

# Anvendelse af den luftbårne elektromagnetiske metode til at håndtere udfordringer med vandressourcen på delstatsniveau.



Ian Gottschalk

Frederik Christensen

Ramboll Water

[igottschalk@ramboll.com](mailto:igottschalk@ramboll.com)

[FEC@ramboll.dk](mailto:FEC@ramboll.dk)

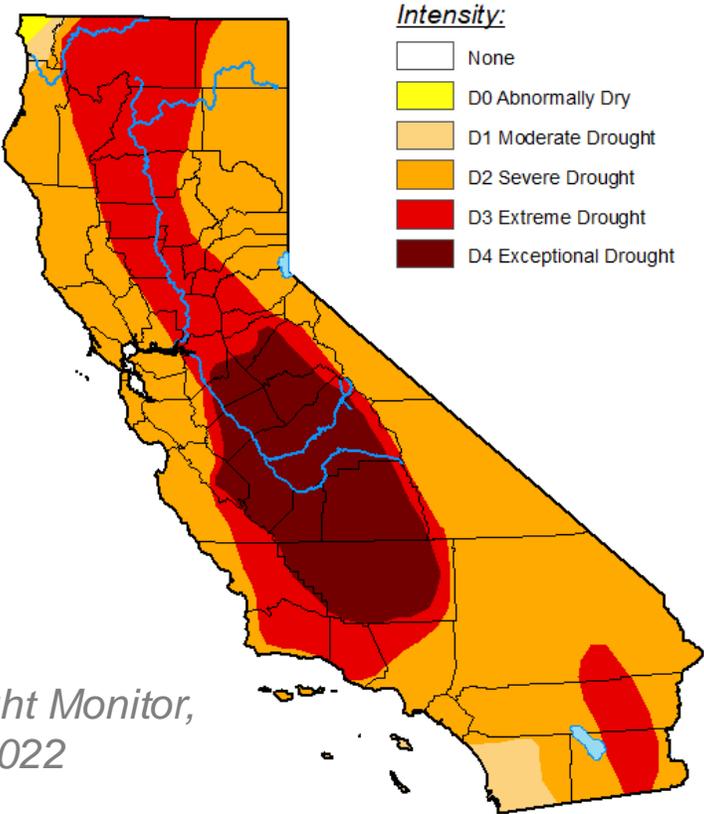


Frederik Ersted Christensen  
Cand.scient.geofysik

- Færdiguddannet fra Aarhus universitet på insitutet for Geosience i 2020.
- Arbejdet fra 2020 til 2022 som videnskabelig assistent ved hydrogeofysik gruppen, Aarhus universitet.
- Fra sommeren 2022 til nu, geofysiker ved Rambøll med fokus på de elektriske og elektromagnetiske metoder.

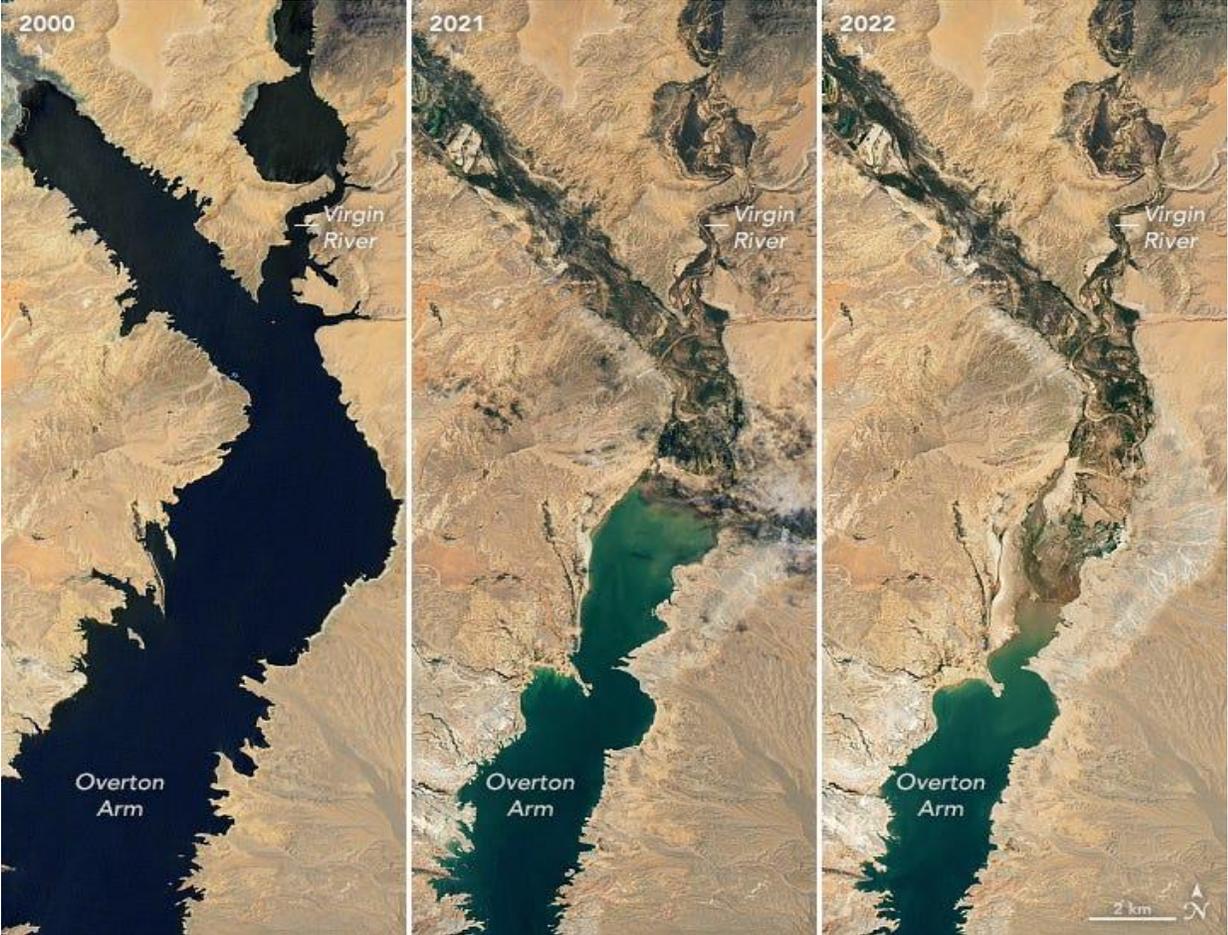
# Vandforsynings udfordringer i det vestlige USA

## U.S. Drought Monitor California



US Drought Monitor,  
Aug 23, 2022

## Lake Mead satellite imagery 2000-2022



Usatoday.com July 2022

# California overforbruger vandressourcen

**Mest vandforbrugende stat:** 42 million acre-feet (MAF)

51806.16 Kubik hektometer (hm) pr år.

1 hm = 1mio. m<sup>3</sup>

**Vandet bliver brugt til:**

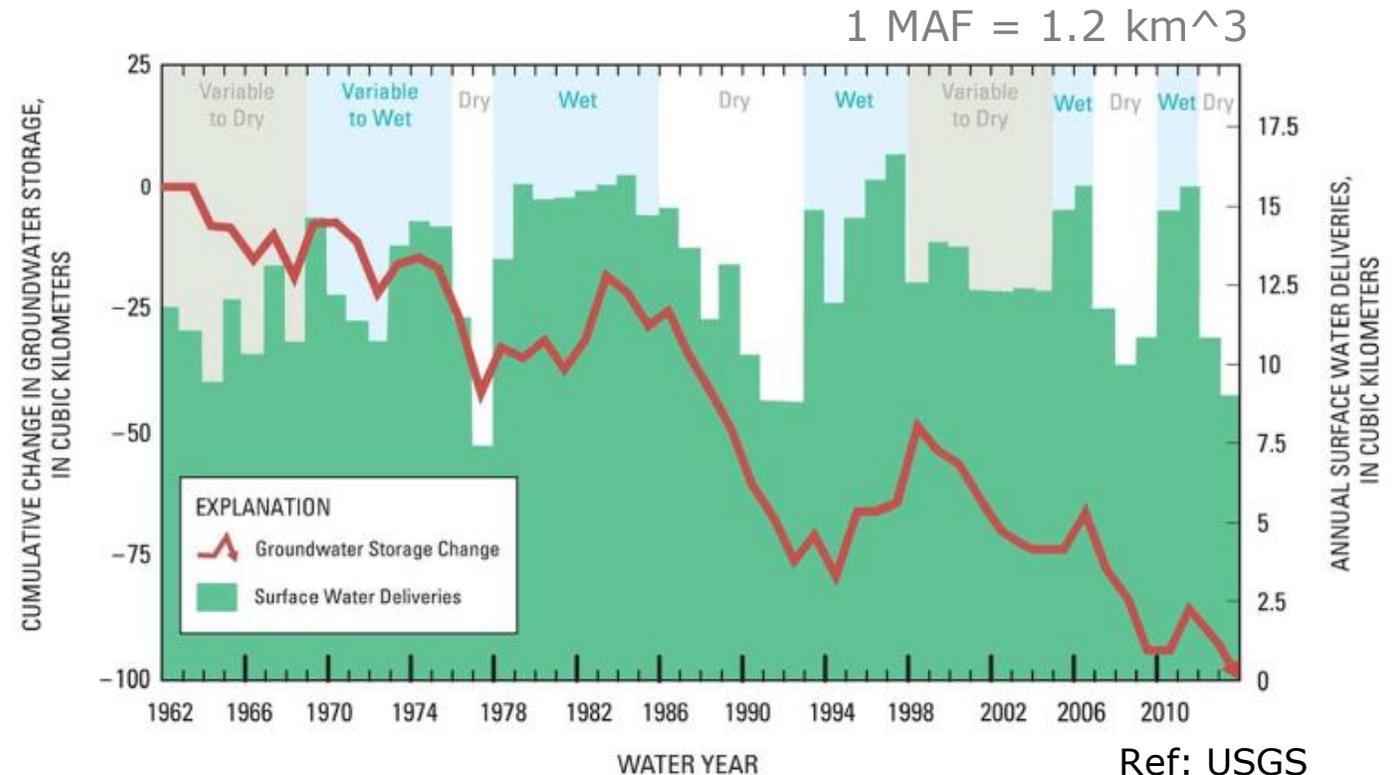
60% Markvanding

17% Offentlig forsygning

**Grundvandet leverer:** 40-60%

Mistet 81 MAF (99911.88 hm)

Af grundvands ressourcen  
fra Central Valley på 52 år



# I fremtiden forventes en lavere tilførsel af vand

CLIMATE & ENVIRONMENT

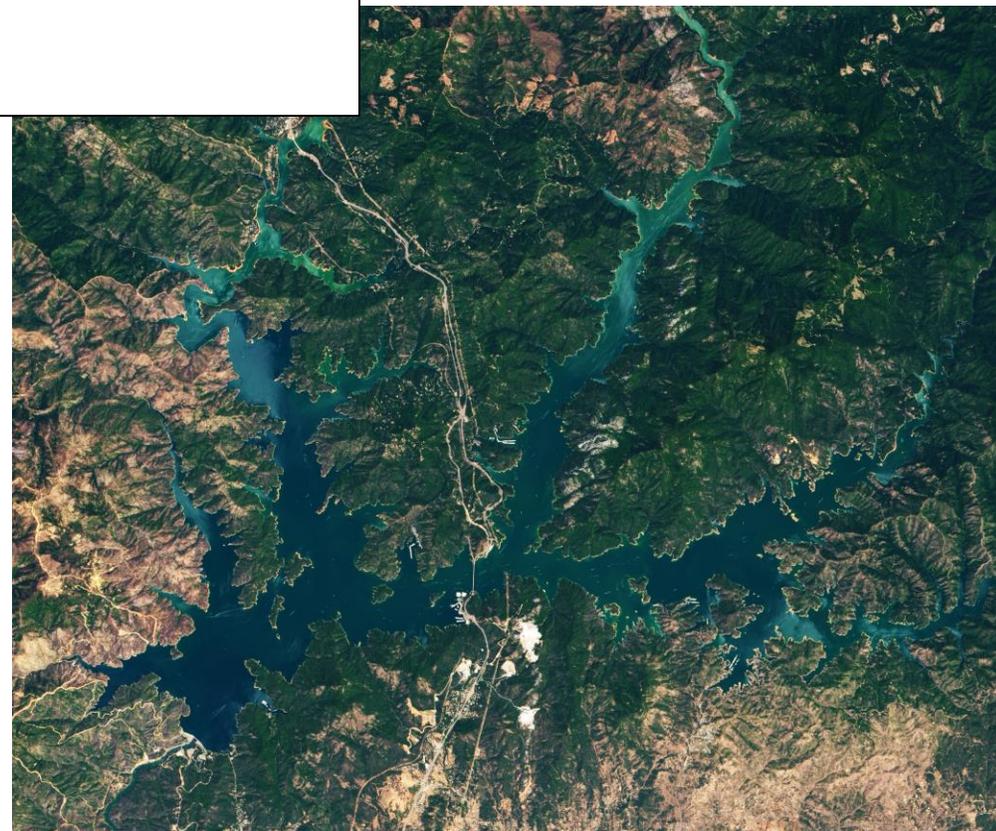
With California expected to lose 10% of its water within 20 years, Newsom calls for urgent action

*LA Times, Aug. 11, 2022*

“Det projekterede tab... svarer til at miste

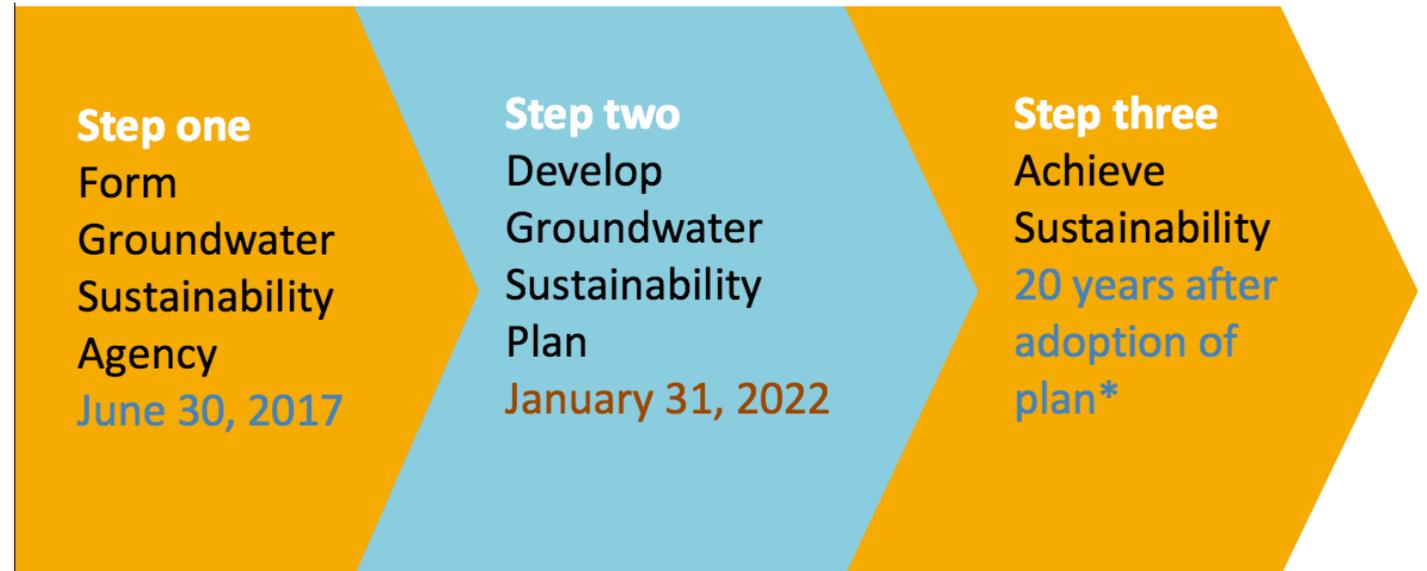
...

mere end volume af Shasta Lake [pr år]...” (4.5 MAF), 4550.66 Kubik hektometer



# Vedtagelse af the: Sustainable Groundwater Management Act (SGMA)

- Vedtaget i 2014
- Grundvandsmagasiner skal anvendes bæredygtigt gennem lokale planer
- Tidslinje for udførelse

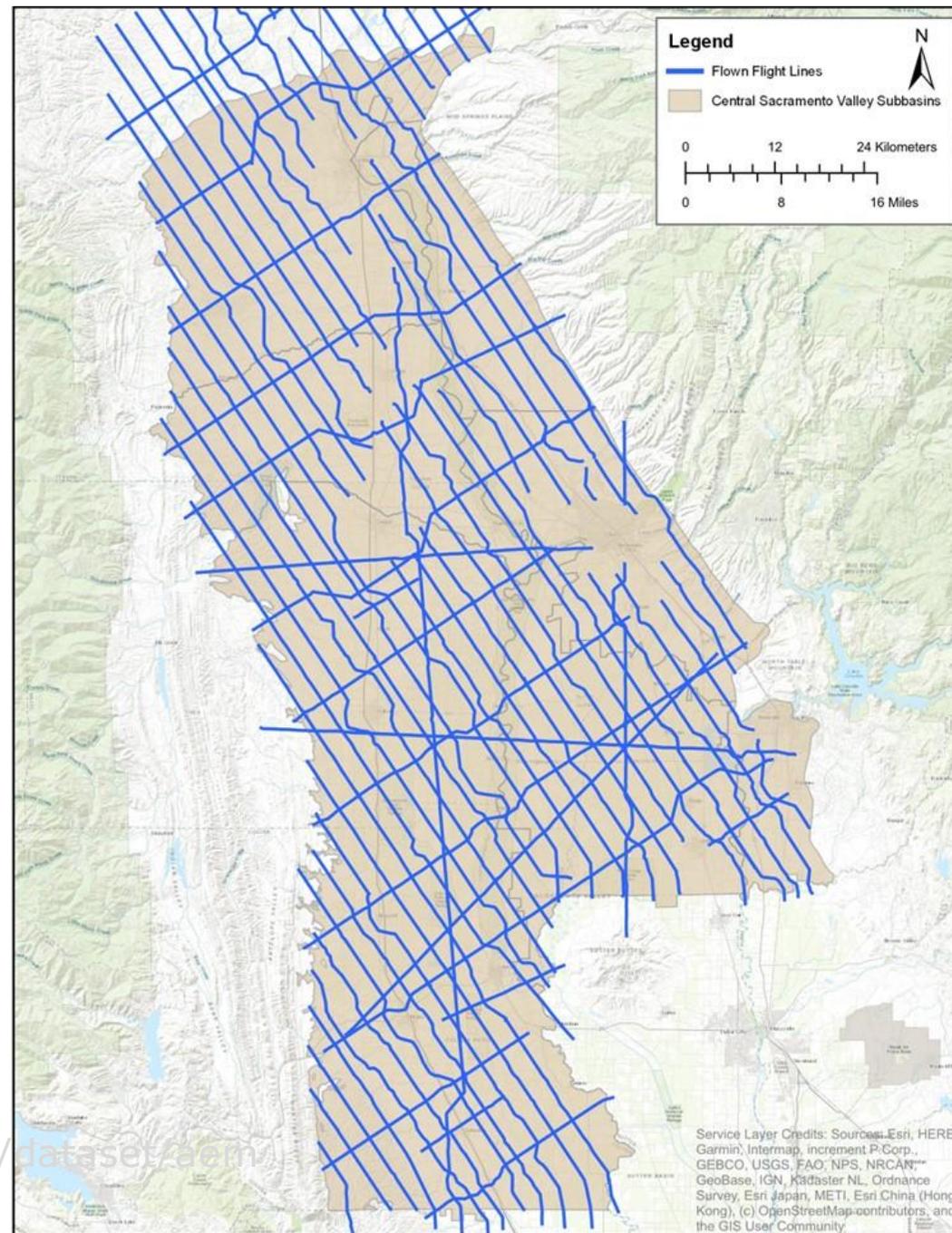


Målet med undersøgelsen er at kortlægge alle medium til høj prioritet grundvandsmagsiner i staten Californien



<https://data.cnra.ca.gov>

Linjer er fløjet i et 2 by 8 mile (3.2x12.87km) gitter for at fange store geologiske strukturer.



<https://data.cnra.ca.gov/dataset/aem/>



# Focused Low Moment DWR-AEM Survey for Mapping Surface infiltration Recharge Potential

**Ian Gottschalk**, Timothy Parker, Frederik Christensen, Mikkel Toftdal, Jeppe Schjerning, Javier Peralta, Paul Thorn - *Ramboll*

Mandy Long, Rasmus Teilmann, Amir Soltanzadeh - *SkyTEM*

Katherine Dlublac, Steven Springhorn, Ben Brezing - *California Department of Water Resources (DWR)*



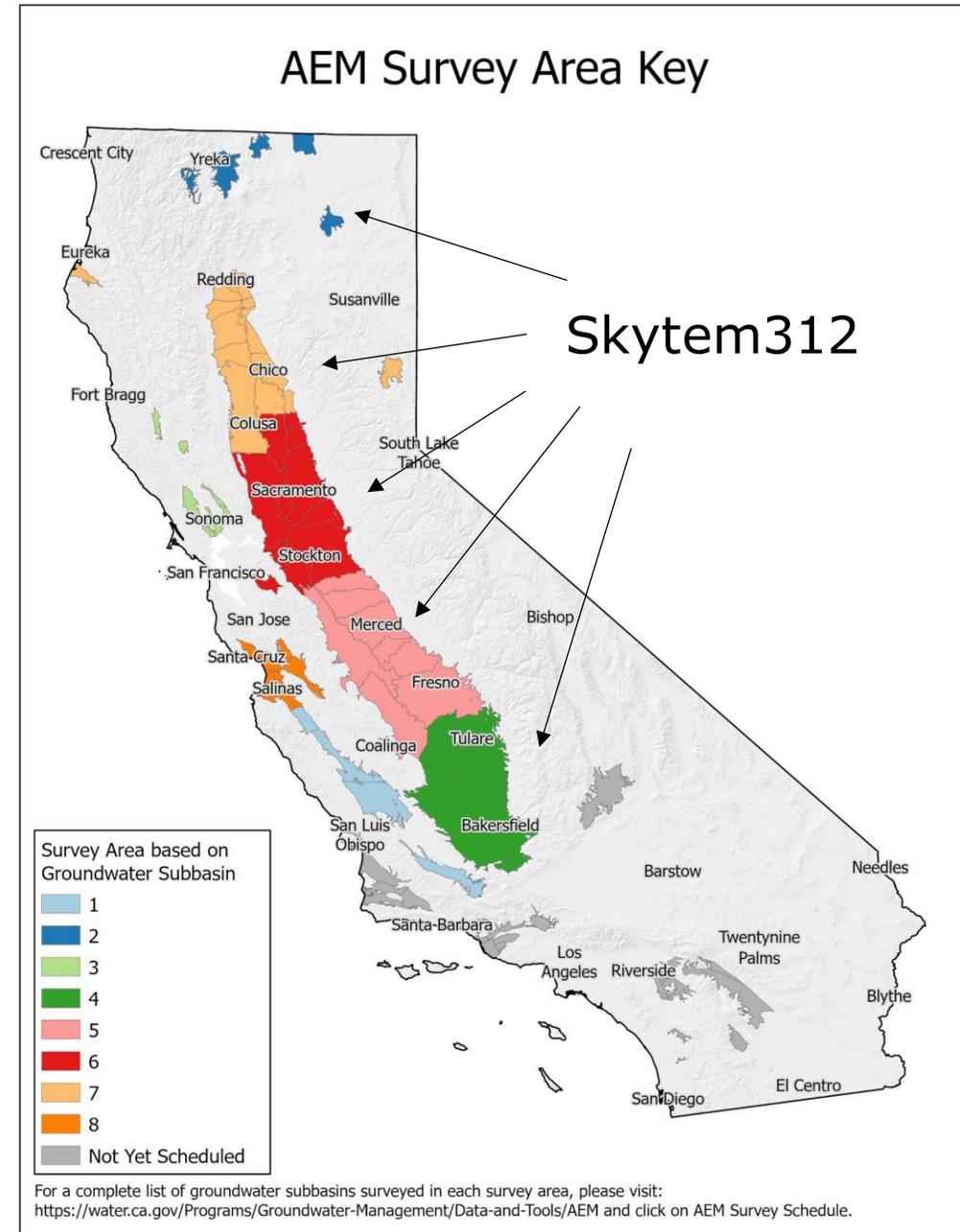
Bright ideas.  
Sustainable change.



# SkyTEM312

## Skytem312 Fordele:

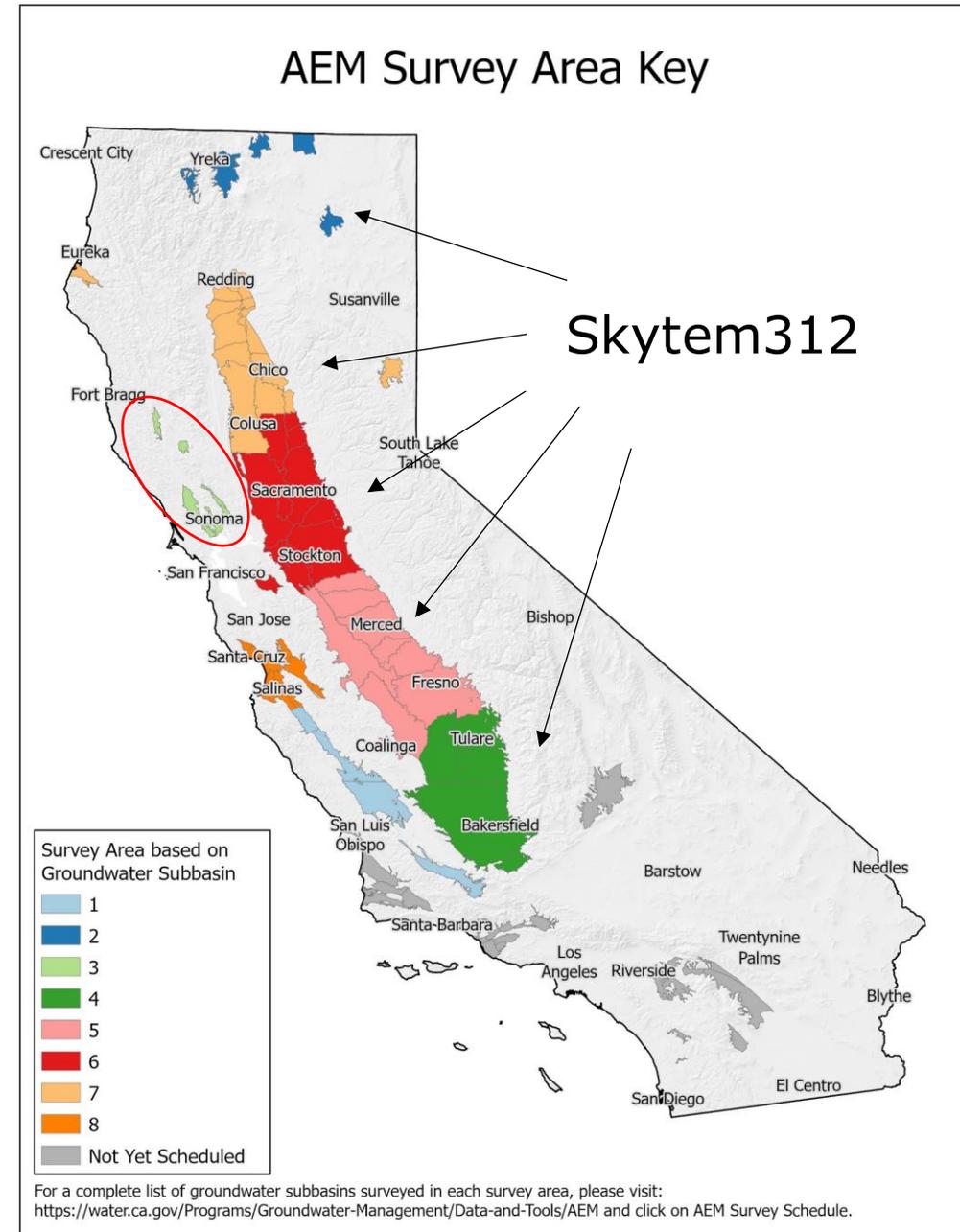
- God opløsning nær overfladen samt stor undersøgelses dybde
- Forbedret karakterisering af dybere geologi
- Velegnet til regional kortlægning



# Skytem System Selection

Undersøgelses område 3 – Santa Rosa Plain, Petaluma, Sonoma, Ukiah, and Big Valley Basins:

- Anderledes bassin karakteristik
- Mere overfladenære og ikke så tykke bassiner
- Kræver højere fokus på den overfladenære geologi



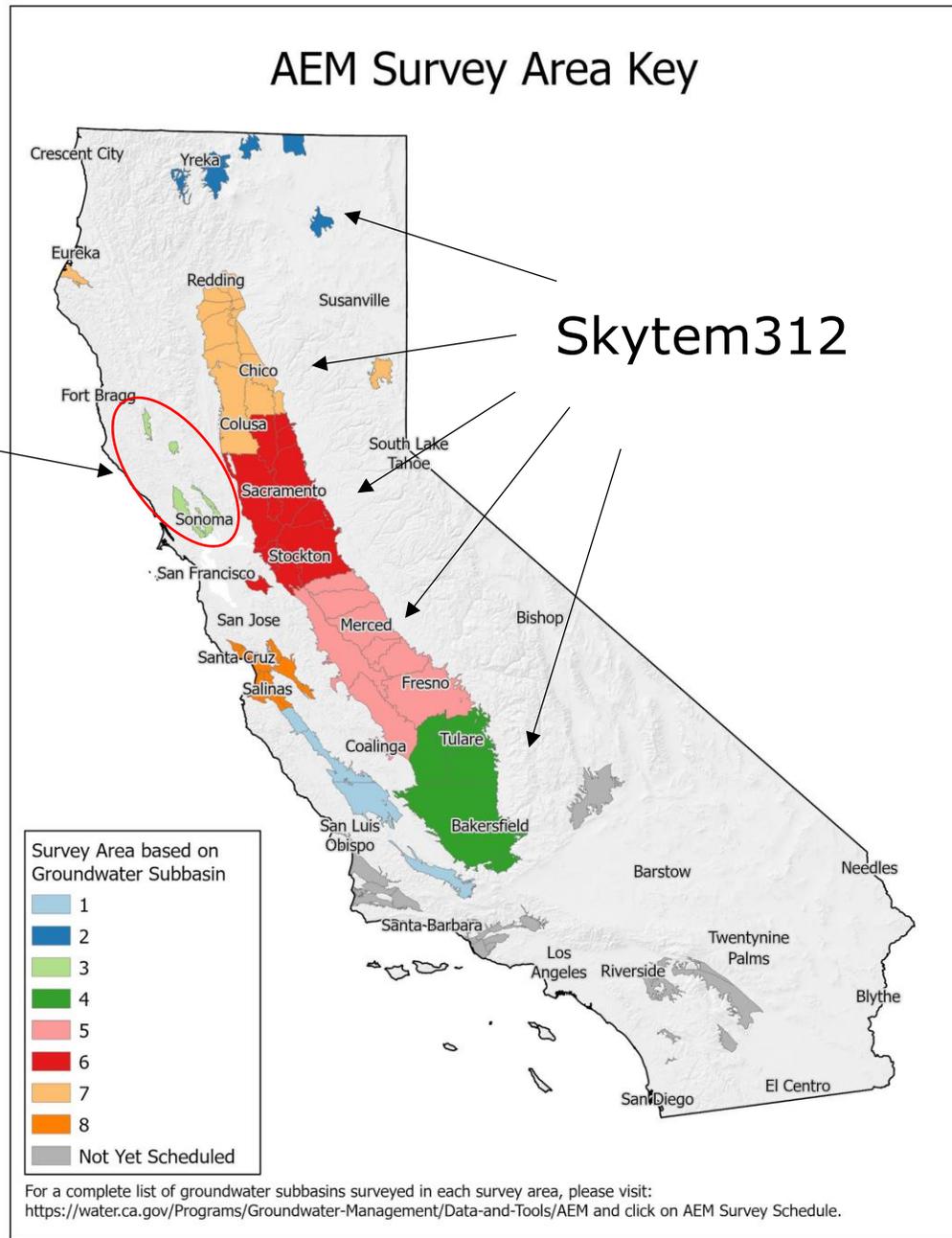
# Skytem304

## Skytem304 system benefits:

- Bedre opløsning af overfladenære lag
- Bedre til at skelne I mellem kontraster I ledningsevne

Skytem304

Skytem312



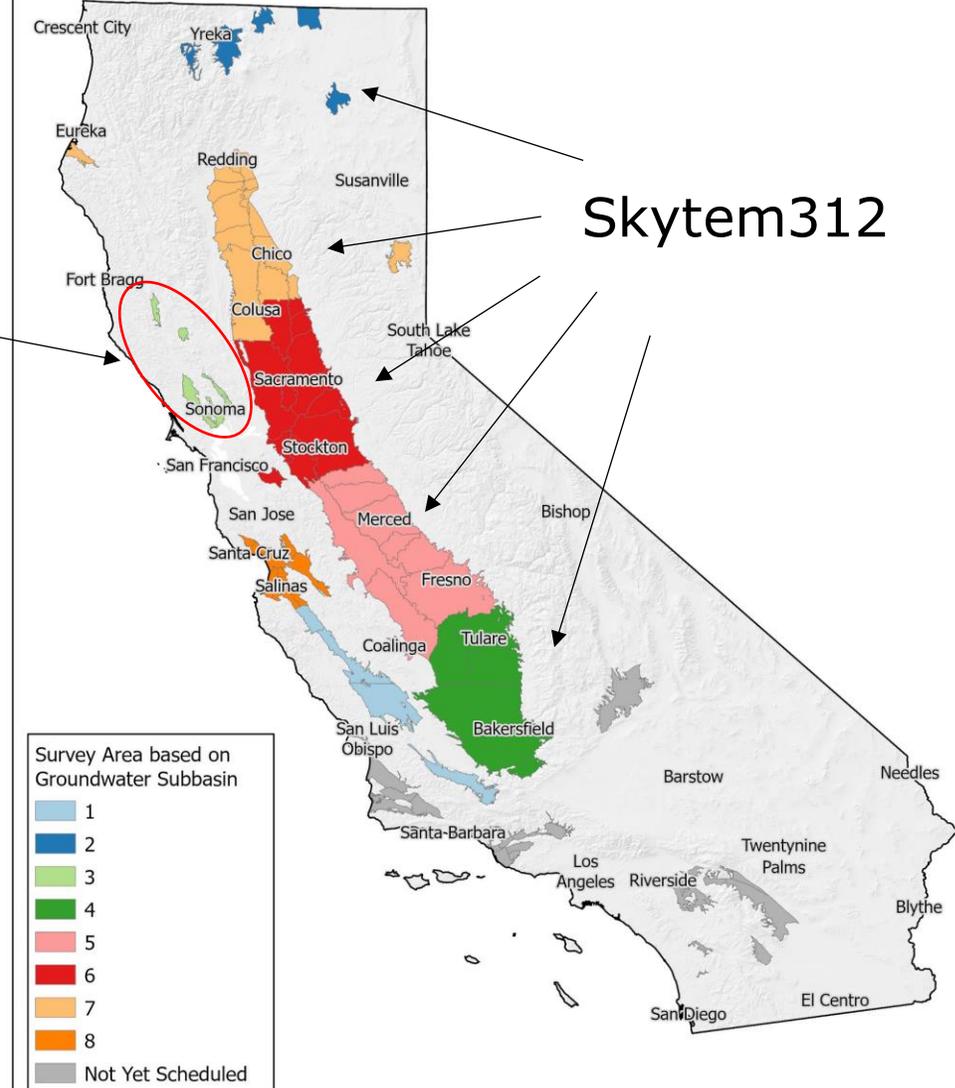
# Skytem304 HF

Forbedret overfladenær opløsning

- Måltrettede undersøgelser
- En mere præcis bassin karakteristik (bedre til at opfange laterale variationer)

Skytem304

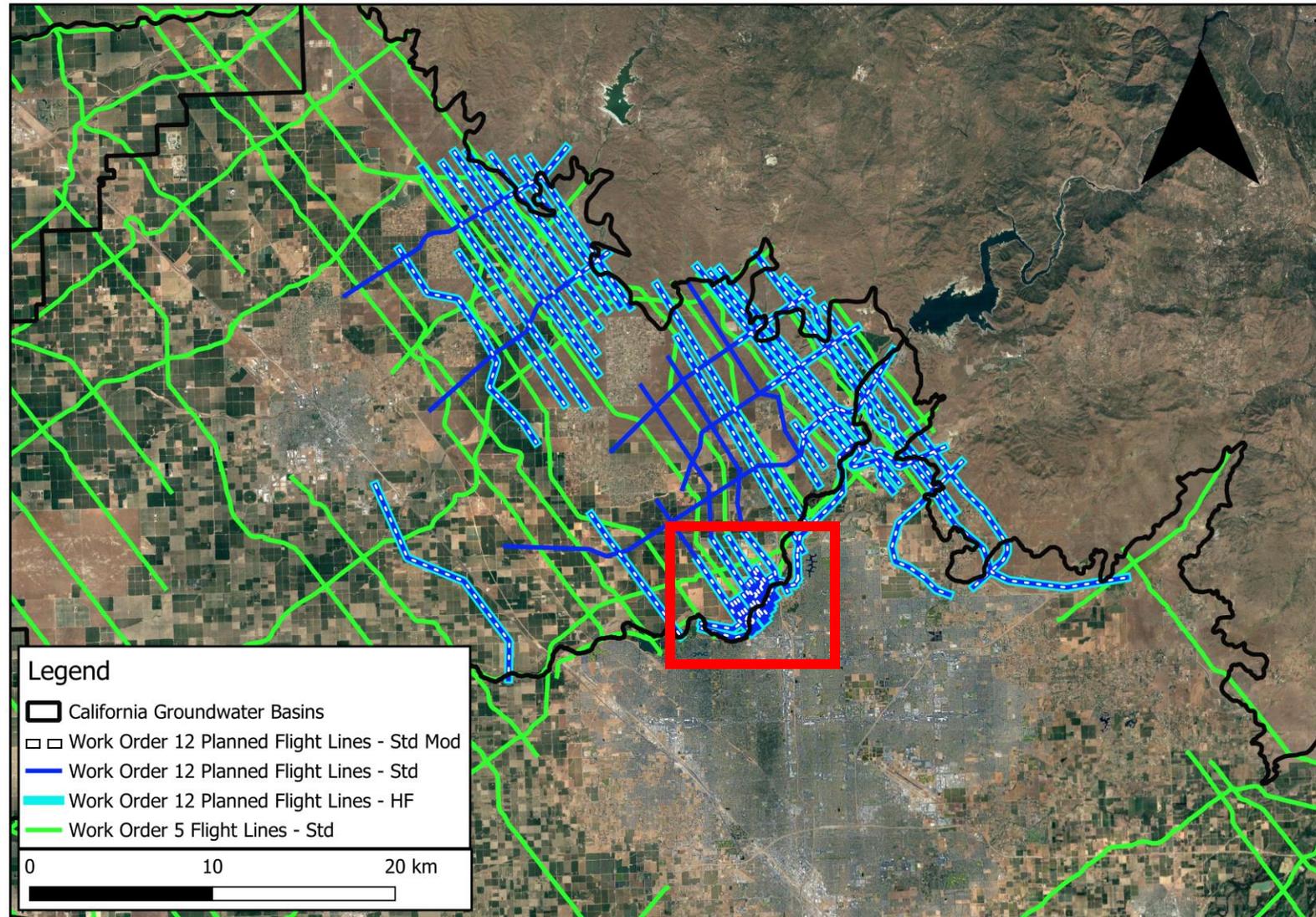
## AEM Survey Area Key



Skytem312

For a complete list of groundwater subbasins surveyed in each survey area, please visit:  
<https://water.ca.gov/Programs/Groundwater-Management/Data-and-Tools/AEM> and click on AEM Survey Schedule.

# Eksempel – Kings og Madera grundvands magasin



# SkyTEM puls sekvenser

## General

Description	value	unit
loop diameter		30m
ground speed		80kph
	22.22222222	m/s

## System-specific

Description	304 HF script	304 standard	312 standard	unit
LM base frequency	210		210	210 Hz
HM base frequency	75		30	30 Hz
HM:LM ratio	1		3	--
LM cycle length	0.4		0.4	0.4 s
trap sounding distance	1		1.4	1.4 s
HM cycle length	0.4		1.2	1.2 s
Full cycle length	0.8		1.6	1.6 s
LM pulses per cycle	84		84	84 pulses
HM pulses per cycle	30		36	36 pulses
LM pulses per second	105		52.5	52.5 pulses
HM pulses per second	37.5		22.5	22.5 pulses
Avg pulses per second	71.25		37.5	37.5 pulses
pulses per sounding distance	71.25		52.5	52.5 pulses
Avg pulses per meter	3.20625		1.6875	1.6875 pulses
Ratio of 304 HF pulses / * pulses	1.9		1	--

# Processering og Inversions indstillinger for HF kortlægning

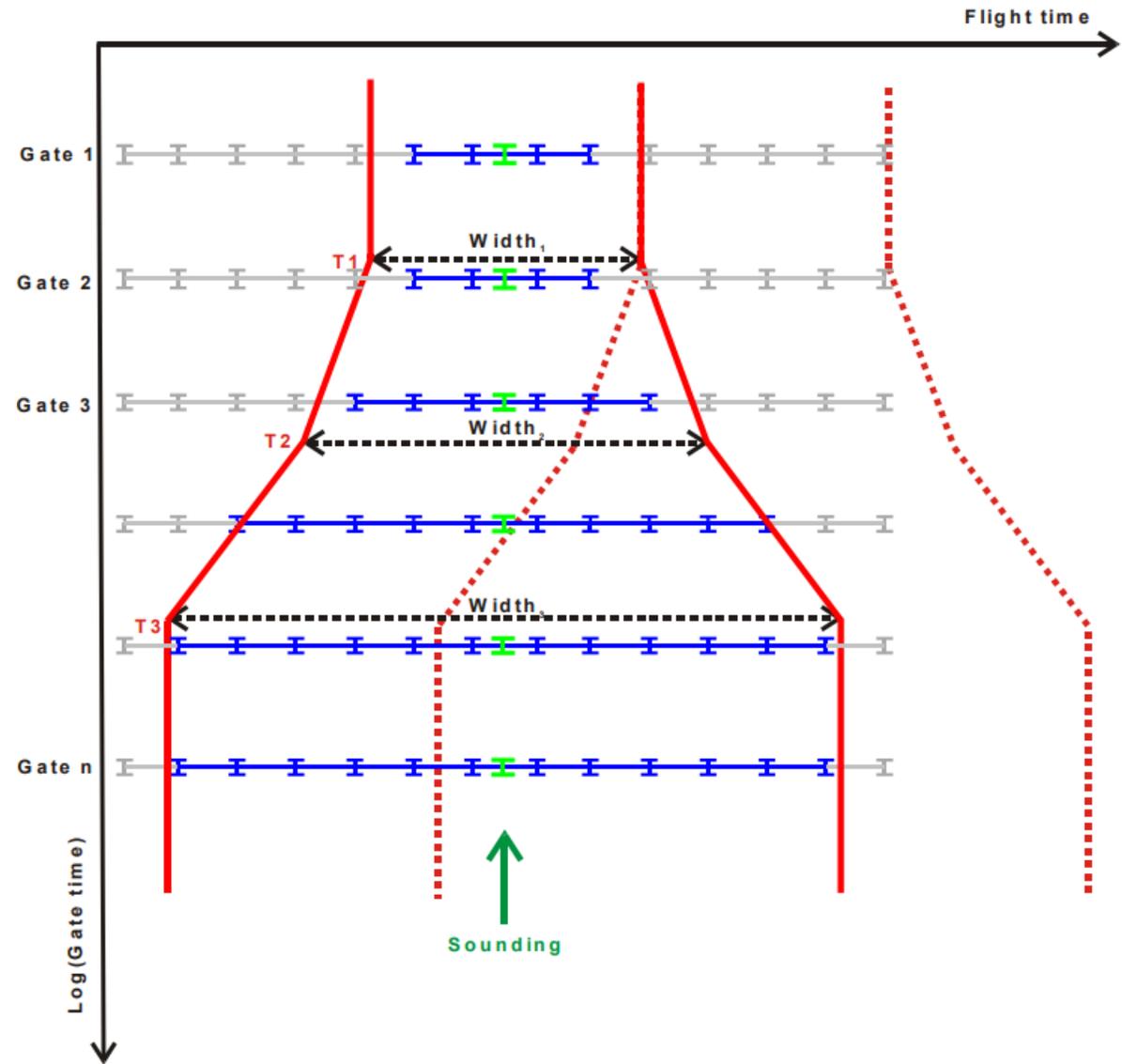
- Trapezfilteret for lavt moment har fået sounding distances, samt bredde reduceret i forhold til 304 standard samt 312

High Frequency Survey Processing Settings	
Trapez Sounding distance (s)	0.8
LM Trapez Width 1 (s)	0.8
LM Trapez Width 2 (s)	0.9
LM Trapez Width 3 (s)	3
HM Trapez Width 1 (s)	3
HM Trapez Width 2 (s)	4
HM Trapez Width 3 (s)	6

High Frequency Survey Inversion Settings	
LM Gates Omitted	1,17,18,20,21,22,23,24,25,26,27,28
HM Gates Omitted	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,26,27,28,29,30,31,32
First Layer Boundary (m)	1
Last Layer Boundary (m)	200
Minimum number of datapoints	5
Reference Distance (m)	20
Resistivity Starting Value	Set to Auto
Lateral Constraint at Medium	1.3
Vertical Constraint	3
Lateral Constraint	1.1
Altitude a-priori STD	0.5

# Processering og inversions overvejelser

- LM trapezfilter sounding distance og bredde
- Afhængning at mål:
  - Balance mellem signal-støj-forhold og lateral opløsning
  - Begrænset "averaging window" gennemsnitsvindue for at øge opløsningen



# Processing and Inversion Settings for HF Survey

- Sidste lag valgt baseret på forventet indtrægningsdybde (DOI)

High Frequency Survey Processing Settings	
Trapez Sounding distance (s)	0.8
LM Trapez Width 1 (s)	0.8
LM Trapez Width 2 (s)	0.9
LM Trapez Width 3 (s)	3
HM Trapez Width 1 (s)	3
HM Trapez Width 2 (s)	4
HM Trapez Width 3 (s)	6

High Frequency Survey Inversion Settings	
LM Gates Omitted	1,17,18,20,21,22,23,24,25,26,27,28
HM Gates Omitted	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,26,27,28,29,30,31,32
First Layer Boundary (m)	1
Last Layer Boundary (m)	200
Minimum number of datapoints	5
Reference Distance (m)	20
Resistivity Starting Value	Set to Auto
Lateral Constraint at Medium	1.3
Vertical Constraint	3
Lateral Constraint	1.1
Altitude a-priori STD	0.5

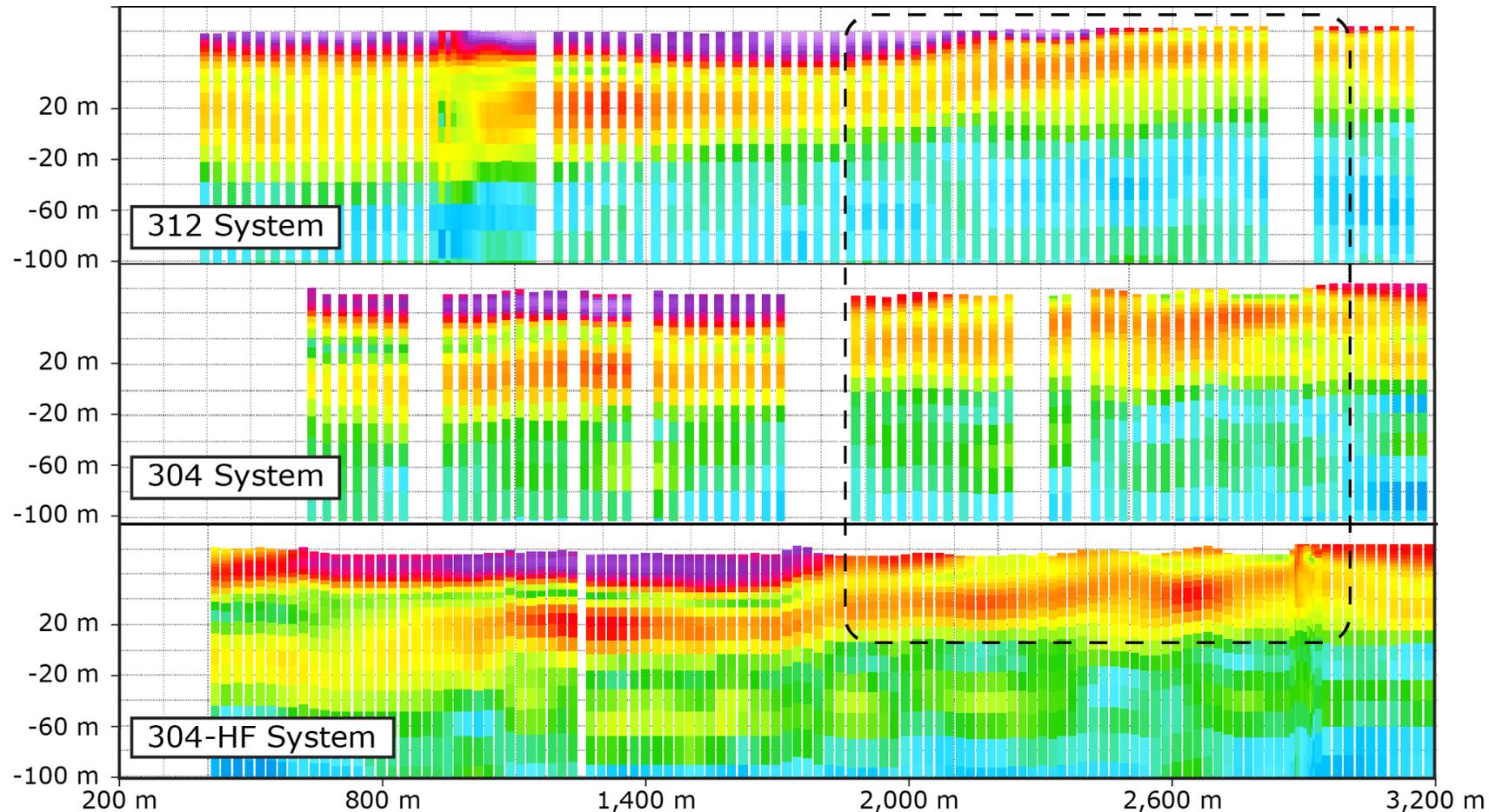
# Processing and Inversion Settings for HF Survey

- De vertikale bånd blev lempet for at tillade større variation med dybden.
- De laterale bånd er sat til den anbefalede værdi.

High Frequency Survey Processing Settings	
Trapez Sounding distance (s)	0.8
LM Trapez Width 1 (s)	0.8
LM Trapez Width 2 (s)	0.9
LM Trapez Width 3 (s)	3
HM Trapez Width 1 (s)	3
HM Trapez Width 2 (s)	4
HM Trapez Width 3 (s)	6

High Frequency Survey Inversion Settings	
LM Gates Omitted	1,17,18,20,21,22,23,24,25,26,27,28
HM Gates Omitted	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,26,27,28,29,30,31,32
First Layer Boundary (m)	1
Last Layer Boundary (m)	200
Minimum number of datapoints	5
Reference Distance (m)	20
Resistivity Starting Value	Set to Auto
Lateral Constraint at Medium	1.3
Vertical Constraint	3
Lateral Constraint	1.1
Altitude a-priori STD	0.5

# Contrasting models across system configurations



Observations:

- Større regionale strukturer er til stede i alle modeller.
- Flere detaljer fra 304-HF systemet
- Forskel i (DOI) mellem systemerne.

