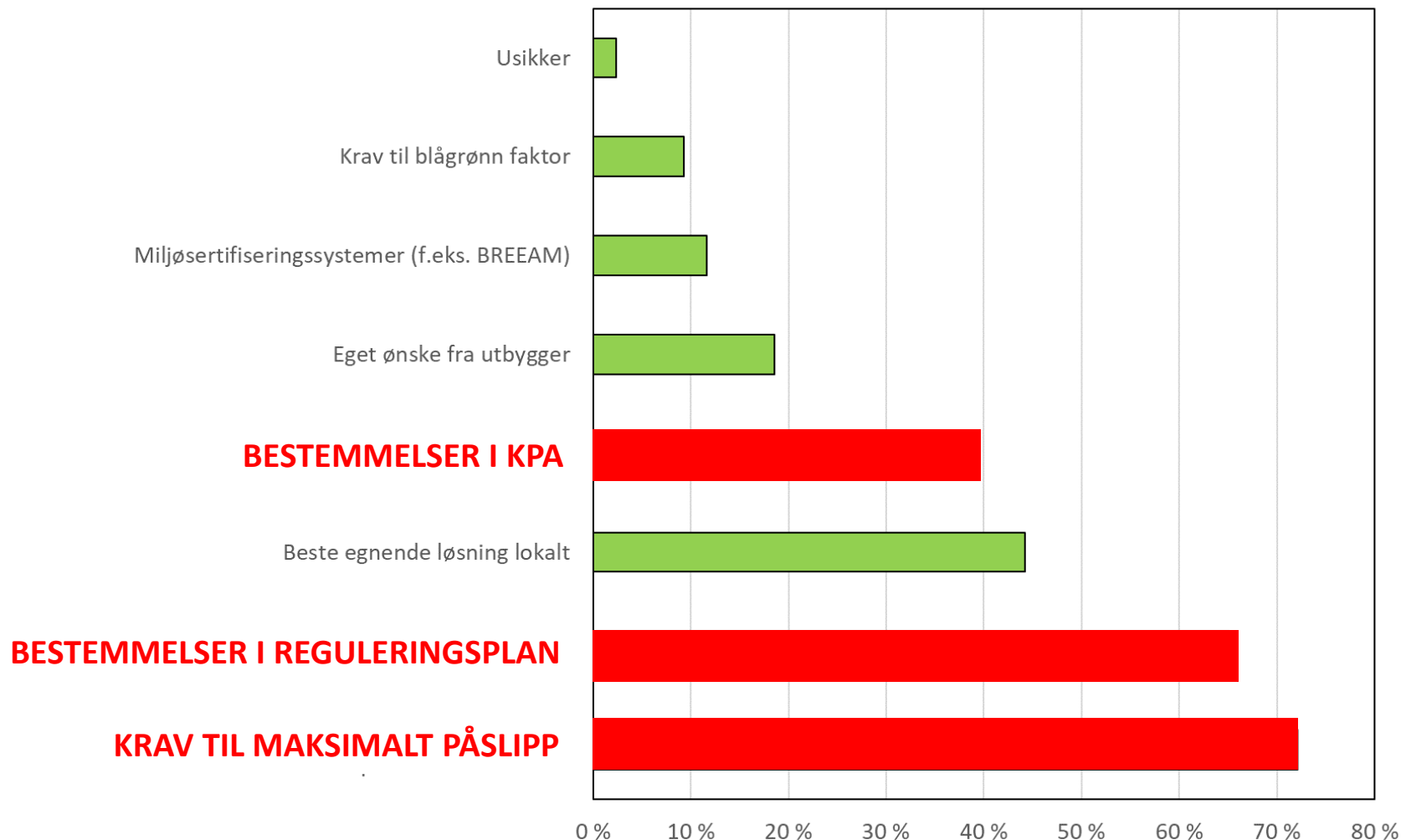
Behov for oppgradering av VA-anlegget



Hva er utløsende for etablering av overvannstiltak?

Fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner

Hva mener du har vært utløsende for etablering av overvannstiltak:



Trinn 0: Vurdering av overvann i tidlig fase

Hva skjer (for) ofte med overvannet i tidlig fase?

Minimal vurdering av overvann på reguleringsplannivå

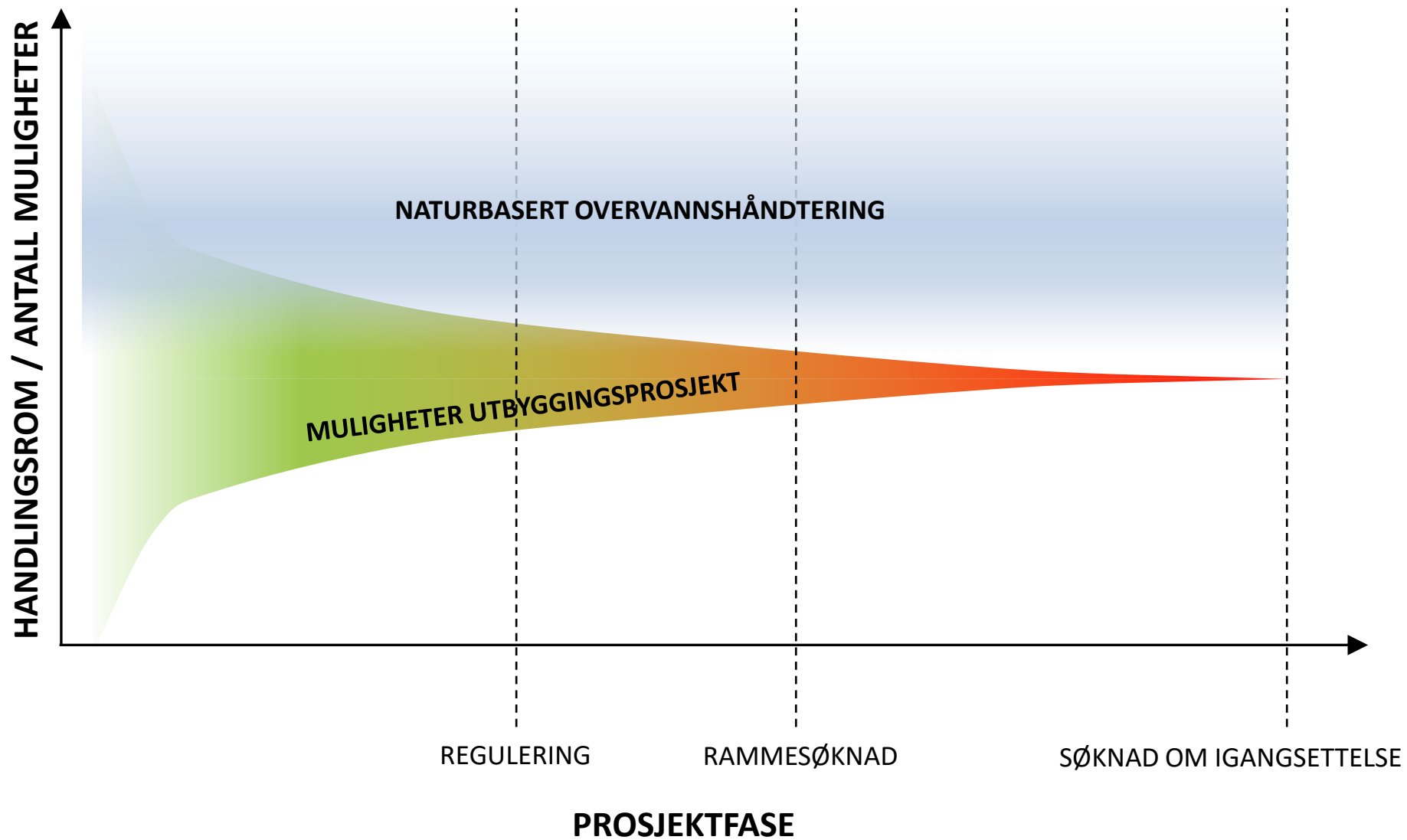
= Fellesbestemmelser, standardbestemmelser og/eller vage bestemmelser

Eksempelvis:

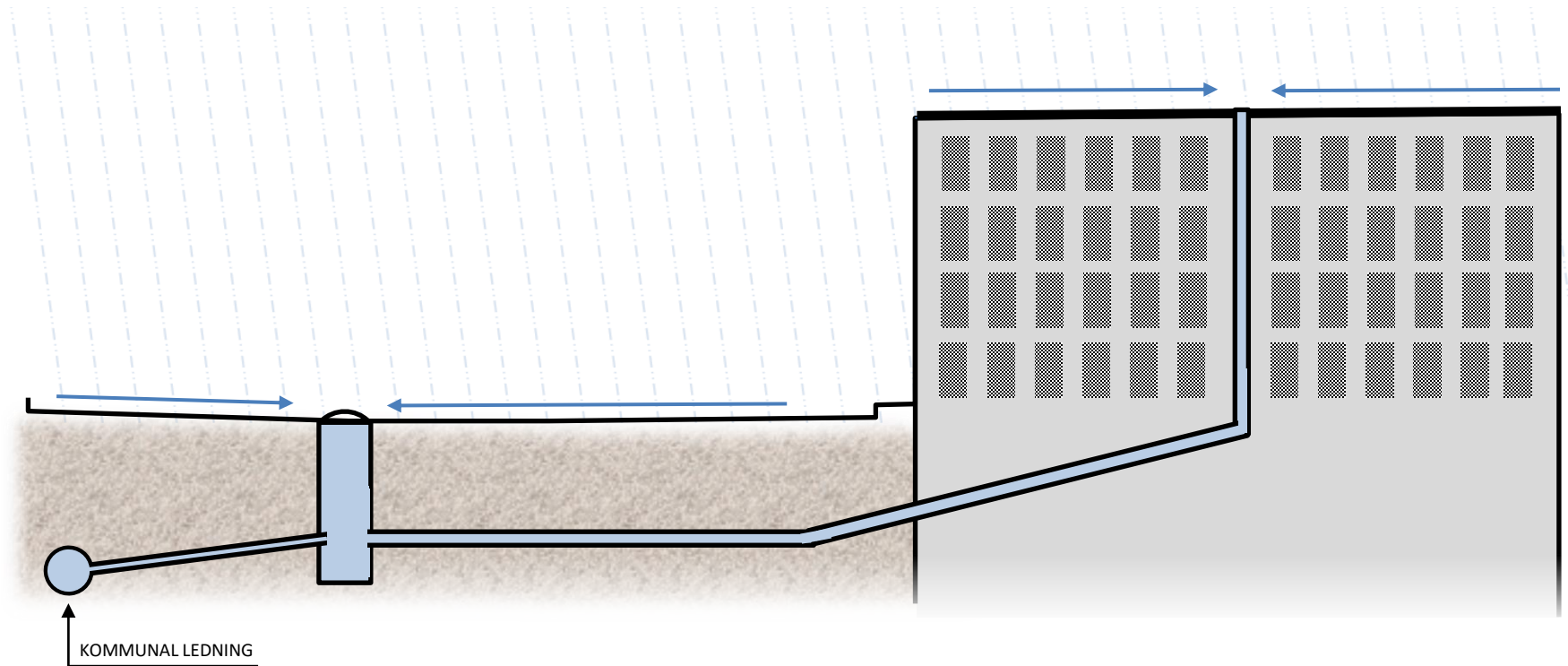
- Overvann skal **i den grad det er mulig** tilbakeføres grunnen ... (det var ikke mulig – for mye leire)
- Overvann skal **fortrinnsvis** infiltreres lokalt.. (det ble parkeringskjeller i stedet for infiltrasjon av overvann)
- Overvann skal håndteres ved bruk av **mest mulig** naturbaserte løsninger.. (det blir sedumtak på den ene garasjen)
- Overvann skal håndteres **forsvarlig**.. (det virker forsvarlig å gjøre slik vi gjorde forrige gang)
- Bebyggelsen skal utformes slik at **tilstrekkelig** sikkerhet mot overvannsskader oppnås..

Hvorfor er det slik?

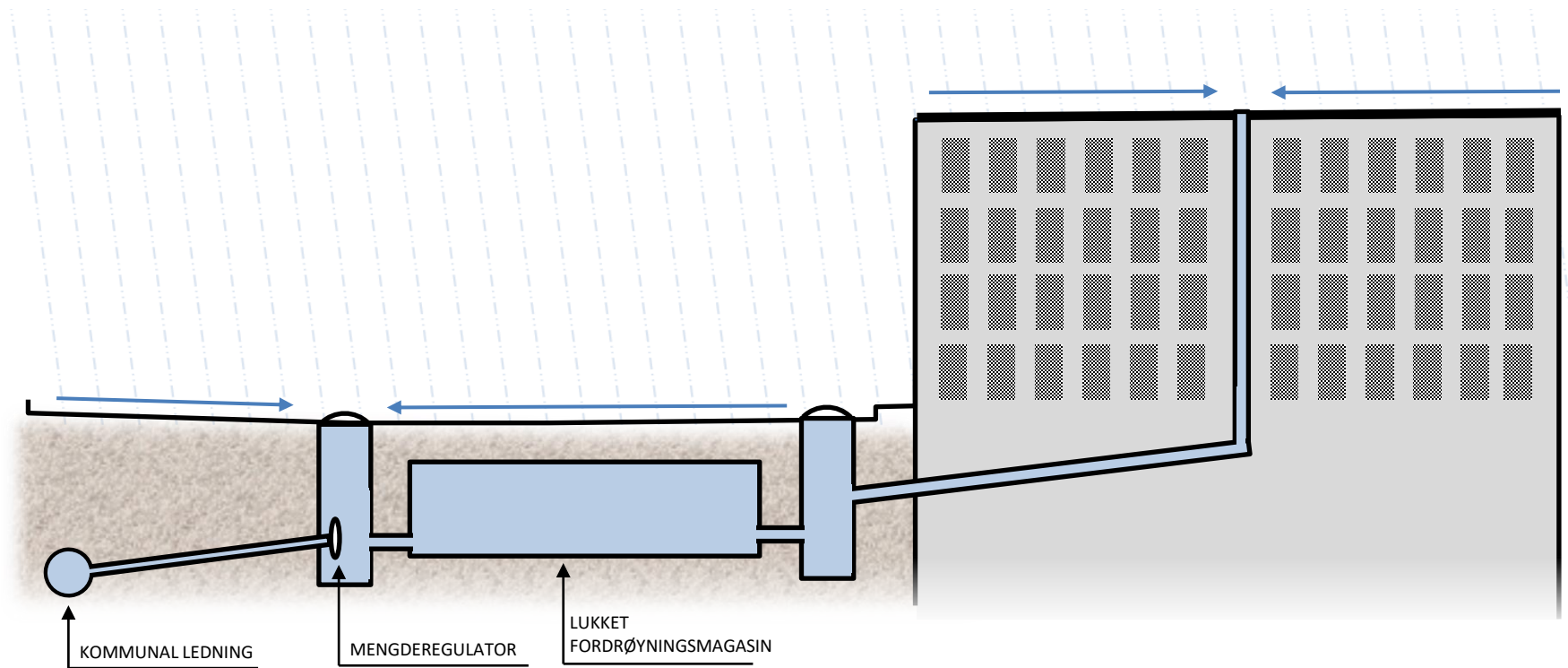
- Fordi det er rasjonalt å søke etter mest mulig fleksibilitet ift. arealbruk
- Fordi det mangler tverrfaglige og tilstrekkelig enkle metoder for vurdering
- Fordi vi ikke har snakket om krav til dimensjonering (risikoakseptnivå)



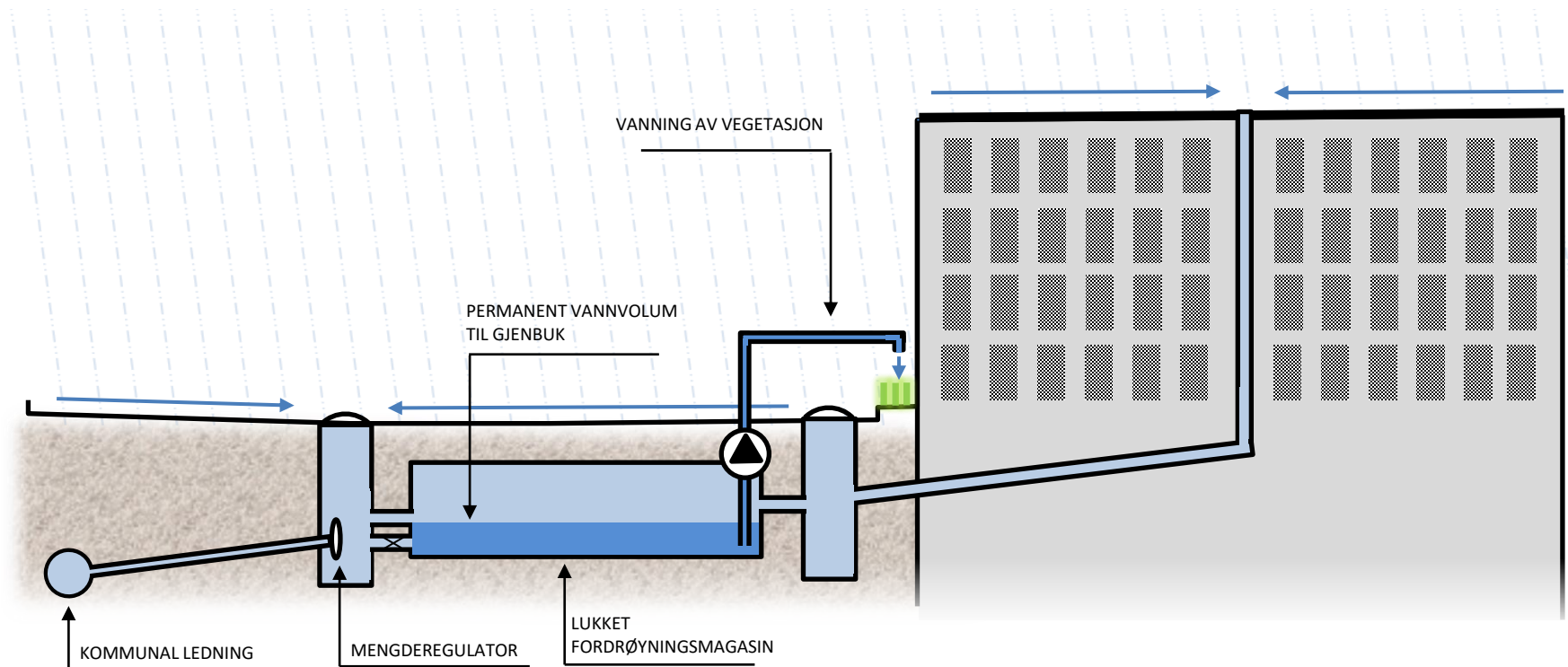
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



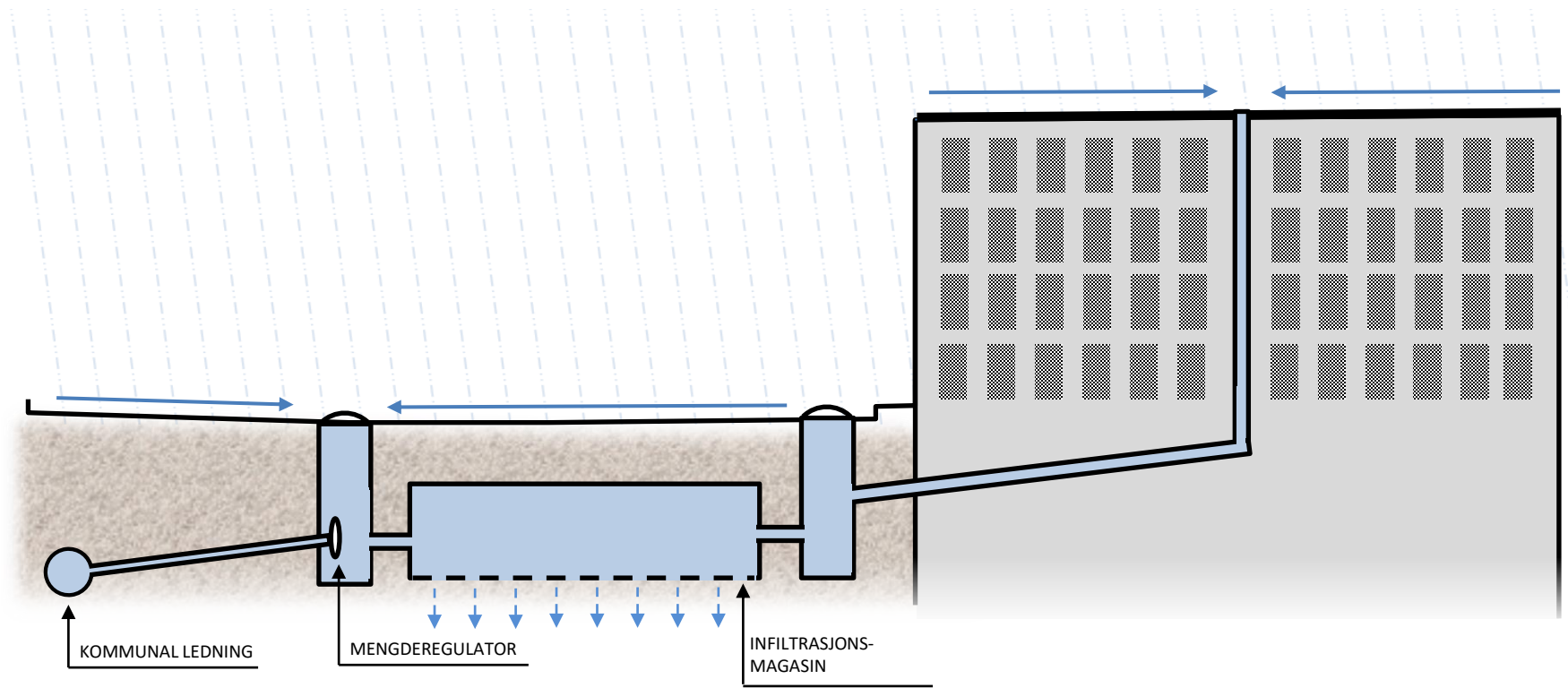
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



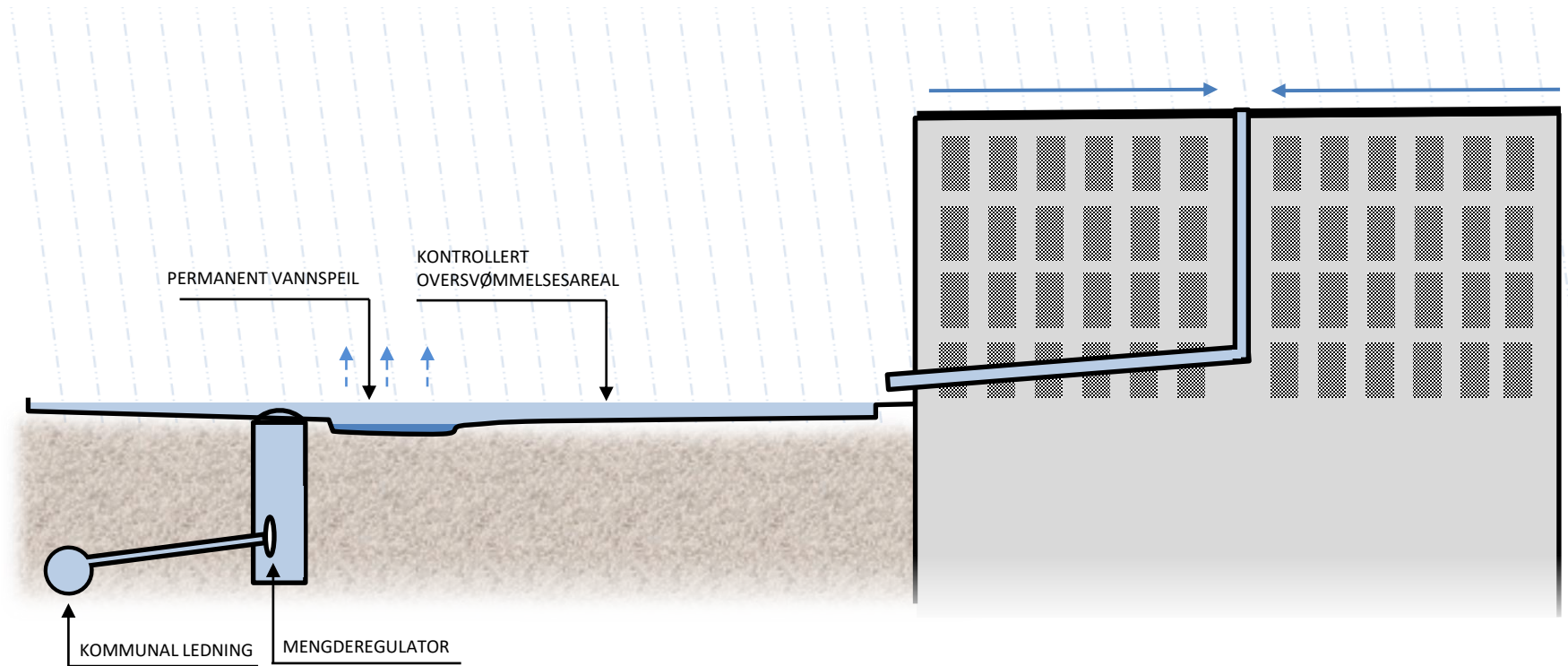
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



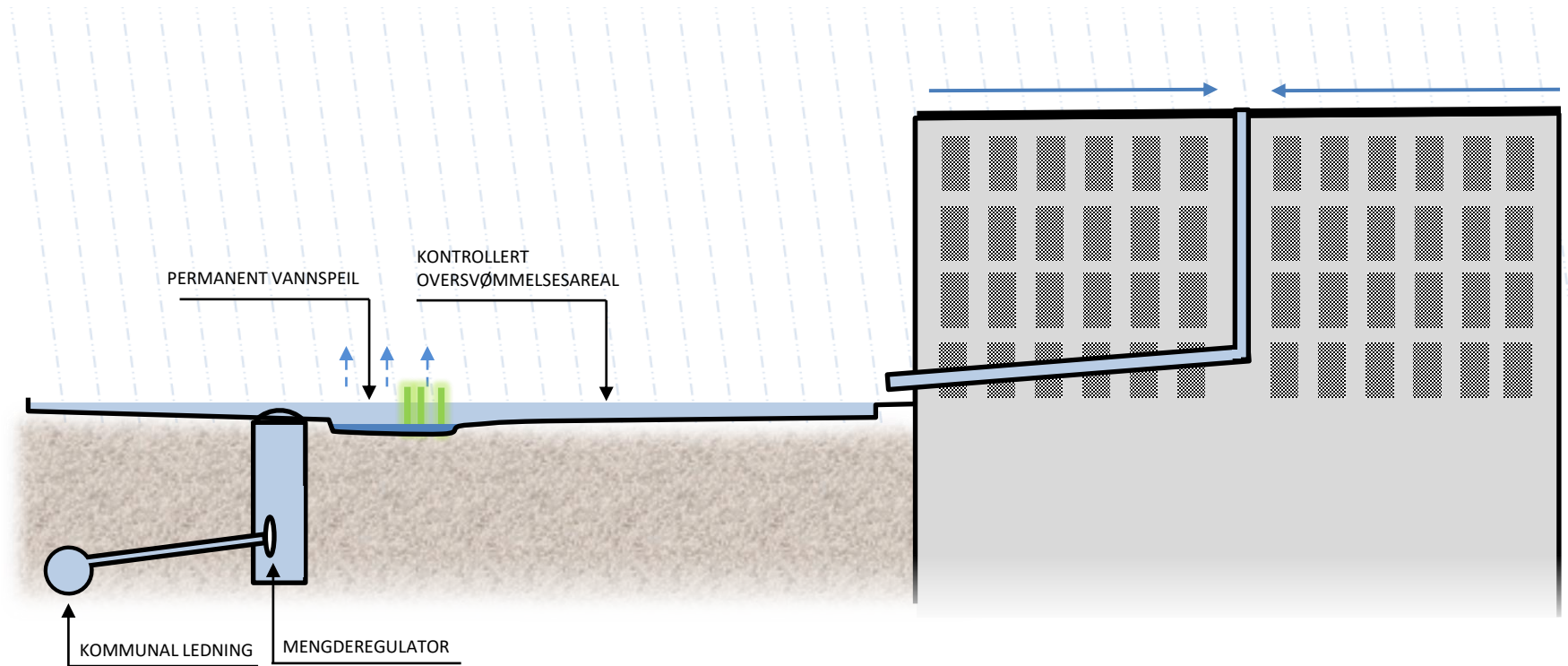
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



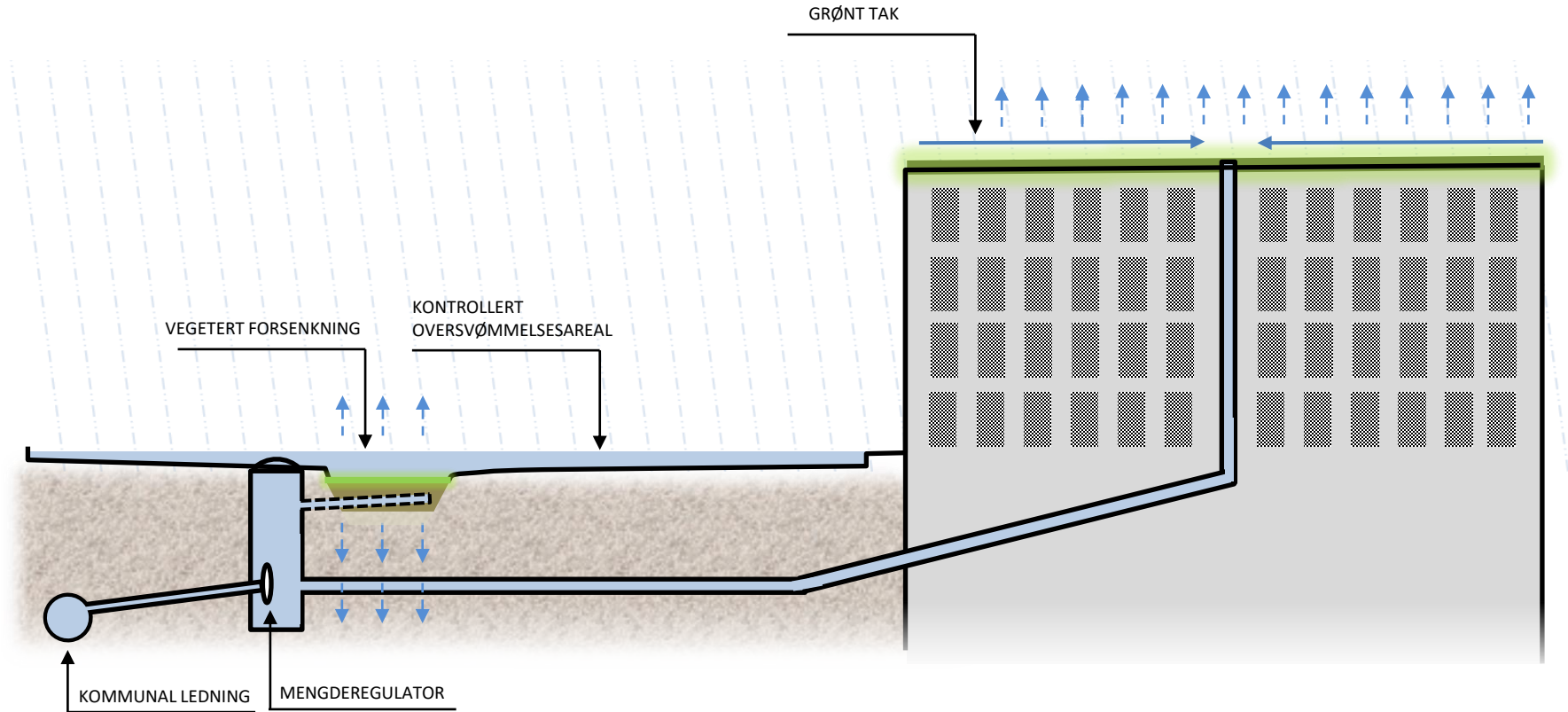
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



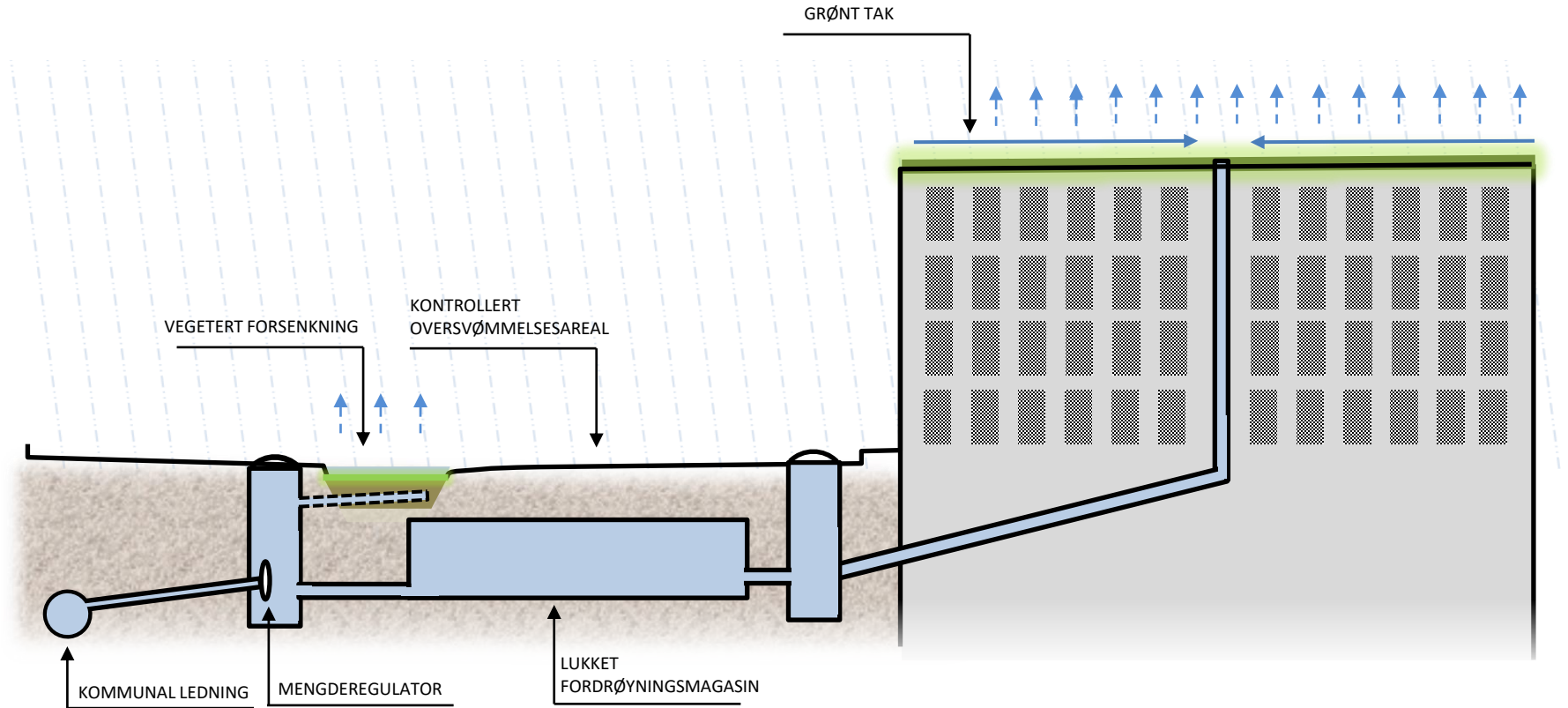
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



Hva er naturbasert overvannshåndtering?



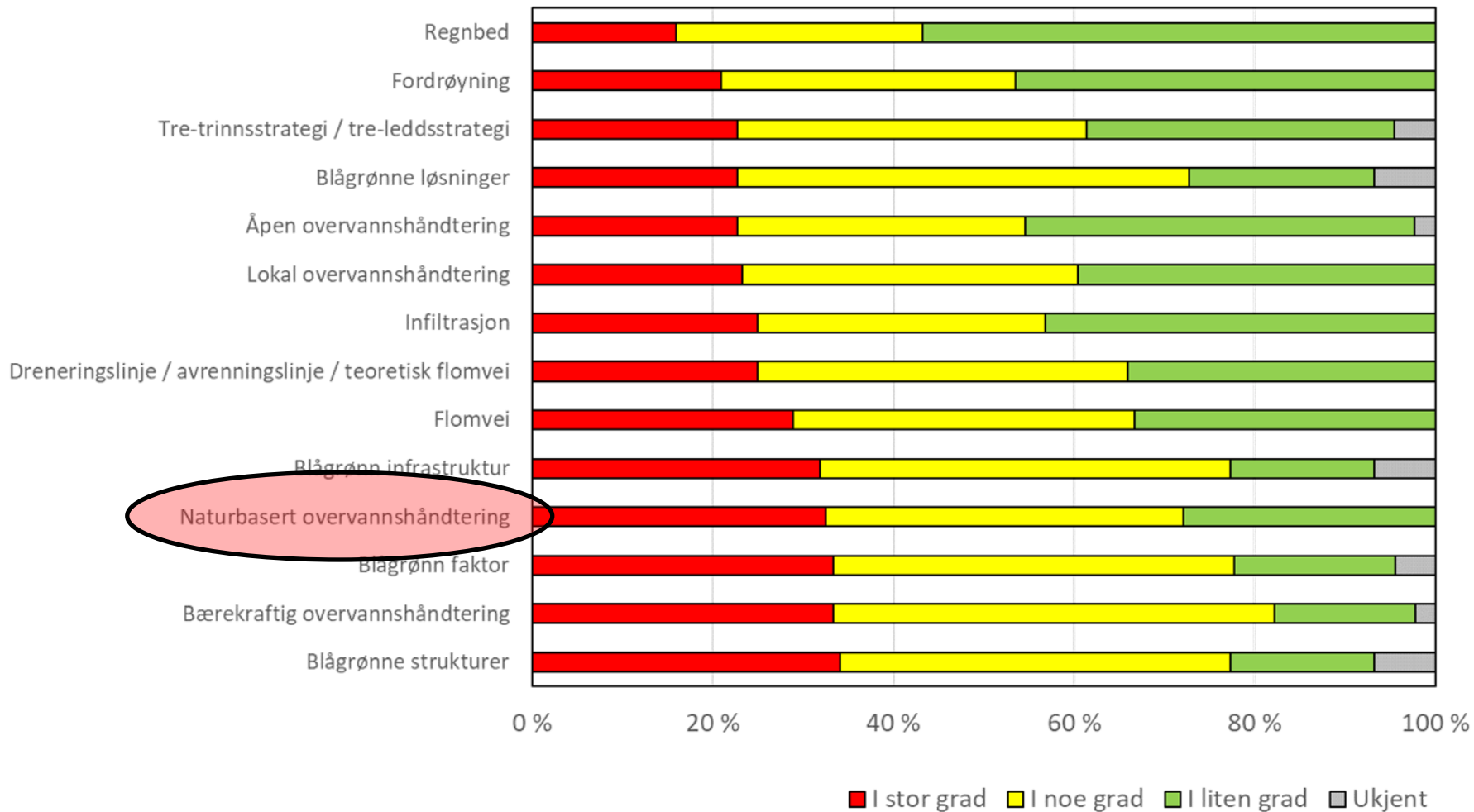
Hva er naturbasert overvannshåndtering?



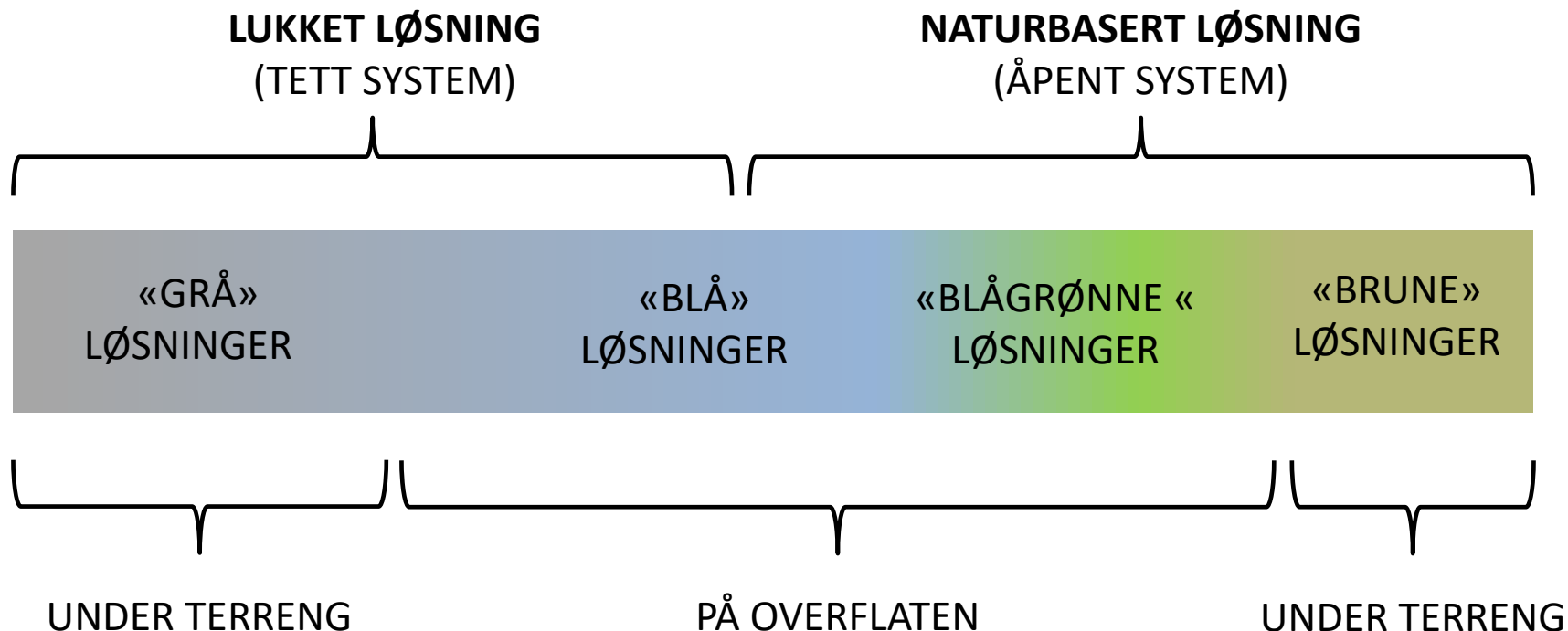
Hva er naturbasert overvannshåndtering?

(fordeling av svar fra VA-ressurser i 45 kommuner)

Jeg opplever et behov for tydeligere definisjon av følgende begreper:



Forslag til definisjoner



EKSEMPLER

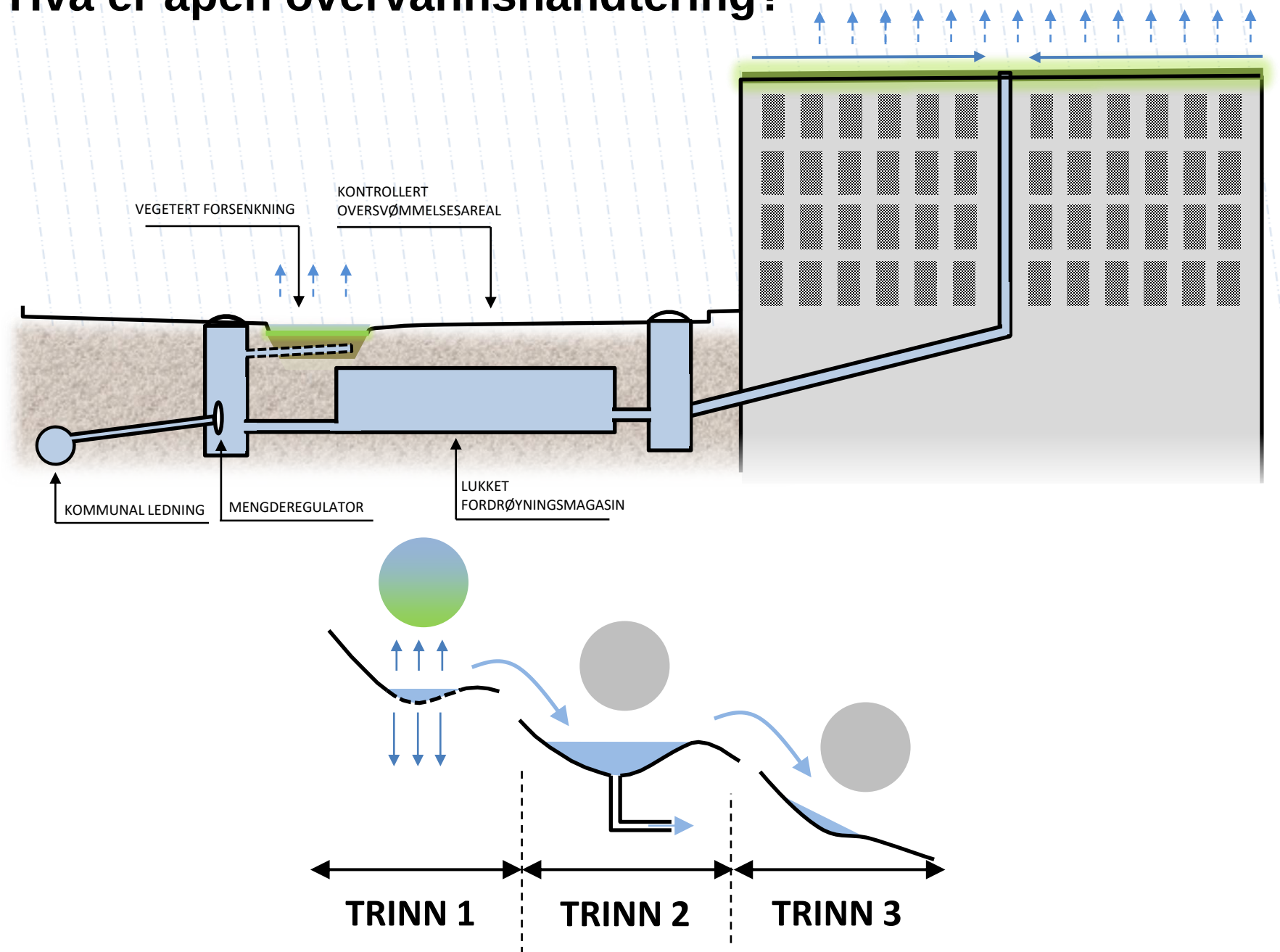
- SLUK OG RØR
- RØR-MAGASINER
- STØPTE MAGASINER
- SANDFANG

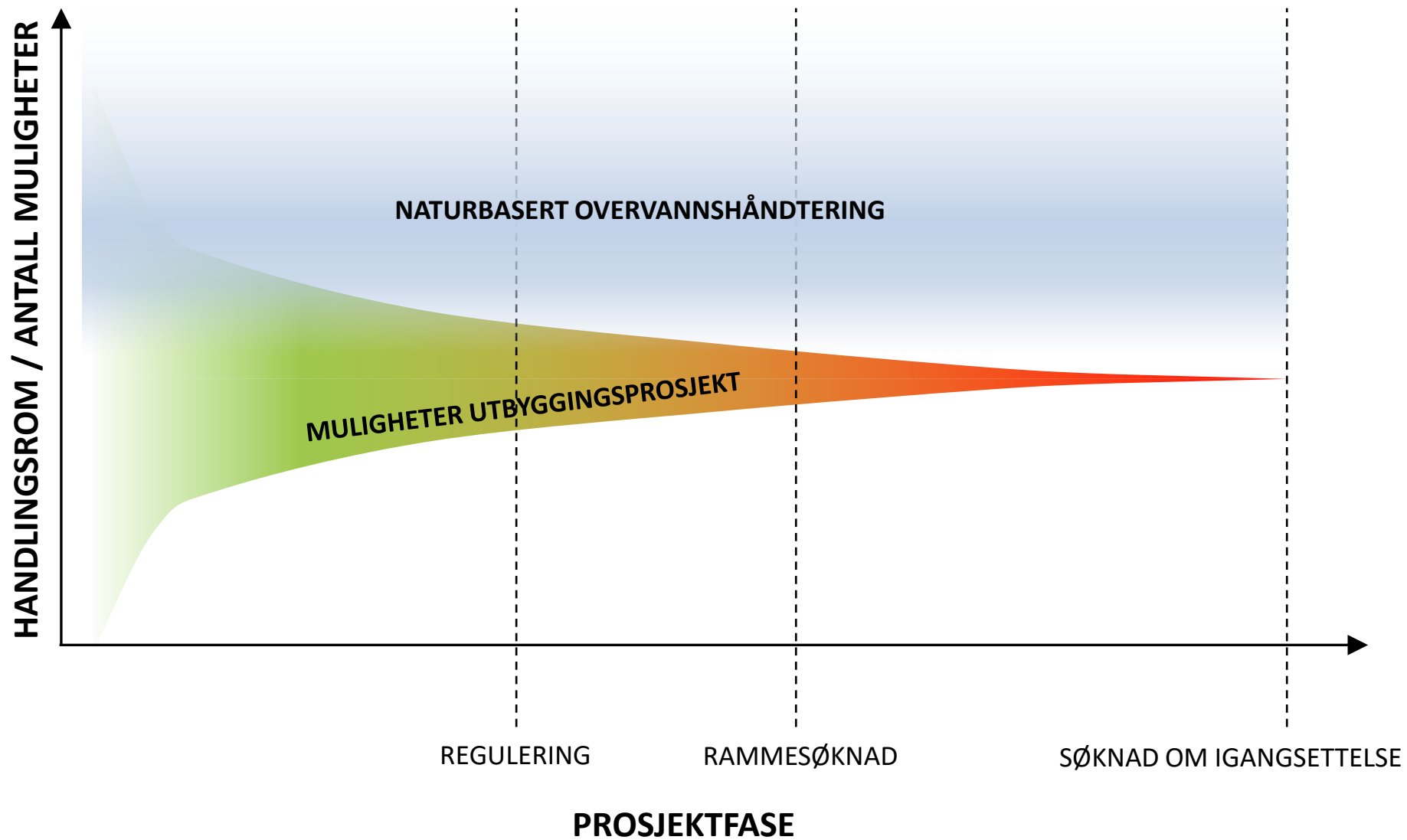
- TETTE RENNER/KANALER
- BLÅ TAK
- KONTROLLERT OVERSVØMMELSESAREAL

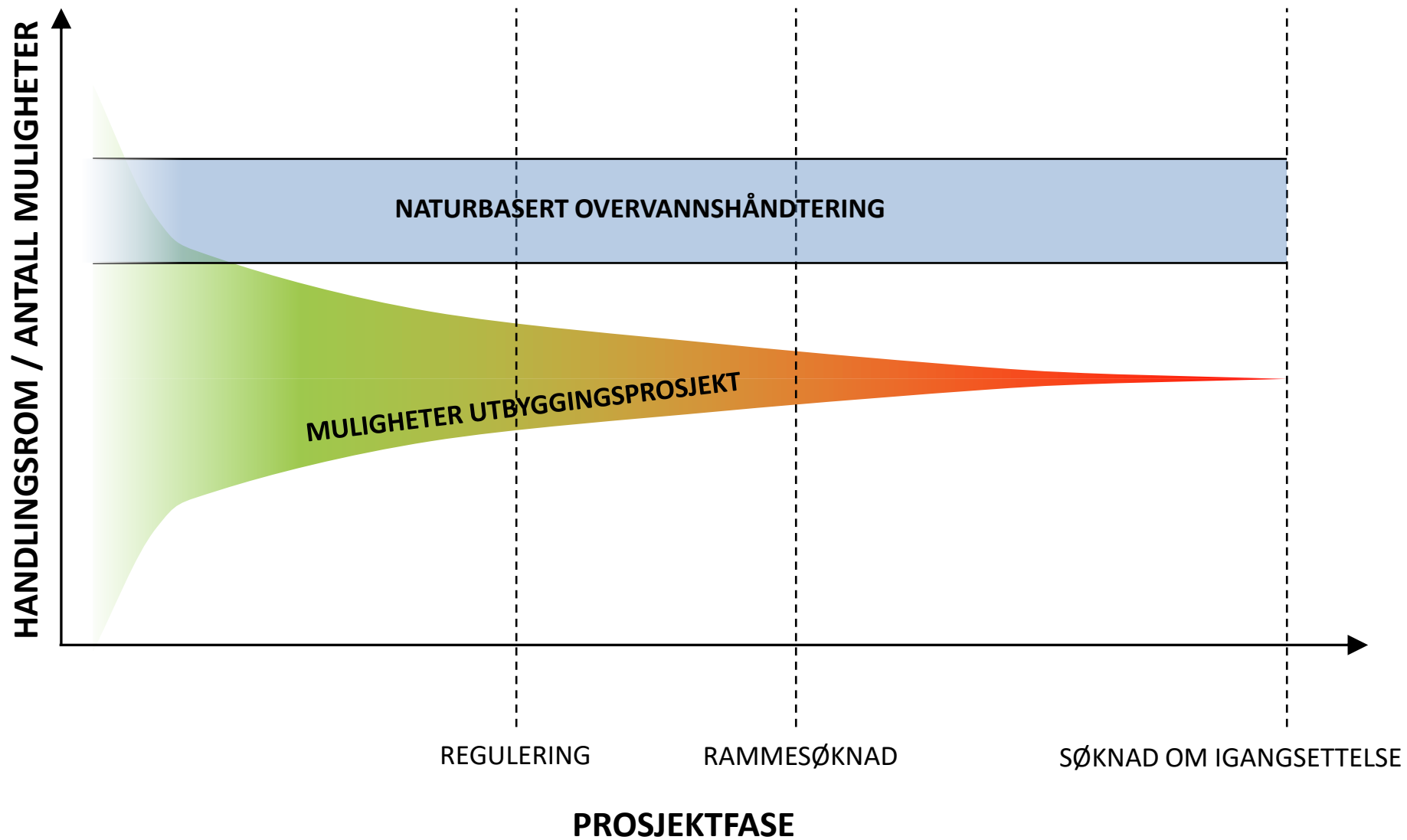
- GRØNNE TAK
- REGNBED
- GRESSKLEDDE FORSENKNINGER

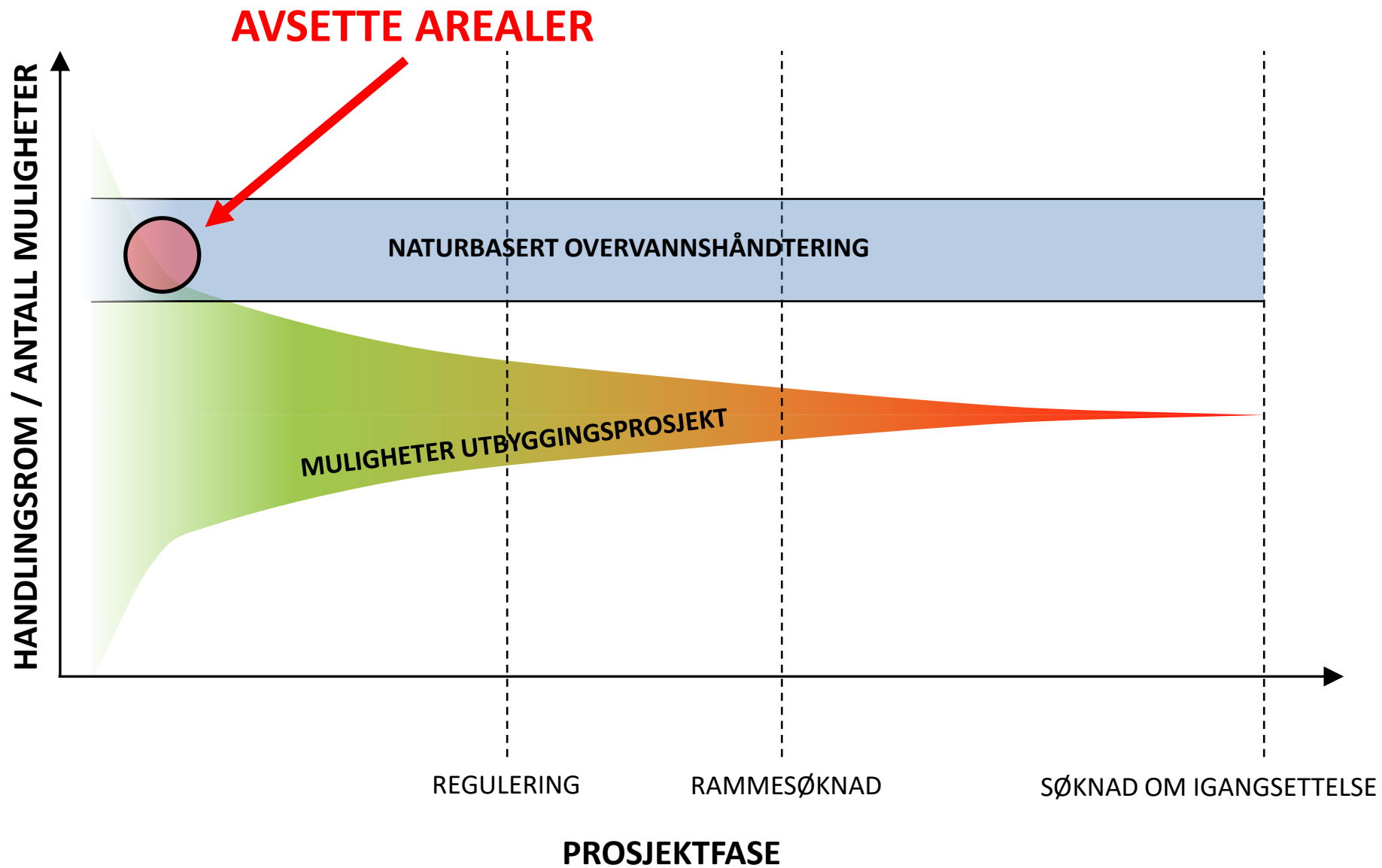
- UNDERJORDISK INFILTRASJONS ANLEGG
- INFILTRASJONS-SANDFANG

Hva er åpen overvannshåndtering?



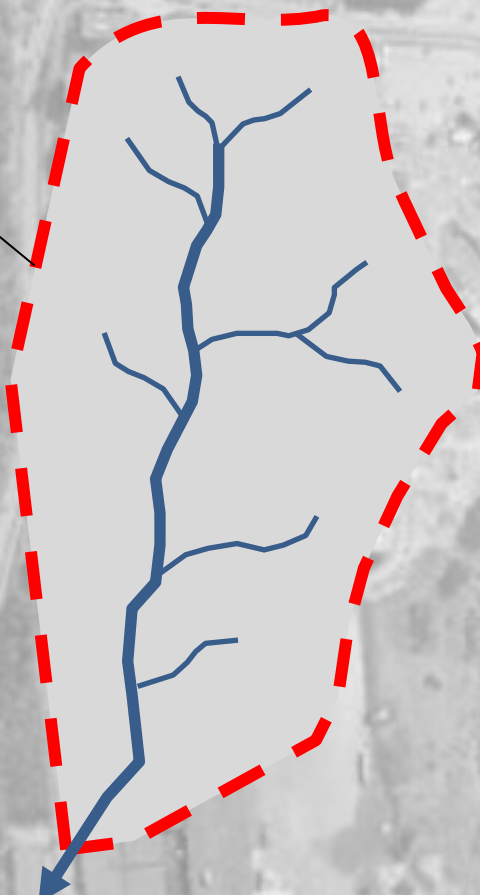






Å forstå og beskrive situasjonen

NEDBØRFELT A

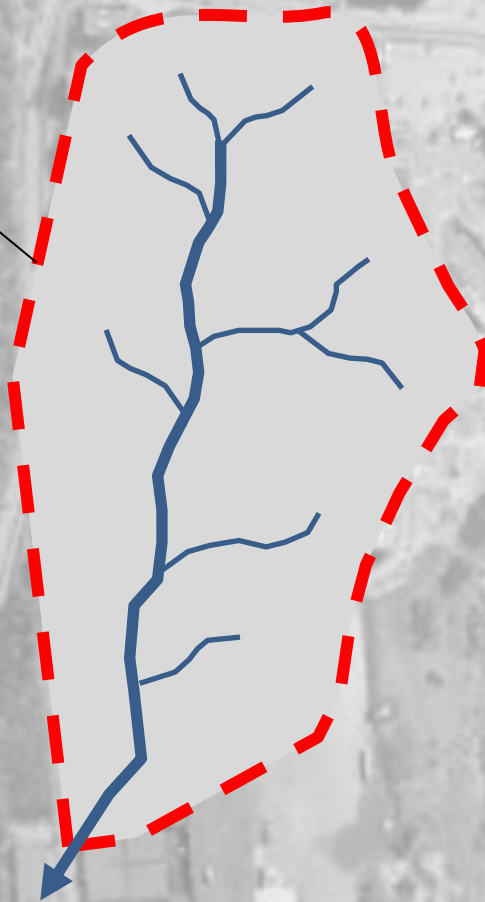


- Topografi
- Vassdrag
- Grunnvann
- Vannkvalitet og resipient-sårbarhet
- Ledningsnett
- Muligheter for fordrøyning
- Muligheter for infiltrasjon
- Flaskehalser/problemer
- Risikoakseptnivå for overvannsskader og funksjonskrav til overvannssystem
- + + +

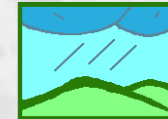
Behov for å beskrive situasjonen

Modell-verktøy?

NEDBØRFELT A



Hydraulic Culvert Design and HY-8



Flowmaster
Fluid thinking for systems engineers



EPA SWMM



SCALGO

Vannbalansen + den rasjonale formel =

$$A_{tiltak} = A \cdot \frac{\varphi_{avr} - \frac{U}{P}}{\varphi_{avr} - \frac{P - H}{P}}$$

NEDBØRFELT A

TILTAKSAREAL A_{tiltak}

A_{tiltak} er tiltaksreal [m^2]

φ_{avr} er midlere avrenningskoeffisient [-]

A er totalt feltareal [m^2]

U er videreført spesifikk vannmengde [m]

P er dimensjonerende nedbørmengde [m^2]

H er tiltakets spesifikke kapasitet [m]

Setter følgende forutsetninger:

- *Planområdet består av tette flater*
- *Nedbør med 1 times varighet (Oslo)*
- *Ingen videreført vannmengde*
- *Litteratur-verdier for beskrivelse av tiltakenes kapasitet*

Vannbalansen + den rasjonale formel =

$$A_{tiltak} = A \cdot f$$

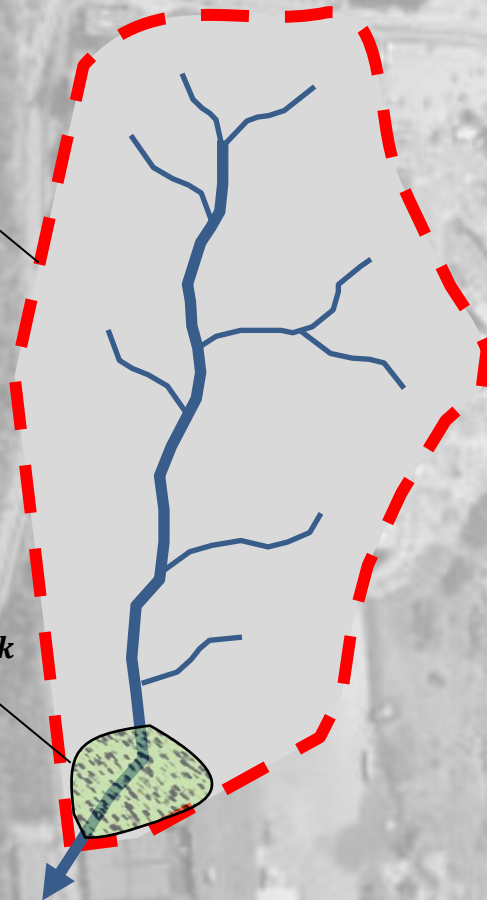
NEDBØRFELT A

TILTAKSAREAL A_{tiltak}

A_{tiltak} er nødvendig tiltaksareal [m^2]

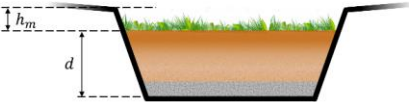
A er planområdets areal [m^2]

f er en verdi som avhenger av type tiltak, utforming, dimensjonerende nedbørhendelse etc. [%]



Sjablong-messige f -verdier

Sjablongverdier for nødvendig tiltaksareal som andel av feltareal (f) forutsatt 100 % tett nedbørfelt. Dimensjonerende nedbør har varighet på 60 minutter og er basert på Paus (2018) samt statistikk fra 18701 Blindern PLU perioden 1968 – 2020. Verdier i parentes for tiltakene angir dybden på løsmasser (grønne tak), maksimal vanndybde (regnbed og areal til oversvømmelse) og infiltrasjonsevne (hardt permeabelt dekke).

	Trinn i tre-trinnsstrategien		Trinn 1		Trinn 2	
	Funksjonskrav	90 %	99 %	5 år	20 år	200 år
	Klimafaktor	1,00	1,00	1,40	1,40	1,50
	Dimensjonerende nedbør [mm]	3,4	16,1	35,1	48,5	74,8
GRØNT TAK 	Grønt tak (5 cm dybde)	13 %	63 %	138 %	190 %	293 %
	Grønt tak (15 cm dybde)	6 %	27 %	58 %	80 %	124 %
	Grønt tak (25 cm dybde)	4 %	17 %	37 %	51 %	78 %
REGNBED 	Regnbed (10 cm)	1 %	5 %	12 %	16 %	25 %
	Regnbed (20 cm)	1 %	4 %	9 %	12 %	19 %
	Regnbed (30 cm)	1 %	3 %	7 %	10 %	15 %
HARDT PERMEABELT DEKKE 	Hardt permeabelt dekke (1 cm/t)	23 %	107 %	234 %	323 %	499 %
	Hardt permeabelt dekke (11 cm/t)	3 %	14 %	31 %	42 %	65 %
	Hardt permeabelt dekke (42 cm/t)	3 %	13 %	28 %	38 %	59 %
AREAL TILRETTELAGT FOR OVERSVØMMELSE 	Areal til oversvømmelse (10 cm)	3 %	16 %	35 %	49 %	75 %
	Areal til oversvømmelse (20 cm)	2 %	8 %	18 %	24 %	37 %
	Areal til oversvømmelse (30 cm)	1 %	5 %	12 %	16 %	25 %

Sjablong-messige f -verdier

Sjablongverdier for nødvendig tiltaksareal som andel av feltareal (f) forutsatt 100 % tett nedbørfelt. Dimensjonerende nedbør har varighet på 60 minutter og er basert på Paus (2018) samt statistikk fra 18701 Blindern PLU perioden 1968 – 2020. Verdier i parentes for tiltakene angir dybden på løsmasser (grønne tak), maksimal vanndybde (regnbed og areal til oversvømmelse) og infiltrasjonsevne (hardt permeabelt dekke).

Trinn i tre-trinnsstrategien	Trinn 1		Trinn 2		
Funksjonskrav	90 %	99 %	5 år	20 år	200 år
Klimafaktor	1,00	1,00	1,40	1,40	1,50
Dimensjonerende nedbør [mm]	3,4	16,1	35,1	48,5	74,8
Grønt tak (5 cm dybde)	13 %	63 %	138 %	190 %	293 %
Grønt tak (15 cm dybde)	6 %	27 %	58 %	80 %	124 %
Grønt tak (25 cm dybde)	4 %	17 %	37 %	51 %	78 %
Regnbed (10 cm)	1 %	5 %	12 %	16 %	25 %
Regnbed (20 cm)	1 %	4 %	9 %	12 %	19 %
Regnbed (30 cm)	1 %	3 %	7 %	10 %	15 %
	23 %	107 %	234 %	323 %	499 %
	3 %	14 %	31 %	42 %	65 %
	3 %	13 %	28 %	38 %	59 %
	3 %	16 %	35 %	49 %	75 %
	2 %	8 %	18 %	24 %	37 %
	1 %	5 %	12 %	16 %	25 %

GRØNT TAK



REGNBED

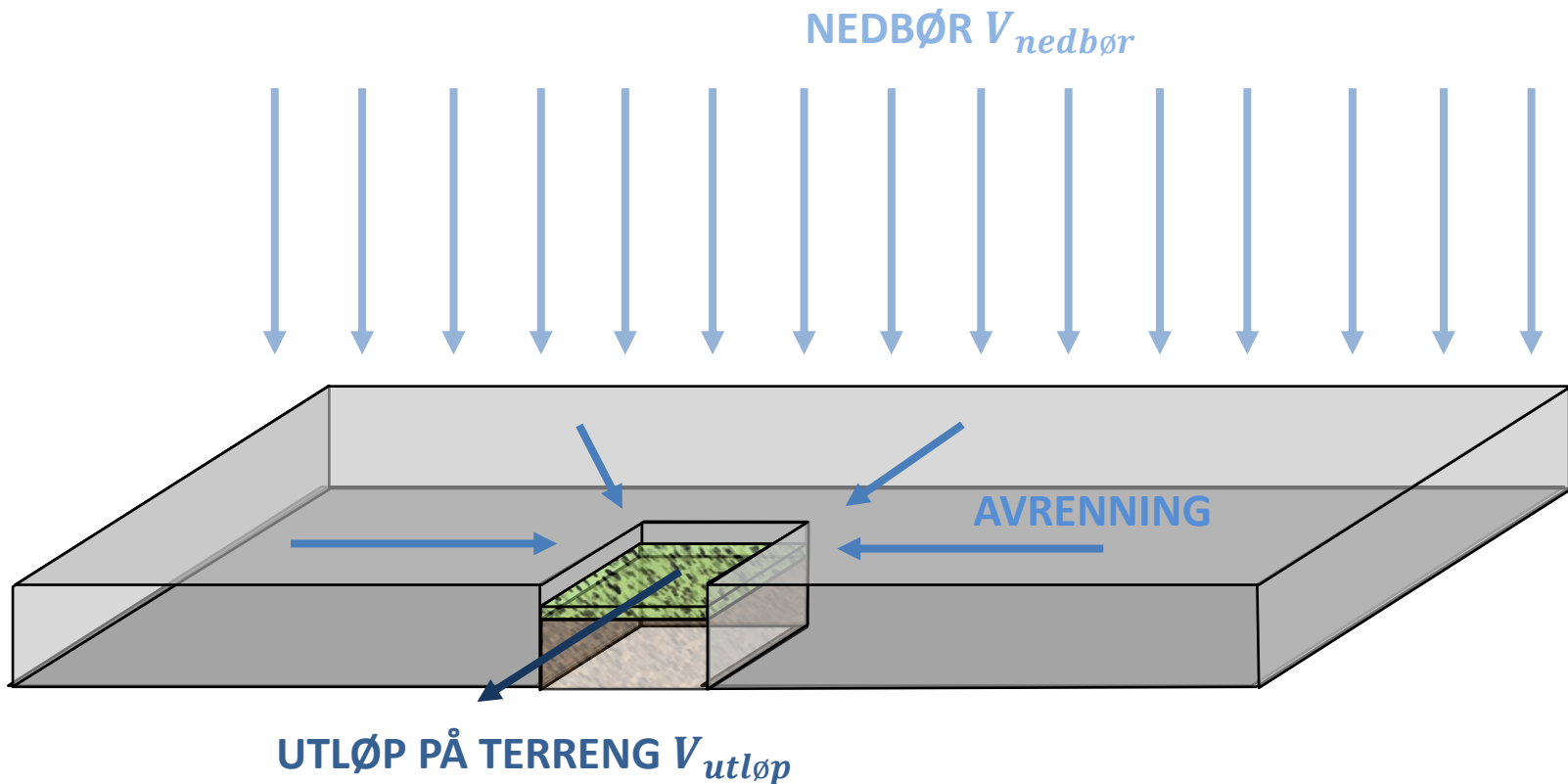


Eksempel: En parkeringsplass har utstrekning på 2500 m². Hvor stort areal må avsettes til regnbed som er forsenket 20 cm ift. omkringliggende terreng hvis fremtidens 5 års regn skal håndteres lokalt?

Svar: Finner at f -verdi for regnbed (20 cm) for fremtidens 5 års regn er **9 %**. Nødvendig tiltaksareal blir da:

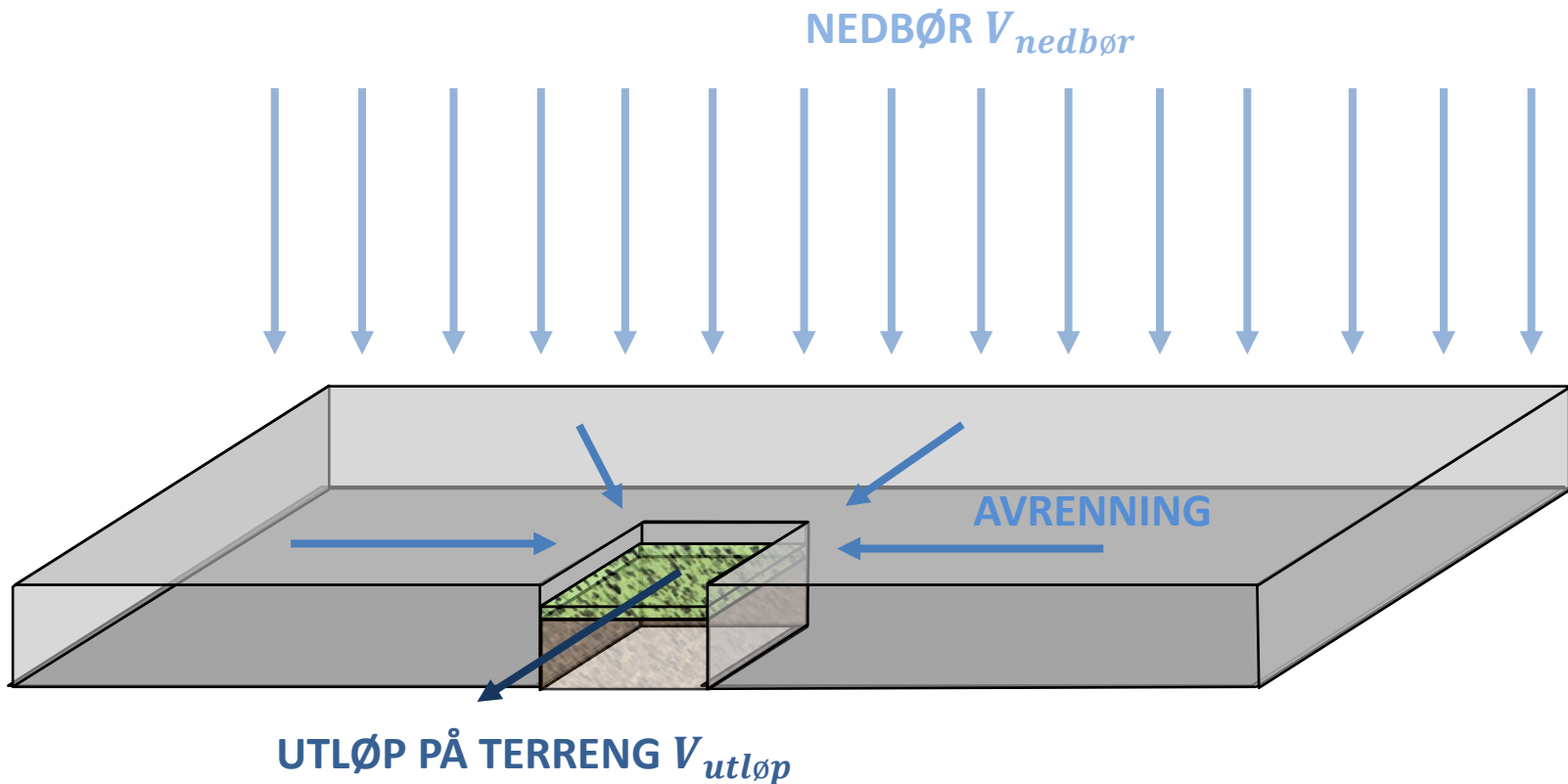
$$A_{\text{tiltak}} = A \cdot f = 2\,500\, \text{m}^2 \cdot 9\% = 225\, \text{m}^2$$

Simulering av overvanns-tiltak i SWMM



Behov: I tidligfase hadde det vært «fint» med en tommelfingerregel som sier noe om hvor mye av årsnedbøren et tiltak vil håndtere

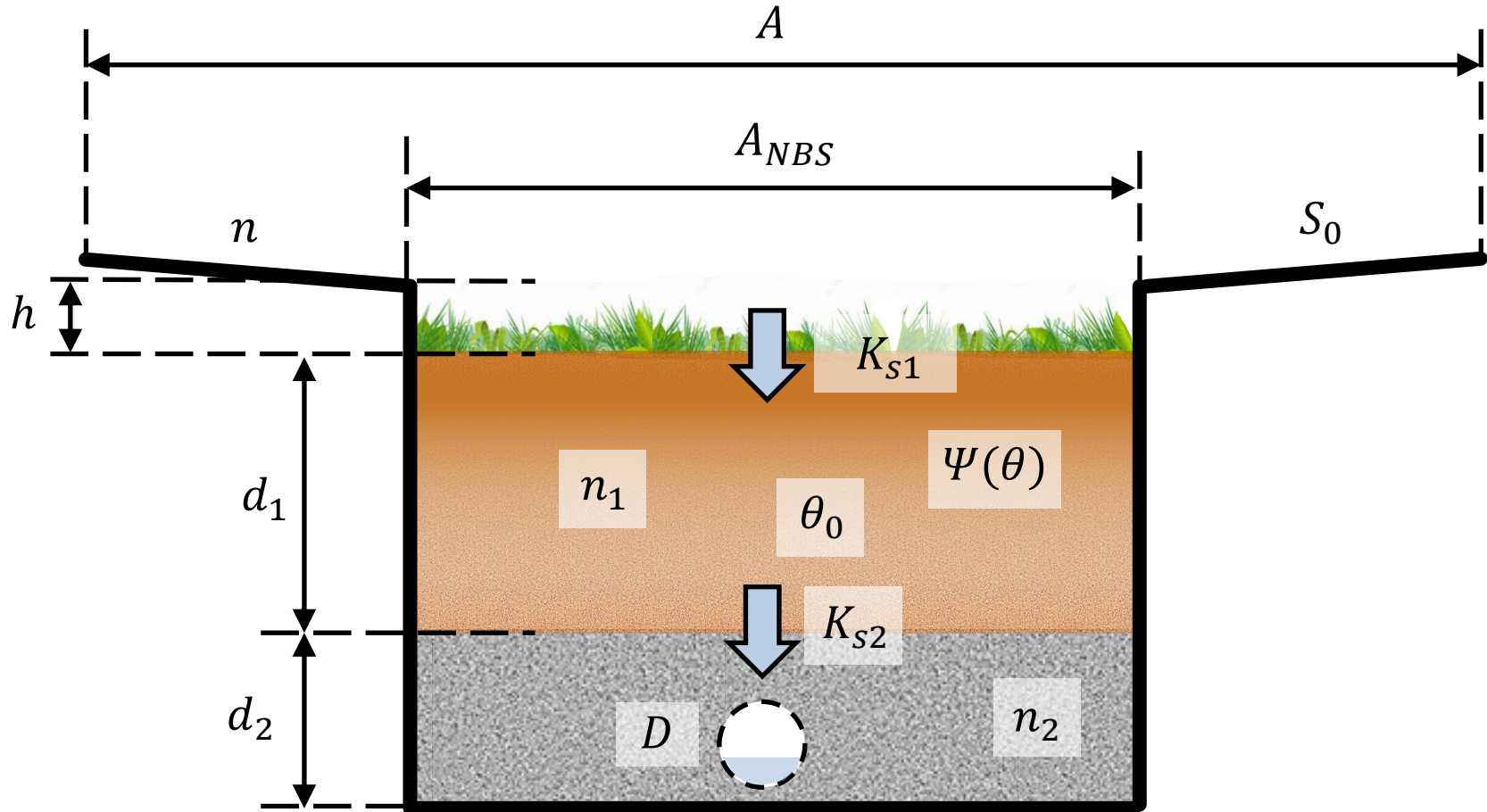
Simulering av overvanns-tiltak i SWMM



Altså – hva som er årlig «volum-avrenningskoeffisient» for tiltaket:

$$\varphi_v = \frac{V_{utløp}}{V_{nedbør}}$$

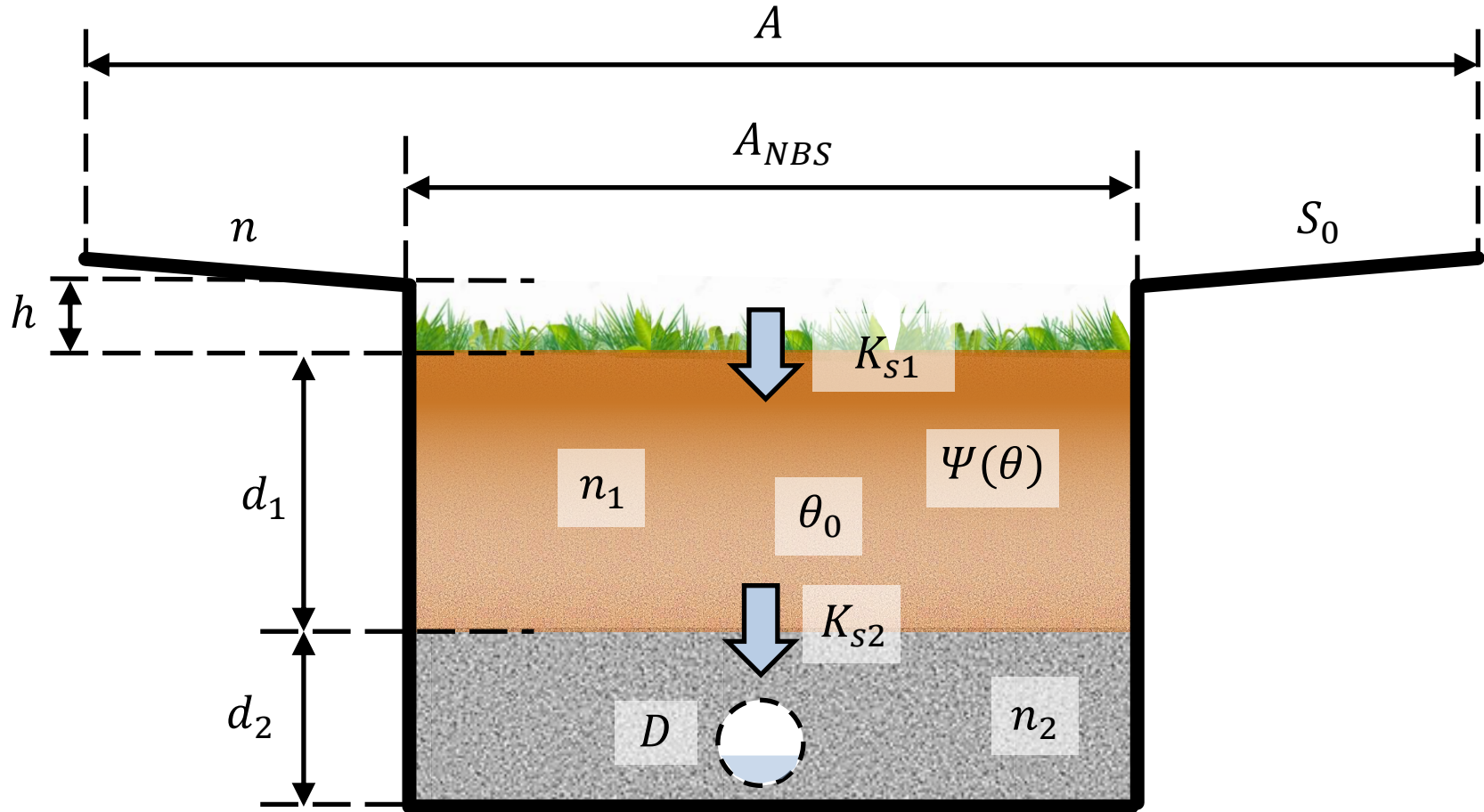
Simulering av overvanns-tiltak i SWMM



Påstand: Kjenner vi de viktigste parameterne – så finnes det en formel som kan gi oss et estimat for φ_v

$$\varphi_v = f(A, A_{NBS}, K_{s1}, \dots)$$

Simulering av overvanns-tiltak i SWMM



Metode: La oss regne på tiltak med varierende parametere og se om vi finner noen sammenhenger

$$\varphi_v = f(A, A_{NBS}, K_{s1}, \dots)$$

Simulering av overvanns-tiltak i SWMM

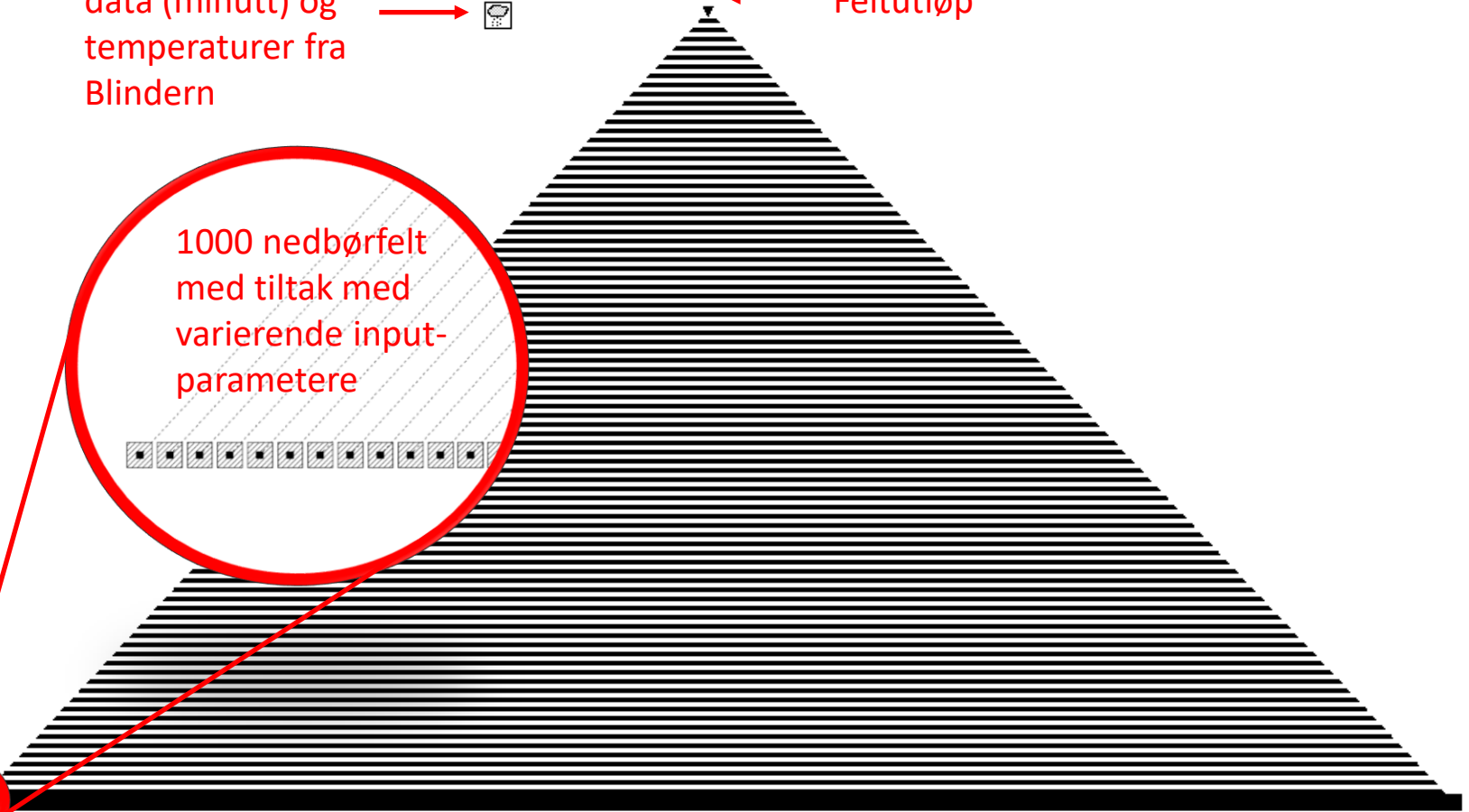
53 år med nedbør-
data (minutt) og
temperaturer fra
Blindern



Feltutløp



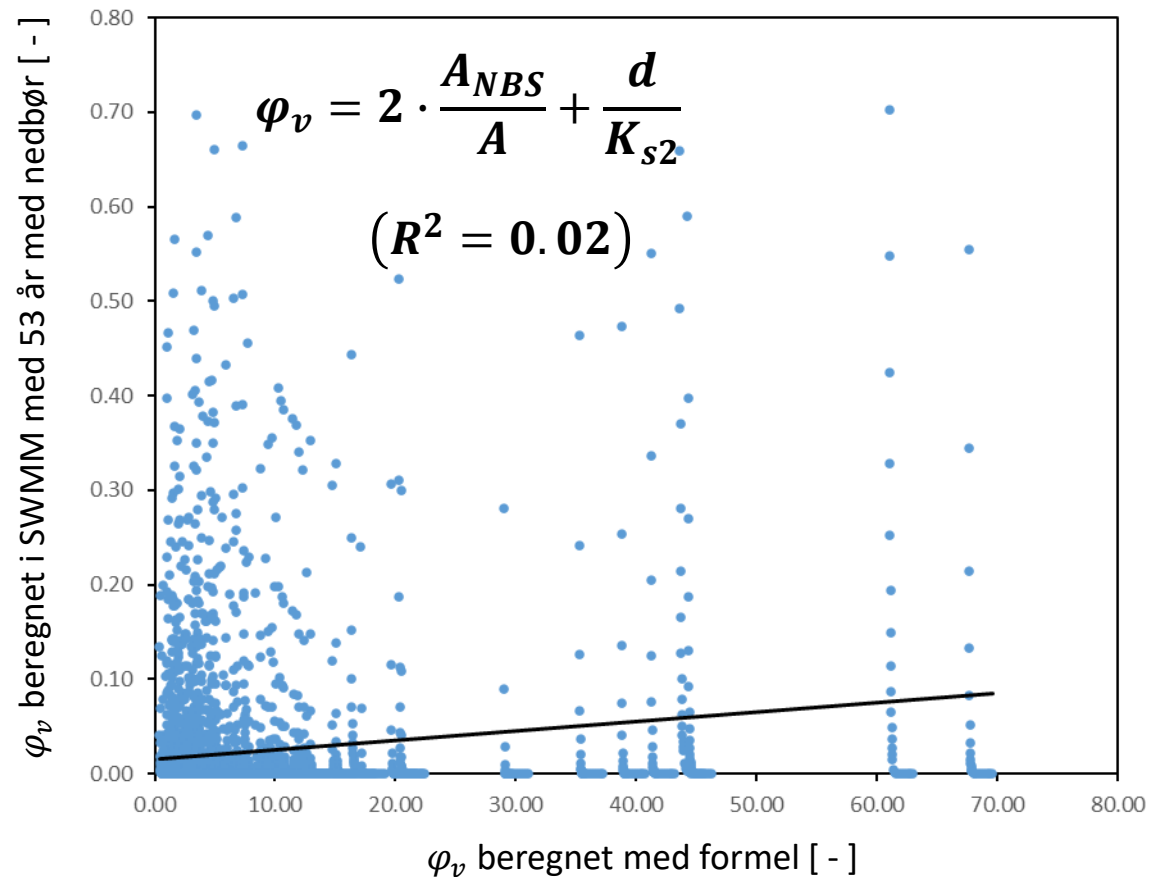
1000 nedbørfelt
med tiltak med
varierende input-
parametere



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

LIKNING NR 1

$$\varphi_v = 2 \cdot \frac{A_{NBS}}{A} + \frac{d}{K_{s2}}$$



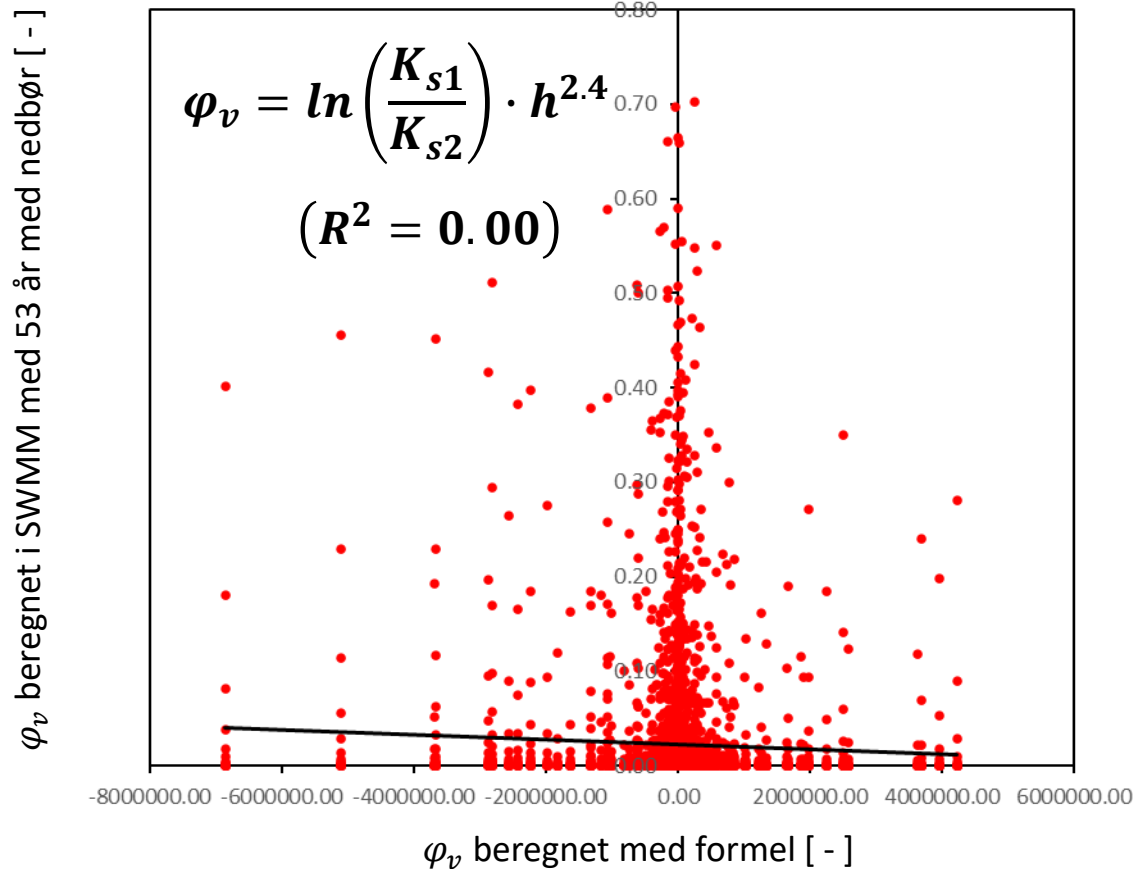
Symbolisk regresjon via genetisk programmering

LIKNING NR 1

$$\varphi_v = 2 \cdot \frac{A_{NBS}}{A} + \frac{d}{K_{s2}}$$

LIKNING NR 2

$$\varphi_v = \ln\left(\frac{K_{s1}}{K_{s2}}\right) \cdot d^{2.4}$$



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

LIKNING NR 1

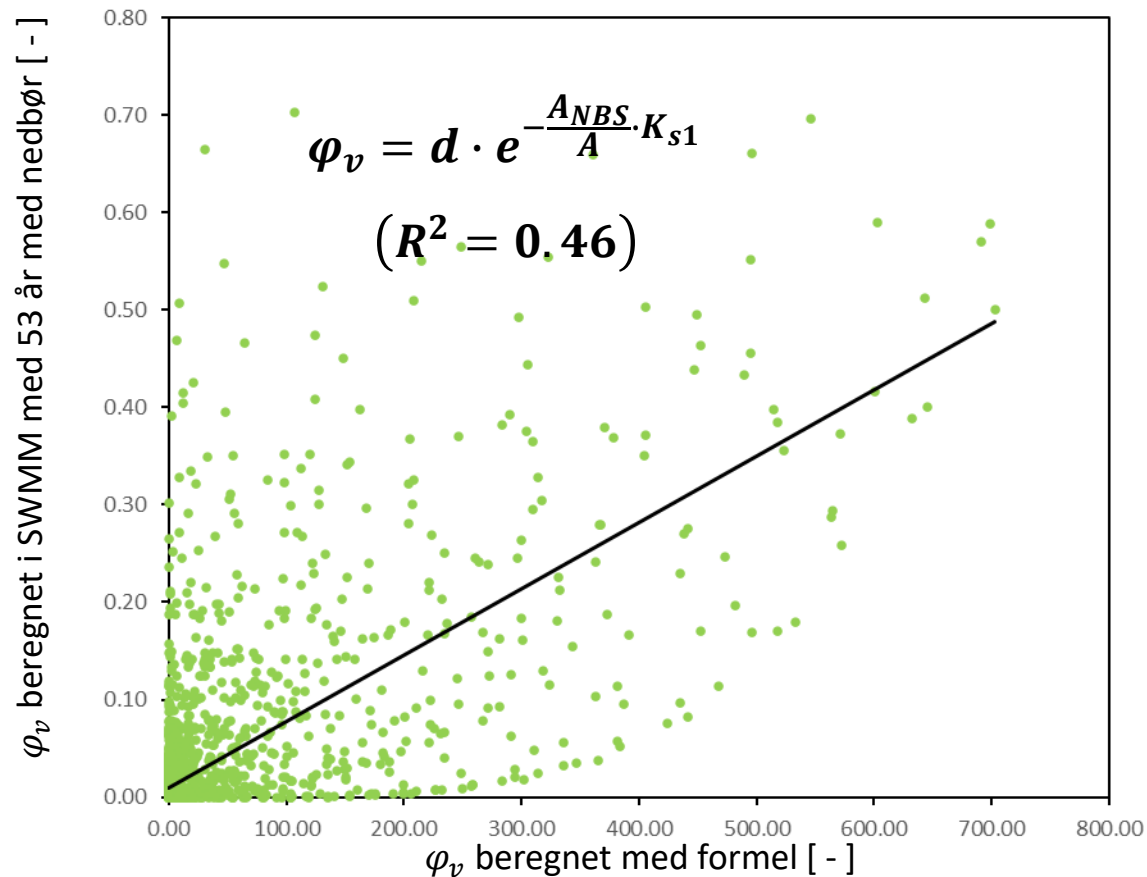
$$\varphi_v = 2 \cdot \frac{A_{NBS}}{A} + \frac{d}{K_{s2}}$$

LIKNING NR 2

$$\varphi_v = \ln\left(\frac{K_{s1}}{K_{s2}}\right) \cdot d^{2.4}$$

LIKNING NR 3

$$\varphi_m = K_{min} \cdot H +$$



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

POPULASJON

LIKNING NR 1

$$\varphi_v = 2 \cdot \frac{A_{NBS}}{A} + \frac{d}{K_{s2}}$$

LIKNING NR 2

$$\varphi_v = \ln\left(\frac{K_{s1}}{K_{s2}}\right) \cdot d^{2.4}$$

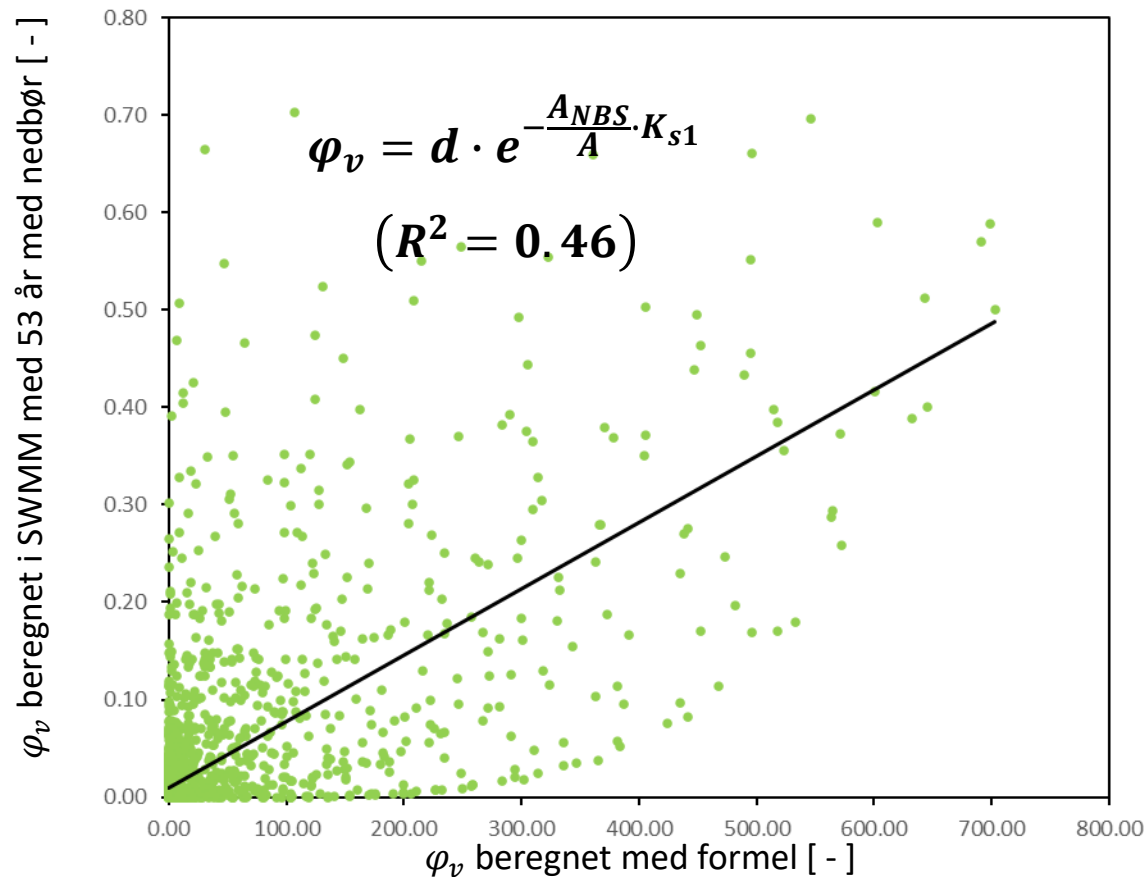
LIKNING NR 3

$$\varphi_m = K_{min} \cdot H +$$

• • •

LIKNING NR n

$$\varphi_m = 12 \cdot A_{tiltak} \cdot H$$



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

POPULASJON

LIKNINGER

R^2

$v_1 = \frac{A_{\text{avg}}}{A}$	$v_2 = \frac{\ln\left(\frac{S_{\text{eq}}}{S_{\text{eq}}}\right)}{d^2}$	$v_3 = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$v_4 = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$v_5 = \frac{v_1}{\ln\left(\frac{S_{\text{eq}}}{S_{\text{eq}}}\right)} \cdot \frac{d^2}{d^2}$	$v_6 = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$v_7 = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$v_8 = \frac{v_1}{\ln\left(\frac{S_{\text{eq}}}{S_{\text{eq}}}\right)} \cdot \frac{d^2}{d^2}$	$v_9 = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$\dots$	$v_{10} = \frac{v_1}{\ln\left(\frac{S_{\text{eq}}}{S_{\text{eq}}}\right)} \cdot \frac{d^2}{d^2}$	$v_{11} = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$	$v_{12} = \frac{v_1}{\frac{v_1}{A_{\text{avg}}} + 1}$
0.02	0.00	0.42	0.04	0.00	0.15	0.07	0.54	0.32	0.04	0.05	0.01	0.06

Symbolisk regresjon via genetisk programmering

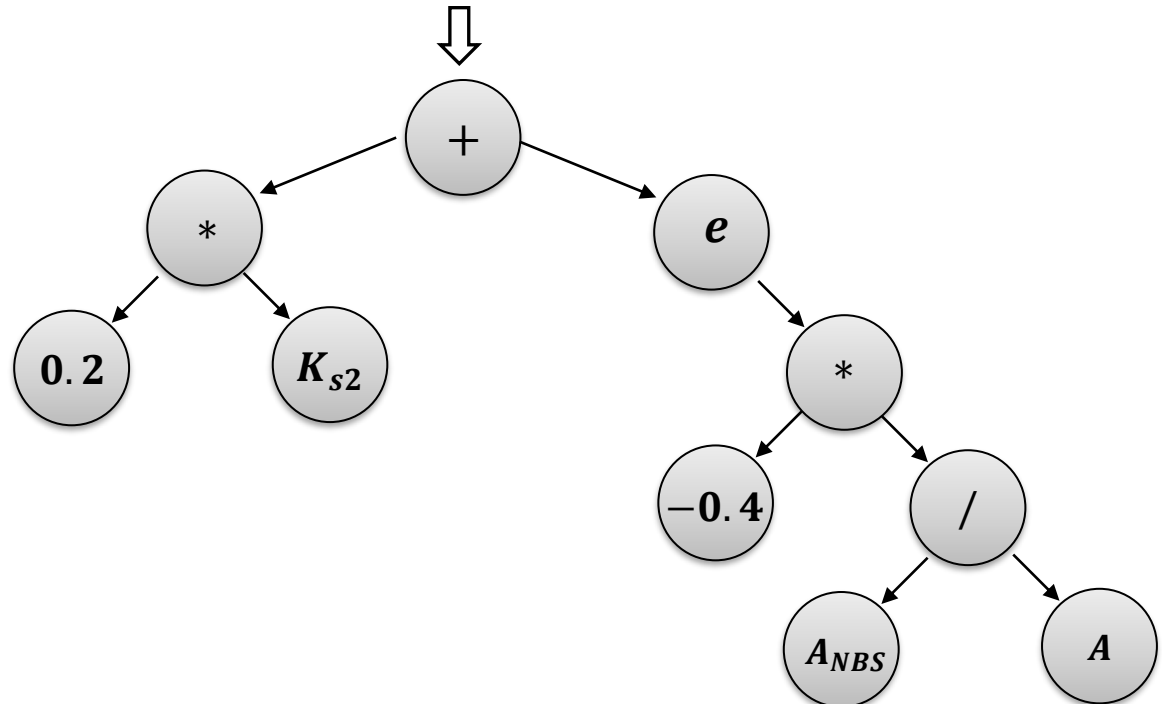
POPULASJON

LIKNINGER

R^2

$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} (K_{s2} \cdot A)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} (K_{s2} \cdot A)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} (K_{s2} \cdot A)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	...	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} (K_{s2} \cdot A)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$
0.02	0.00	0.42	0.04	0.00	0.15	0.07	0.54	0.32	0.04	...	0.05	0.01	0.06

$$\varphi_v = 0.2 \cdot K_{s2} + e^{-0.4 \cdot \frac{A_{NBS}}{A}}$$



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

POPULASJON

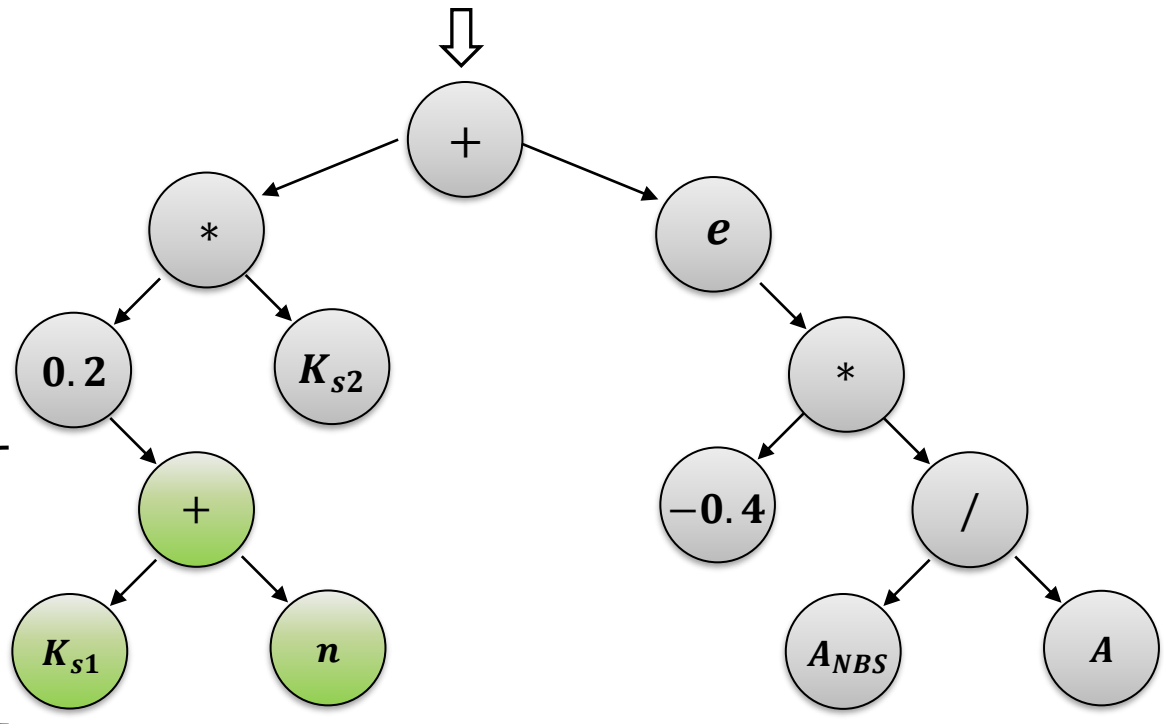
LIKNINGER

R^2

$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} + \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \cdot \frac{K_{s2}}{A} \right)$	...	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s2}}{A} \right)$	$\frac{\partial}{\partial A} \left(\frac{K_{s1}}{A} + \frac{K_{s2}}{A} \right)$
0.02	0.00	0.42	0.04	0.00	0.15	0.07	0.54	0.32	0.04	...	0.05	0.01	0.06

$$\varphi_v = 0.2 \cdot K_{s2} + e^{-0.4 \cdot \frac{A_{NBS}}{A}}$$

TILFELDIG GREN
FRA ANNEN
«LOVENDE» LIKNING



Symbolisk regresjon via genetisk programmering

POPULASJON

LIKNINGER

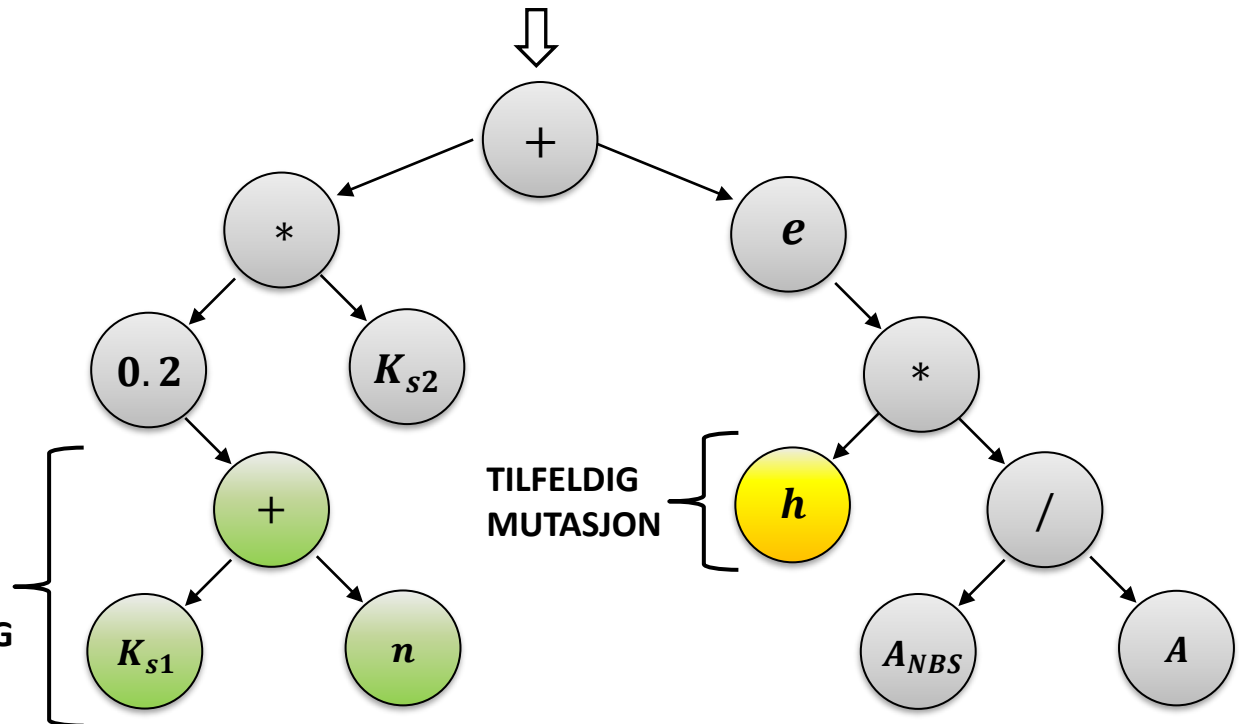
R^2

$\frac{v_1 \cdot A_{NBS}}{K_{s1}}$	$\frac{v_2 \cdot A_{NBS}}{K_{s1}}$	$\frac{v_3 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_4 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_5 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_6 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_7 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_8 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_9 \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{10} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{11} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{12} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{13} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{14} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{15} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{16} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{17} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{18} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{19} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$	$\frac{v_{20} \cdot A_{NBS}}{K_{s1} \cdot A}$
0.02	0.00	0.42	0.04	0.00	0.15	0.07	0.54	0.32	0.04	...	...	...	0.05	0.01	0.06	...	...	...	...

$$\varphi_v = 0.2 \cdot K_{s2} + e^{-0.4 \cdot \frac{A_{NBS}}{A}}$$

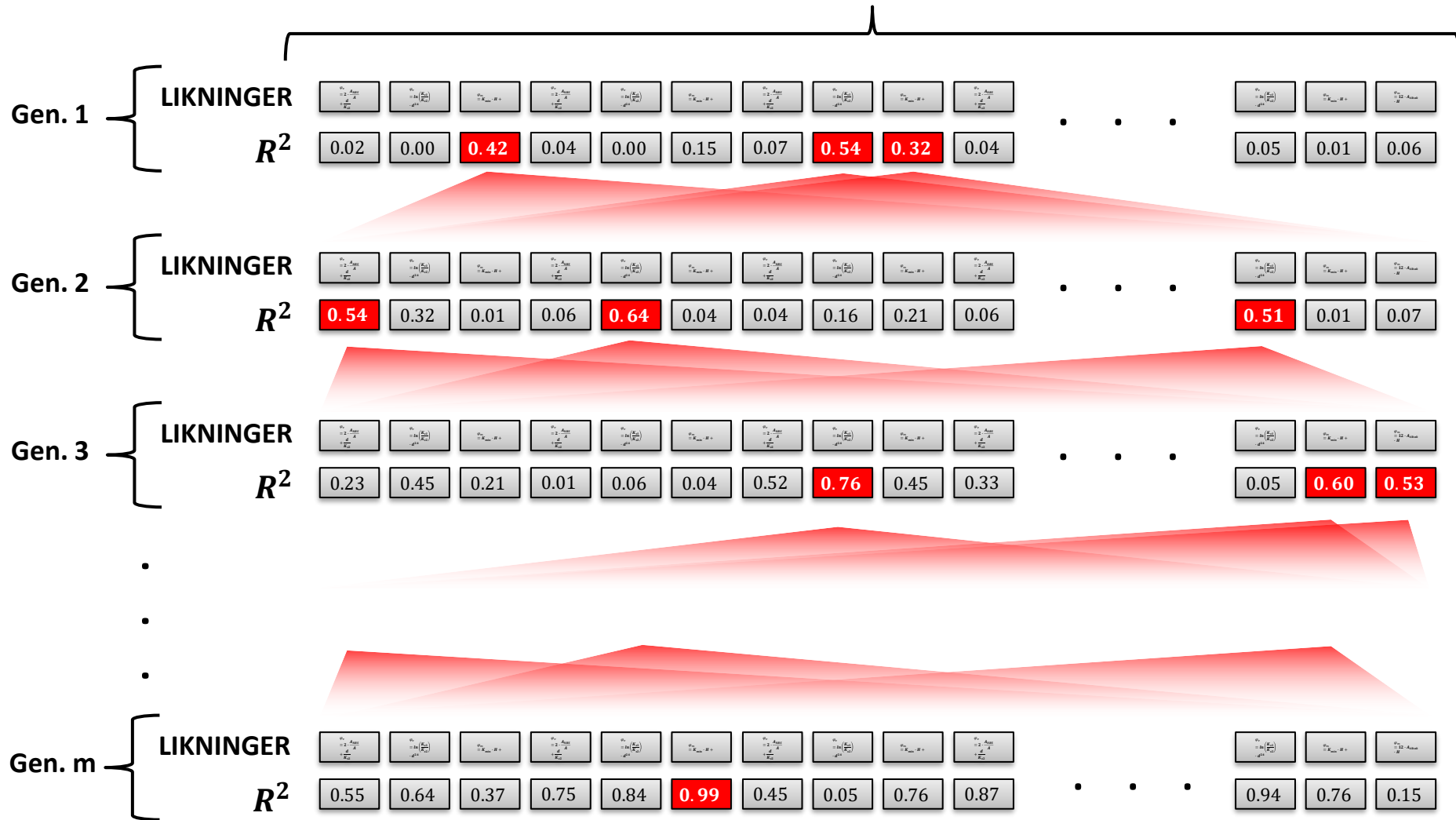
TILFELDIG GREN
FRA ANNEN
«LOVENDE» LIKNING

TILFELDIG
MUTASJON



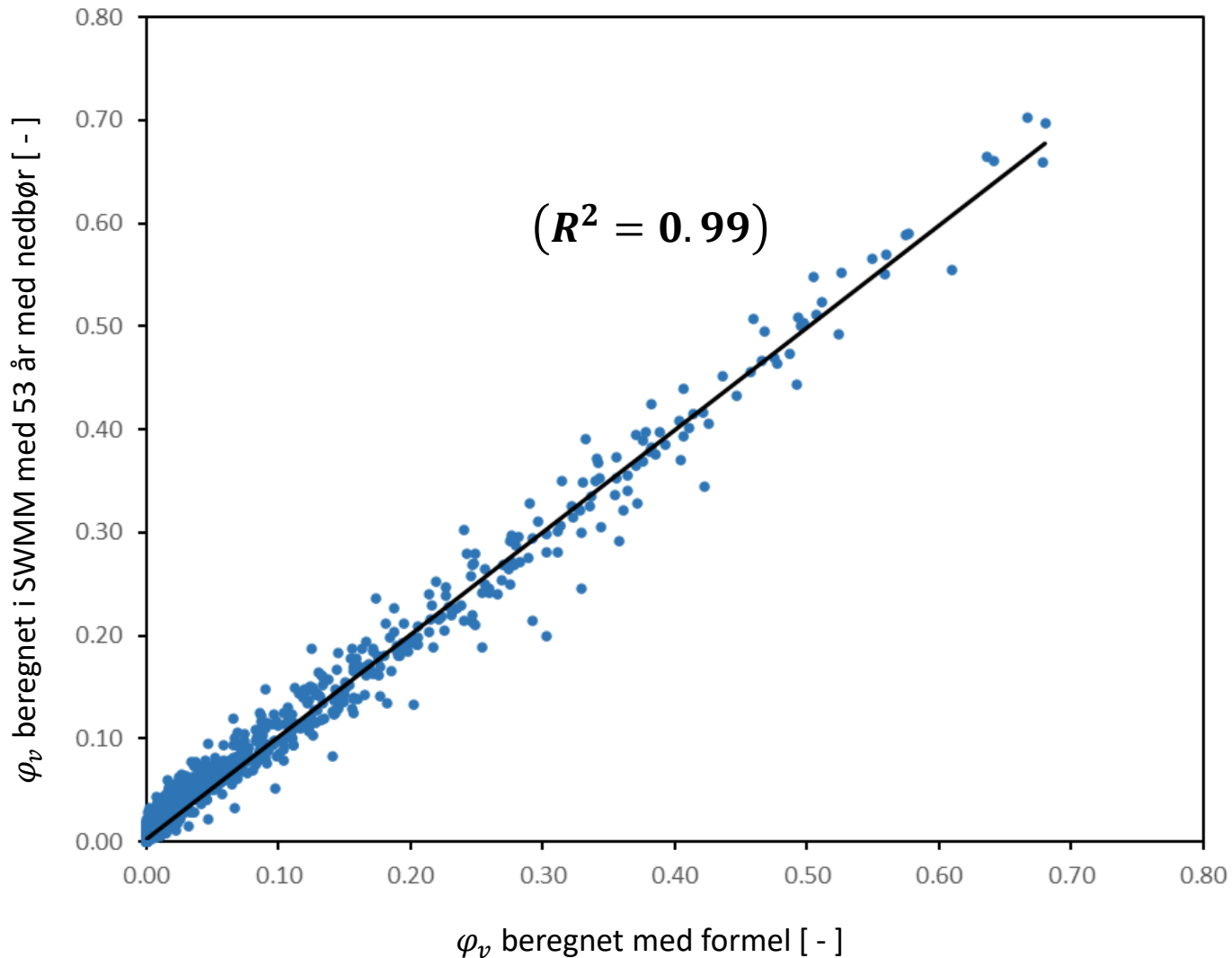
Symbolisk regresjon via genetisk programmering

POPULASJON



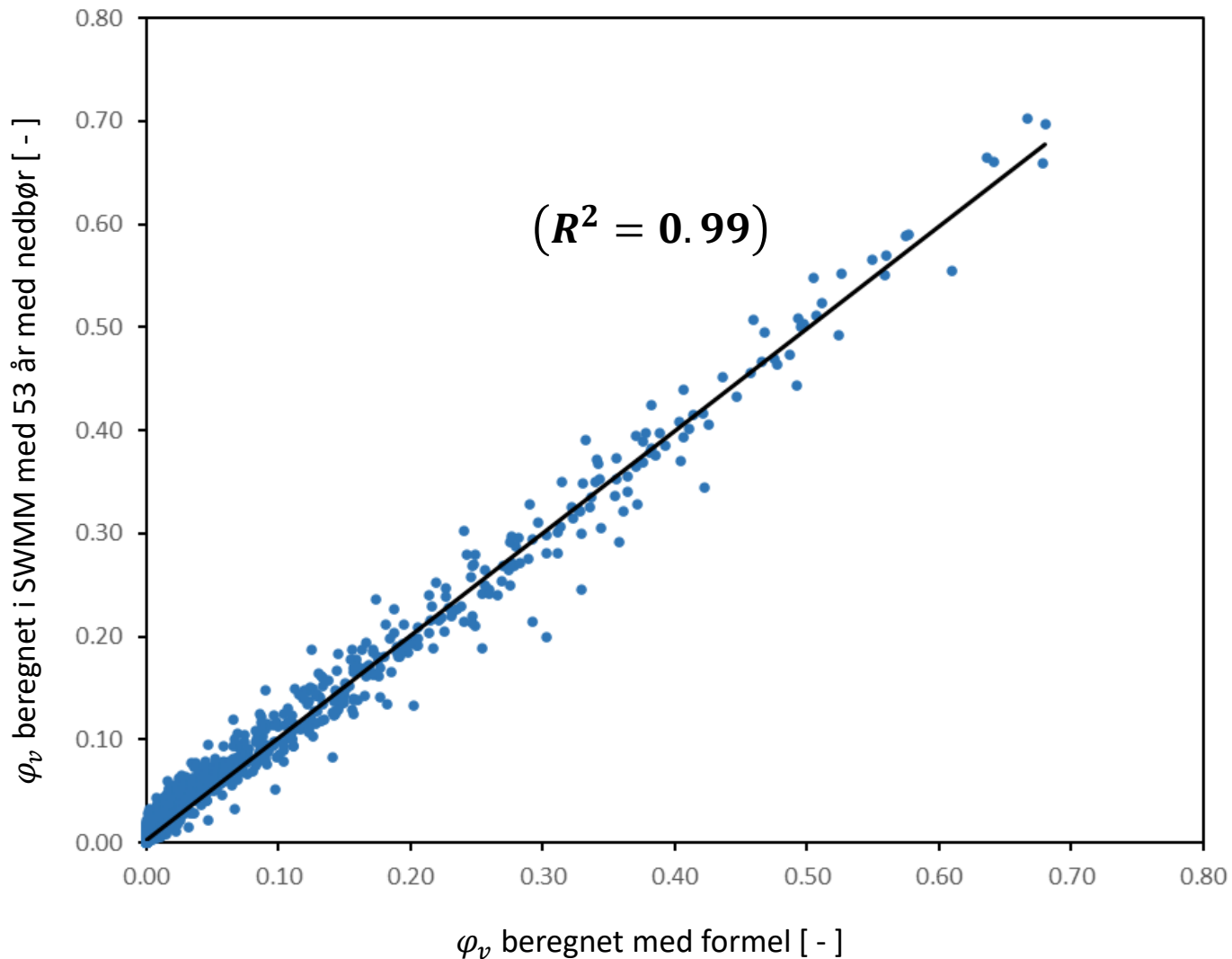
Symbolisk regresjon via genetisk programmering

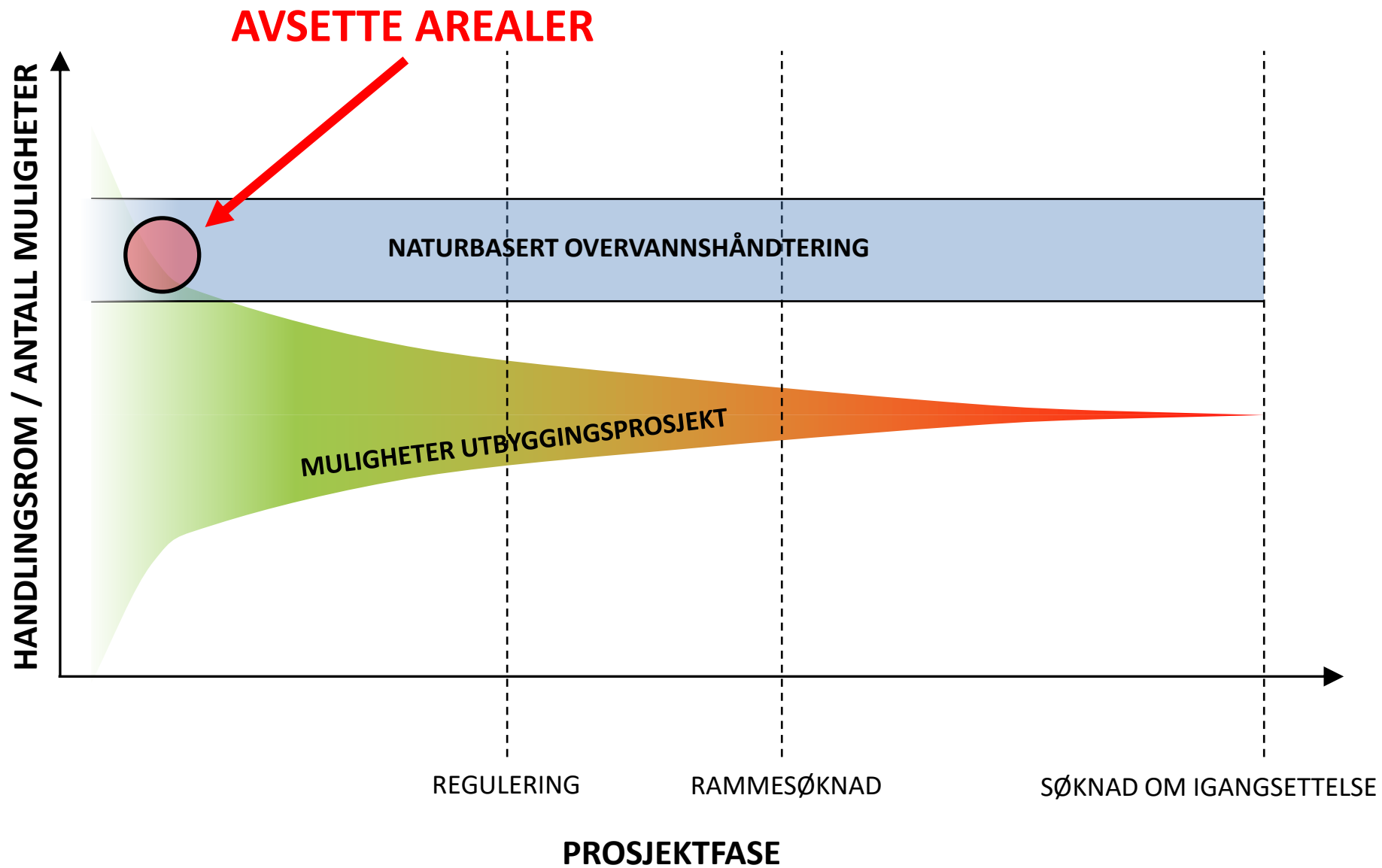
Hvordan ser «barnet vårt» ut (dvs. beste likning) når populasjonen var 1 million (dvs. antall likninger) etter 20 generasjoner)?

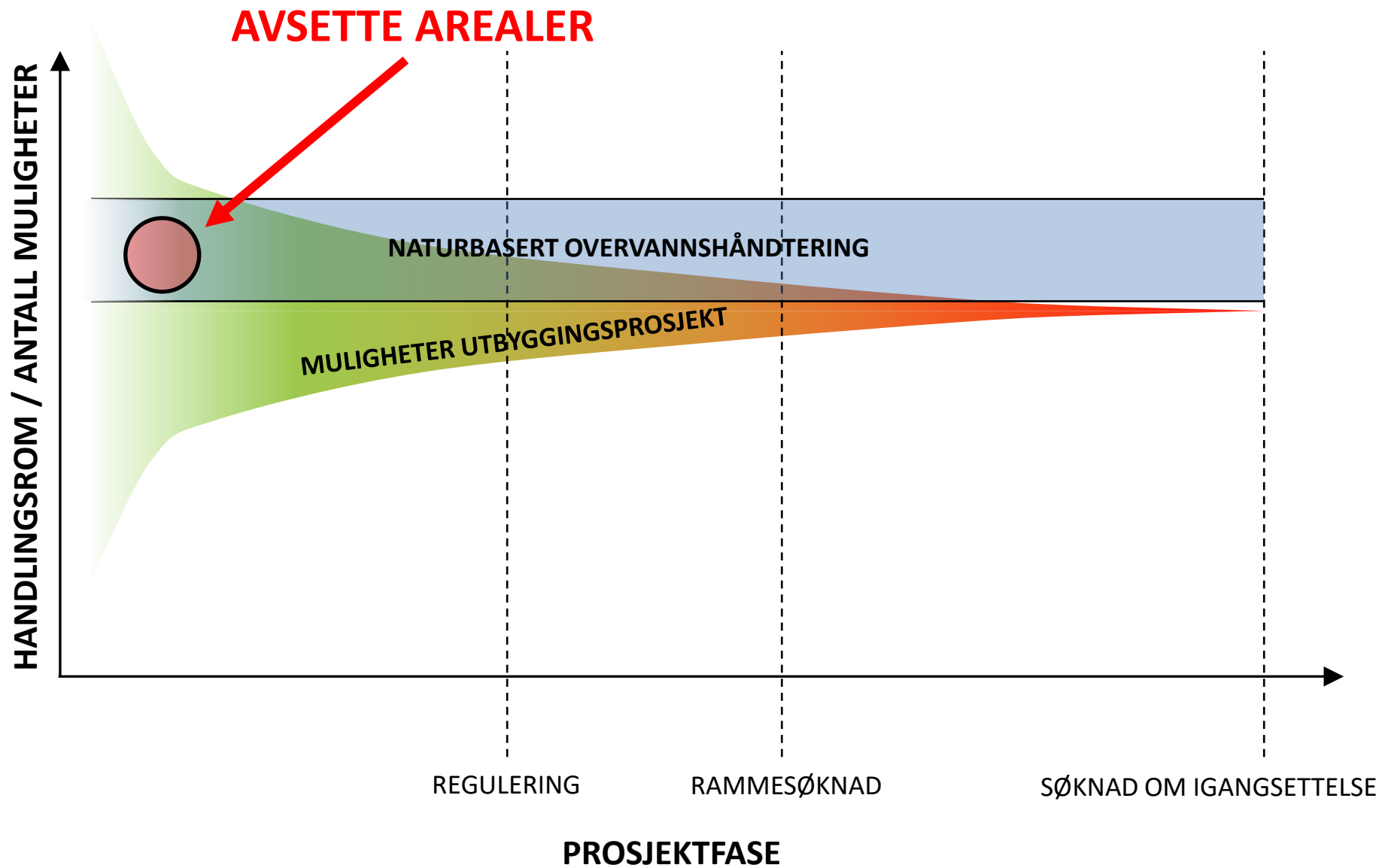


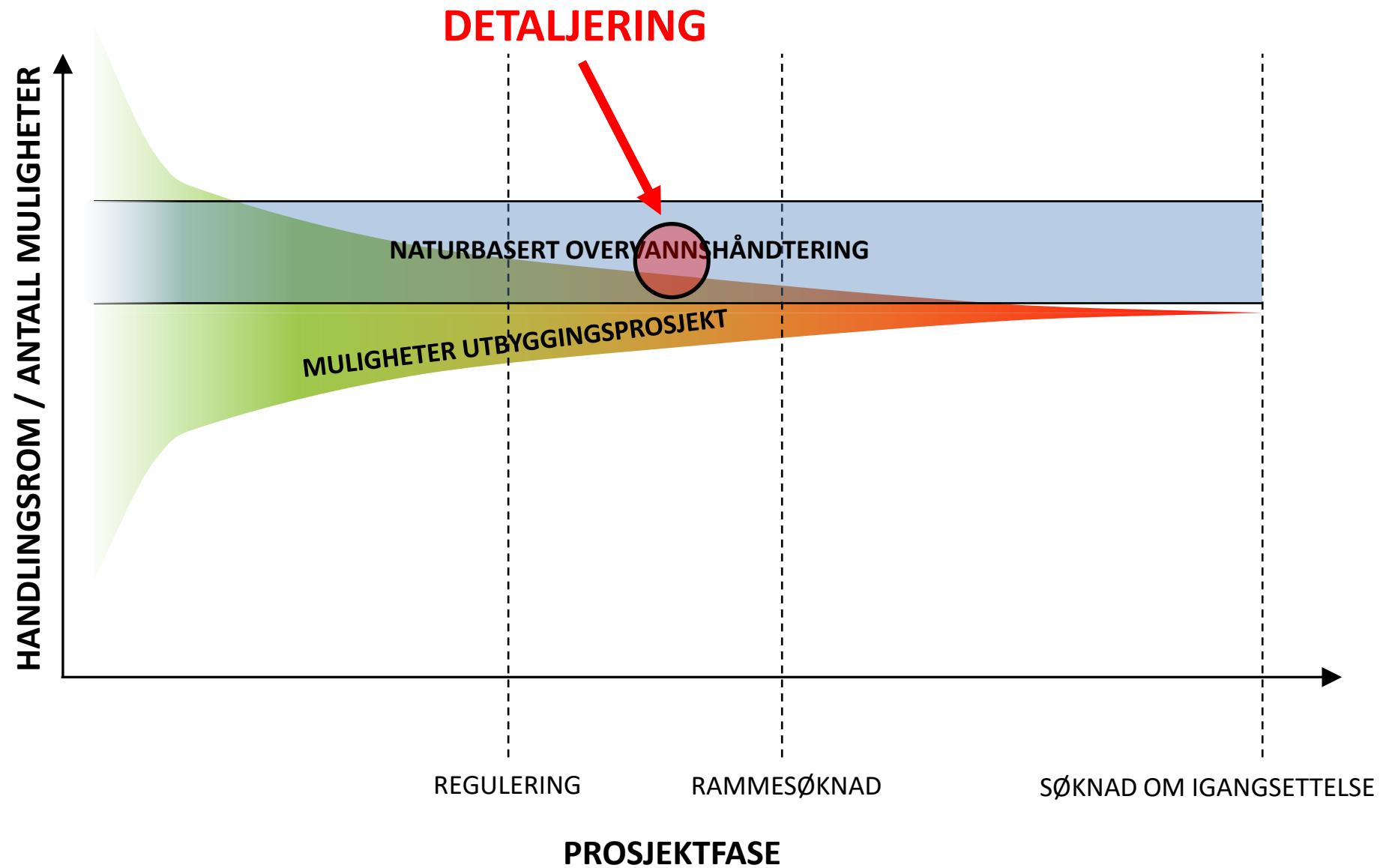
Symbolisk regresjon via genetisk programmering

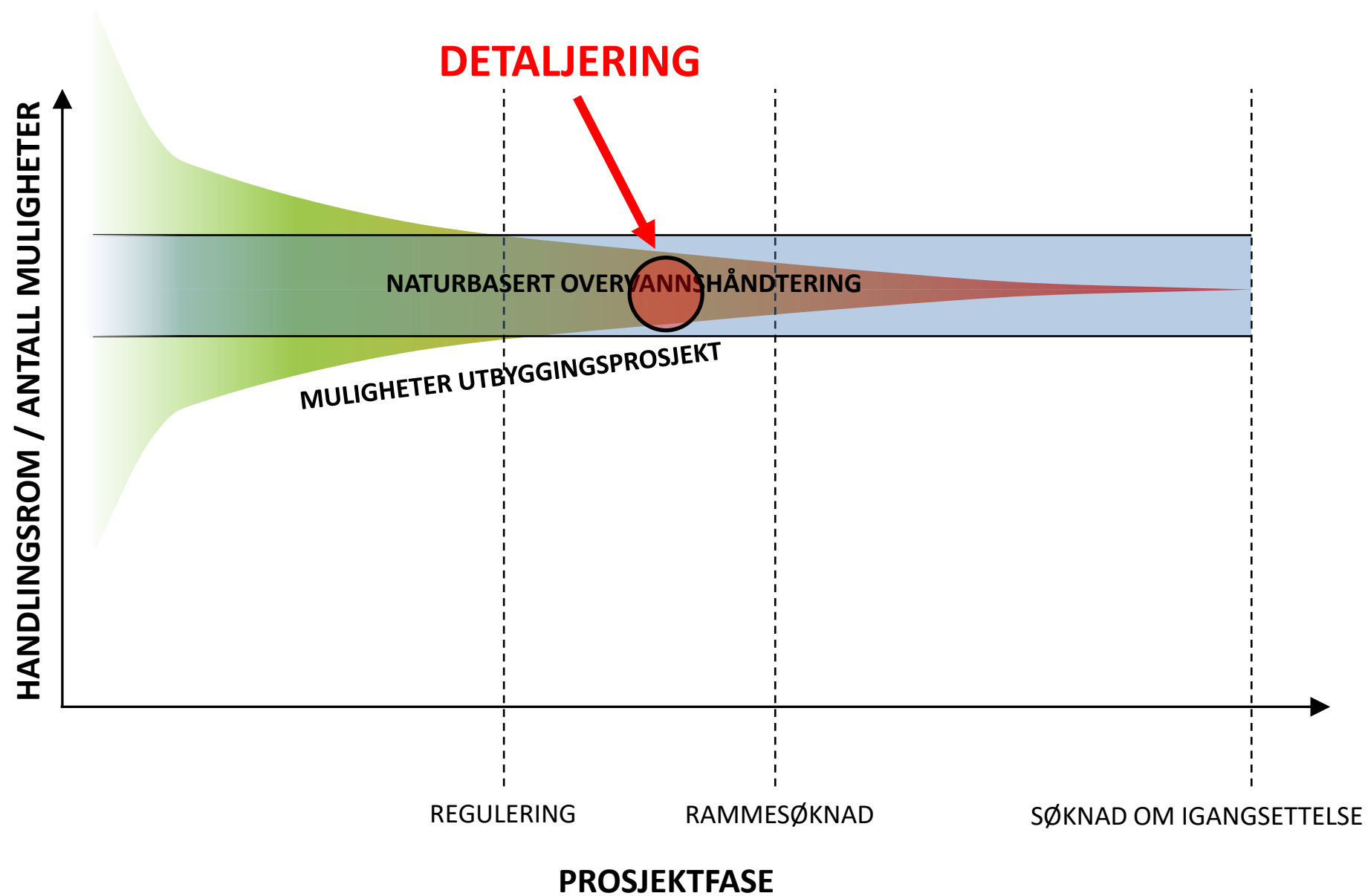
$$\varphi_v = 0.88 \cdot e^{-1.7 \cdot \frac{A_{NBS}}{A} \cdot [\min[K_{s1}, K_{s2}] \cdot (h + \min[K_{s1}, 0.4 \cdot d])]}^{0.43}$$

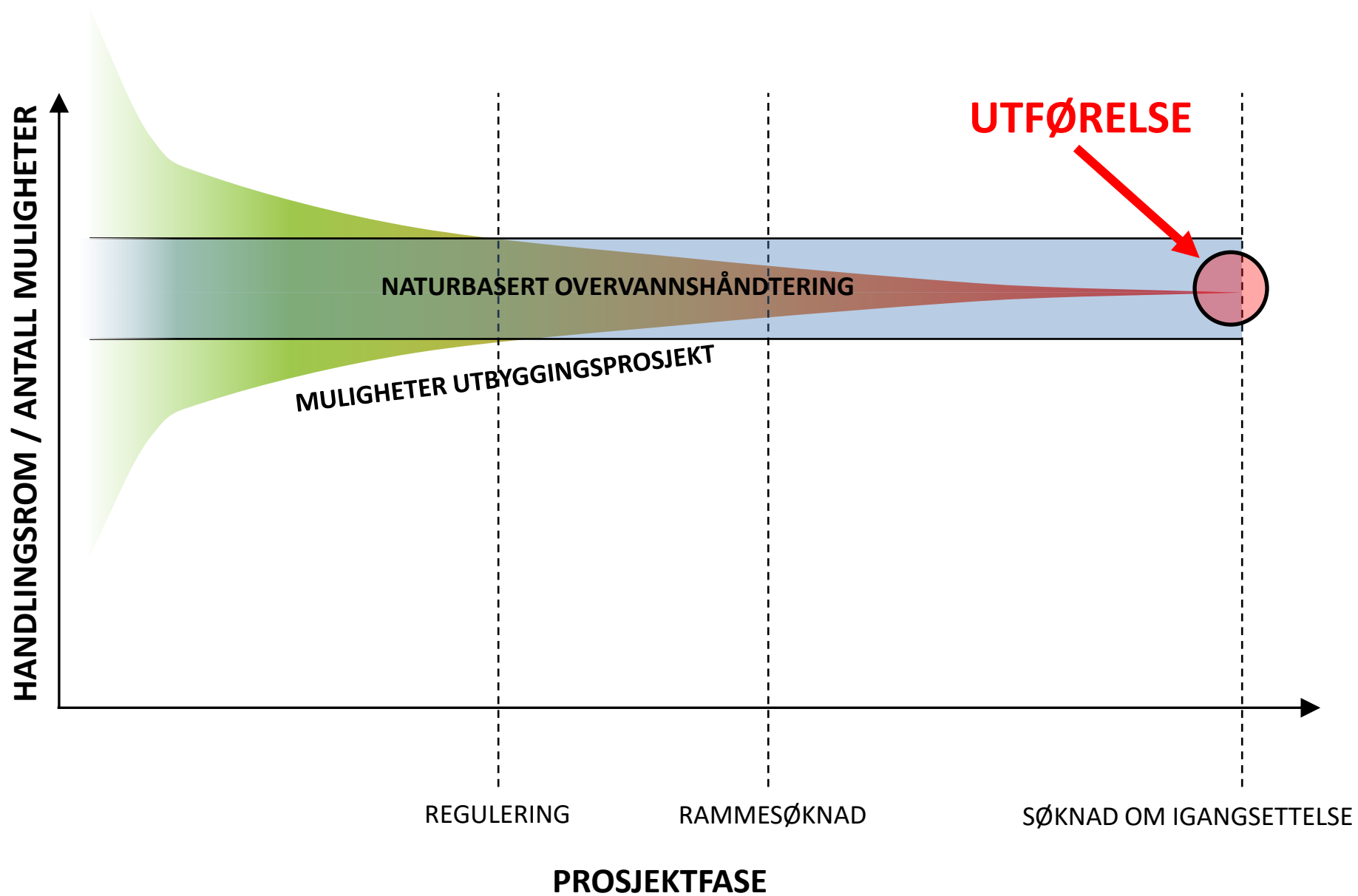












Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier



Utførelse

Kontroll på vannveier

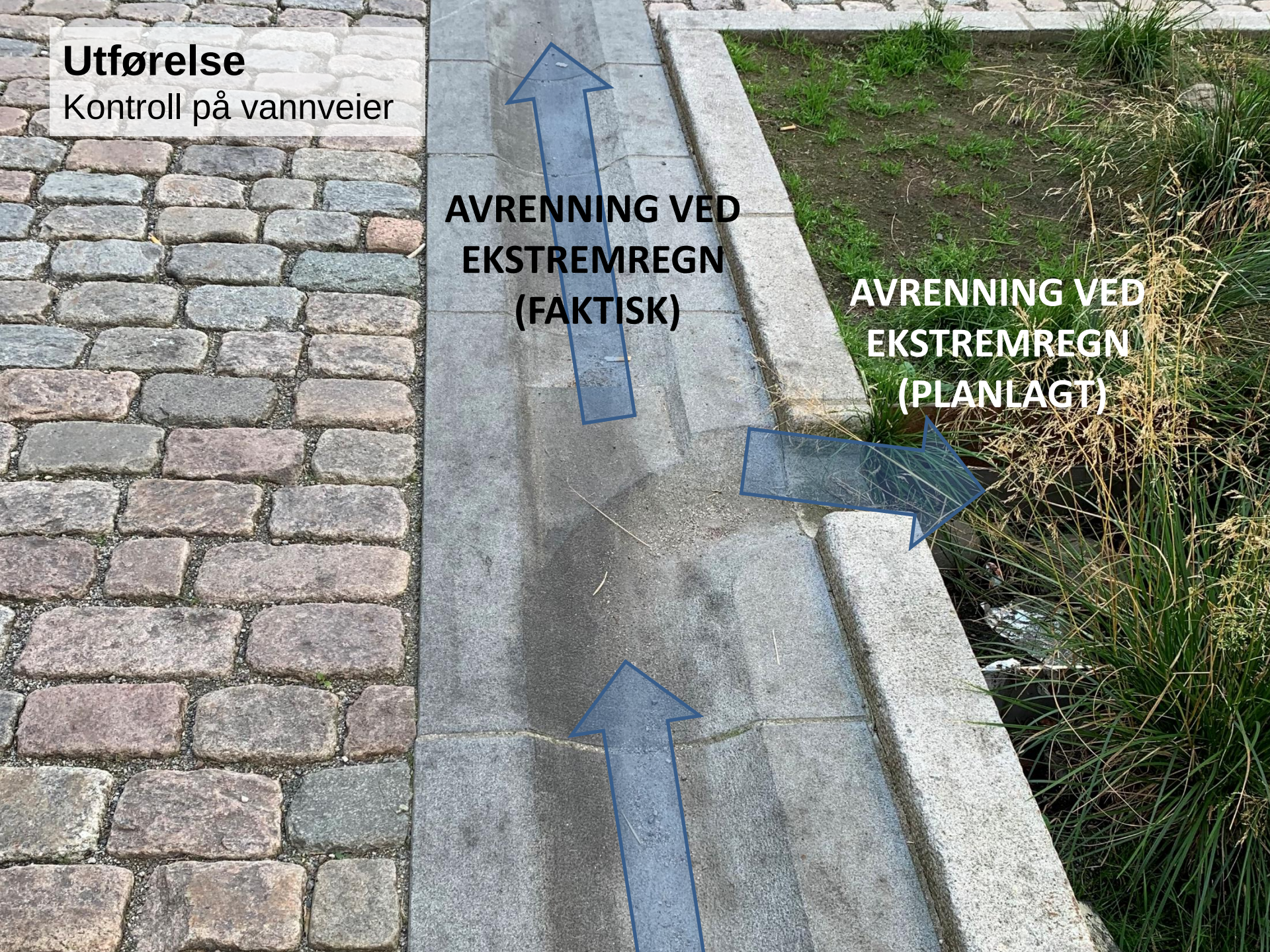


Utførelse

Kontroll på vannveier

**AVRENNING VED
EKSTREMREGN
(FAKTISK)**

**AVRENNING VED
EKSTREMREGN
(PLANLAGT)**



Utførelse

Kontroll på vannveier



PLANLAGT



FAKTISK

Utførelse

Kontroll på vannveier

@noahgylver

• VS30805 •

FAKTISK

PLANLAGT



Planlegging og utførelse

Infiltrasjonsmasser komprimeres



Planlegging og utførelse

Infiltrasjonsmasser komprimeres



Planlegging og utførelse

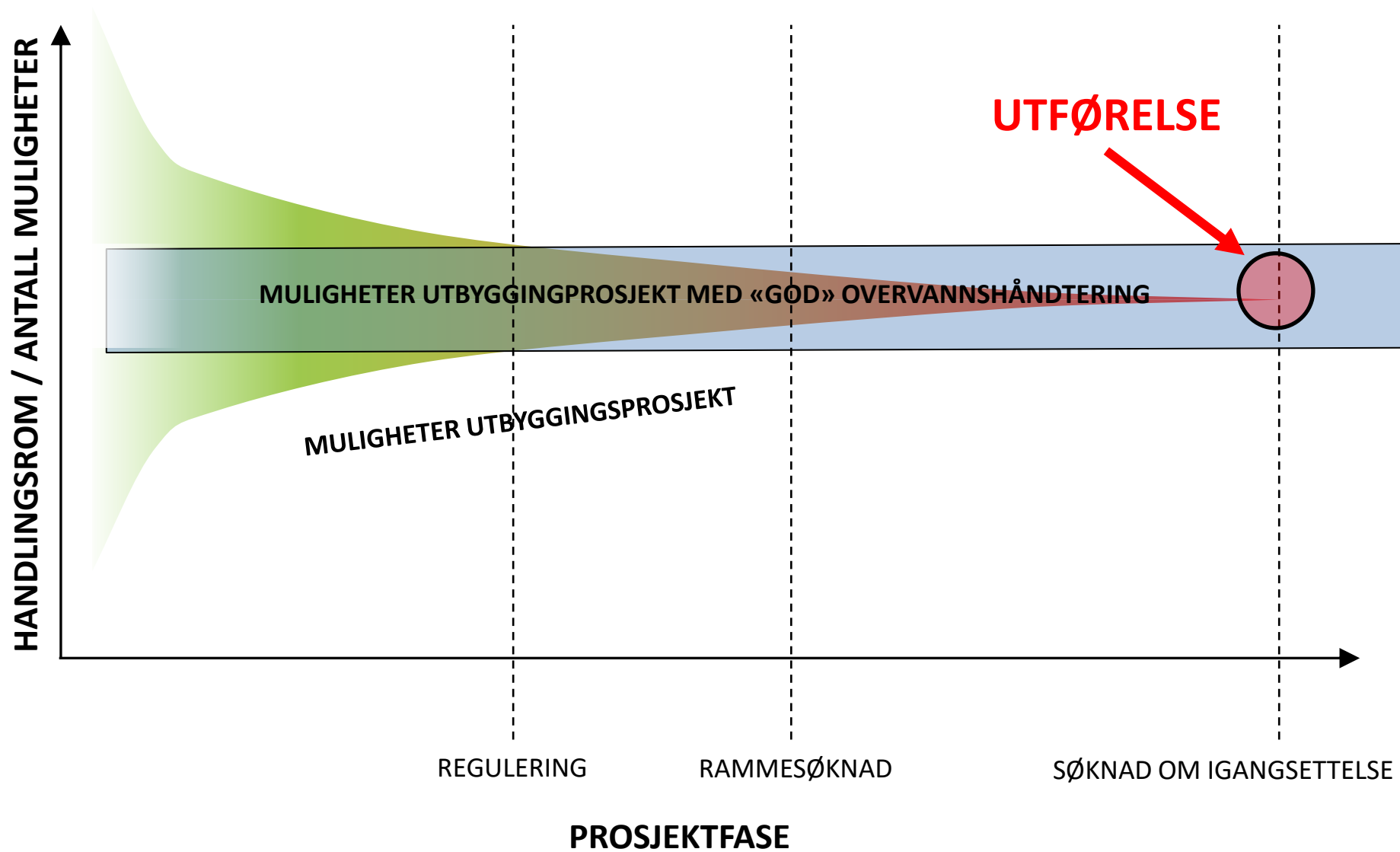
Infiltrasjonsmasser komprimeres



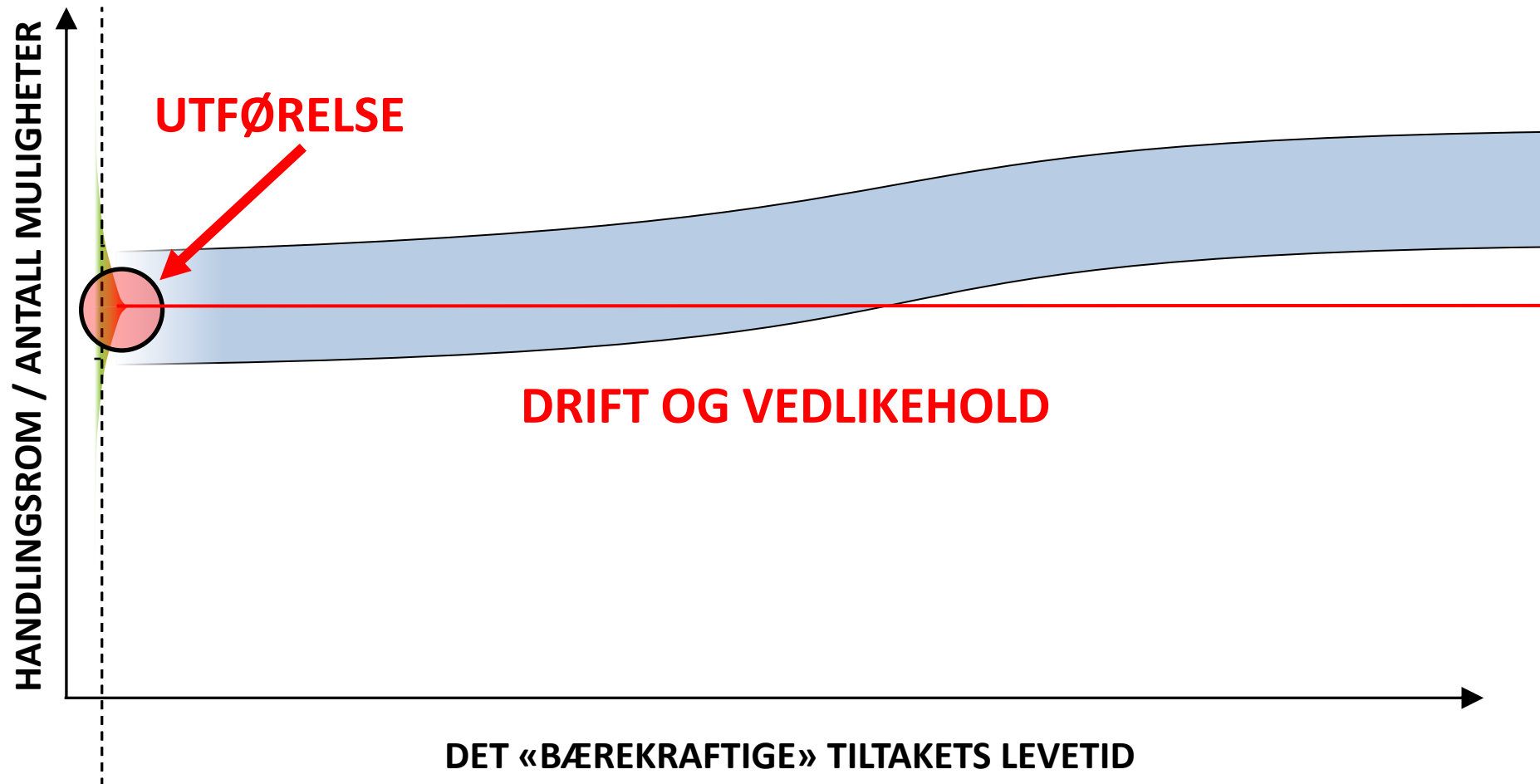
Utførelse

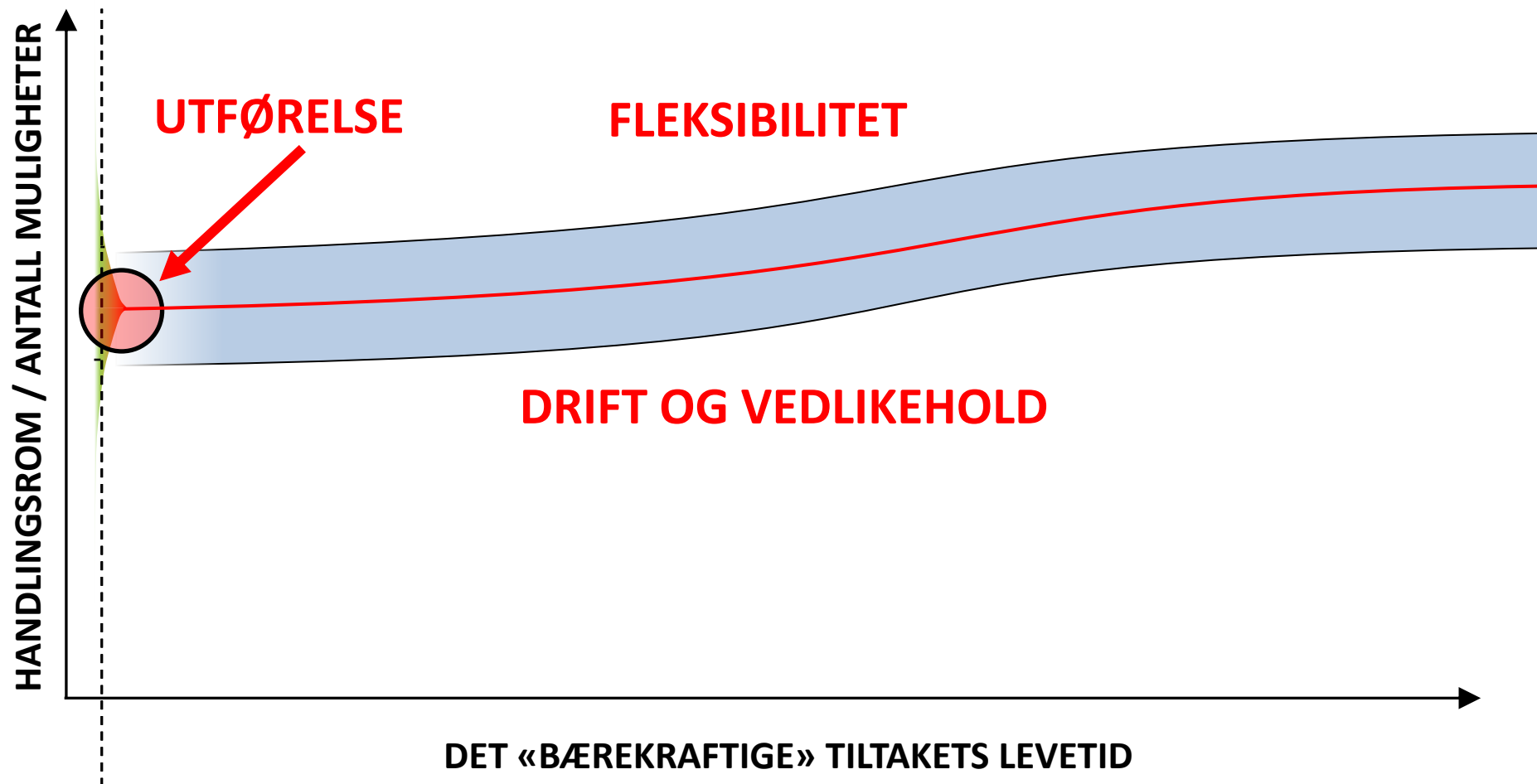
Tiltaket bygges ikke..











Takk for meg

Bestemmelse er:

- Tekst som fastlegger rammer i planen
- Kommer i tillegg til plankartet
- Grunnlag for byggesaksbehandling

Bestemmelse skal:

- Være klare og entydige (absolutte krav)
- Tydelig koblet til kartet med arealformål / påskrift
- Henvisning til hjemmel (lovparagraf)

Bestemmelse skal ikke:

- Ta inn lovkrav
- Angi hvem som skal gjennomføre tiltak
- Angi privatrettslige forhold
- Angi adgang til dispensasjon
- Frawike fra PBL / TEK17

