Hjørring renseanlæg
Hydraulik og overløb

Når model og virkelighed mødes: Kalibrering af store afløbsmodeller

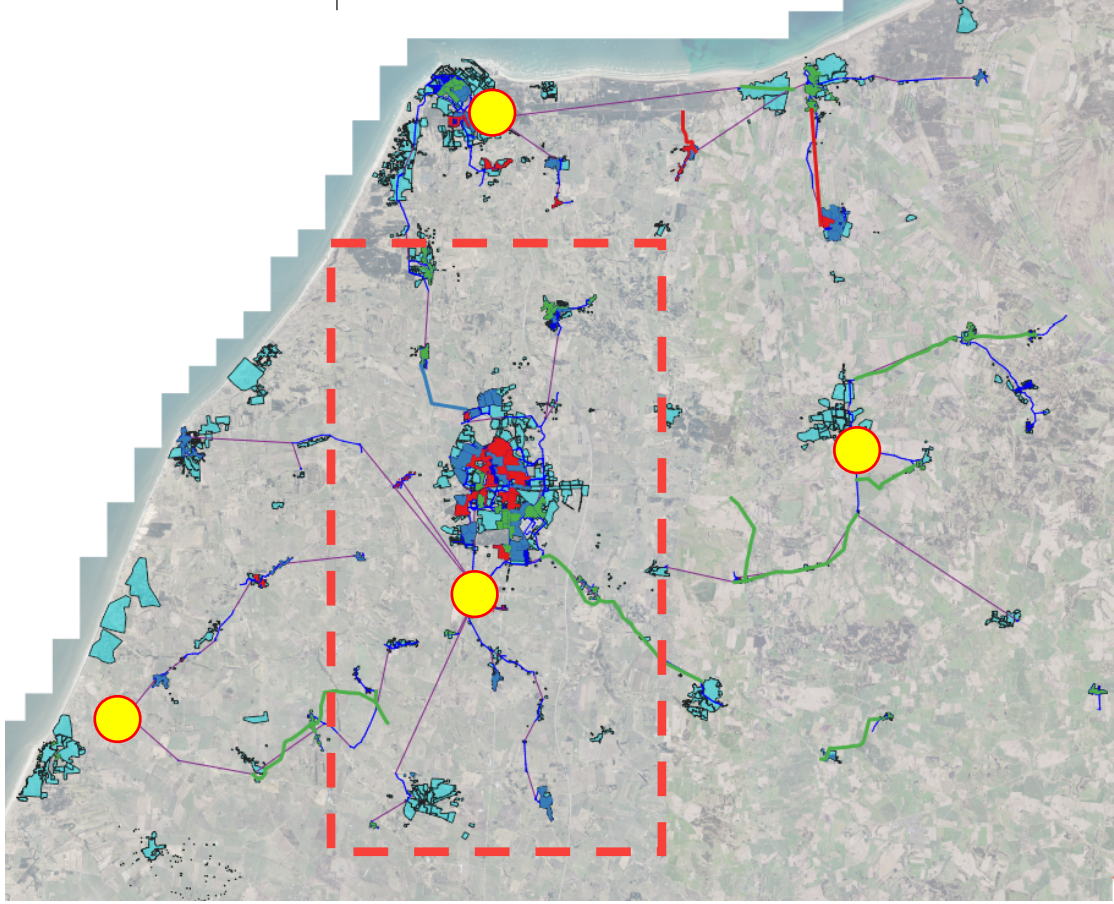


EVA-møde, Nyborg
Jan H. Sørensen, WSP

2026/10/29

OPGAVEN

- 4 centrale renseanlæg skal have opdaterede Mike-modeller:
  - Hirtshals renseanlæg
  - Hjørring renseanlæg
  - Sindal renseanlæg
  - Nr. Lyngby renseanlæg
- Alle eksisterende Mike Urban modeller skal opdateres til Mike+
- Alle modeller opdateres med udgangspunkt i den aktuelle ledningsregistreringsdatabase
- Modeller for Hirtshals og Hjørring skal kalibreres:
  - Lokale regnserier
  - Vandstandsloggere i bassiner og overløb
  - Registreringer fra SRO-anlægget
  - Møder med driftspersonale



Bedre udnyttelse af bassiner

Styring af aflastninger

Optimering af tilløb til Hjørring Renseanlæg

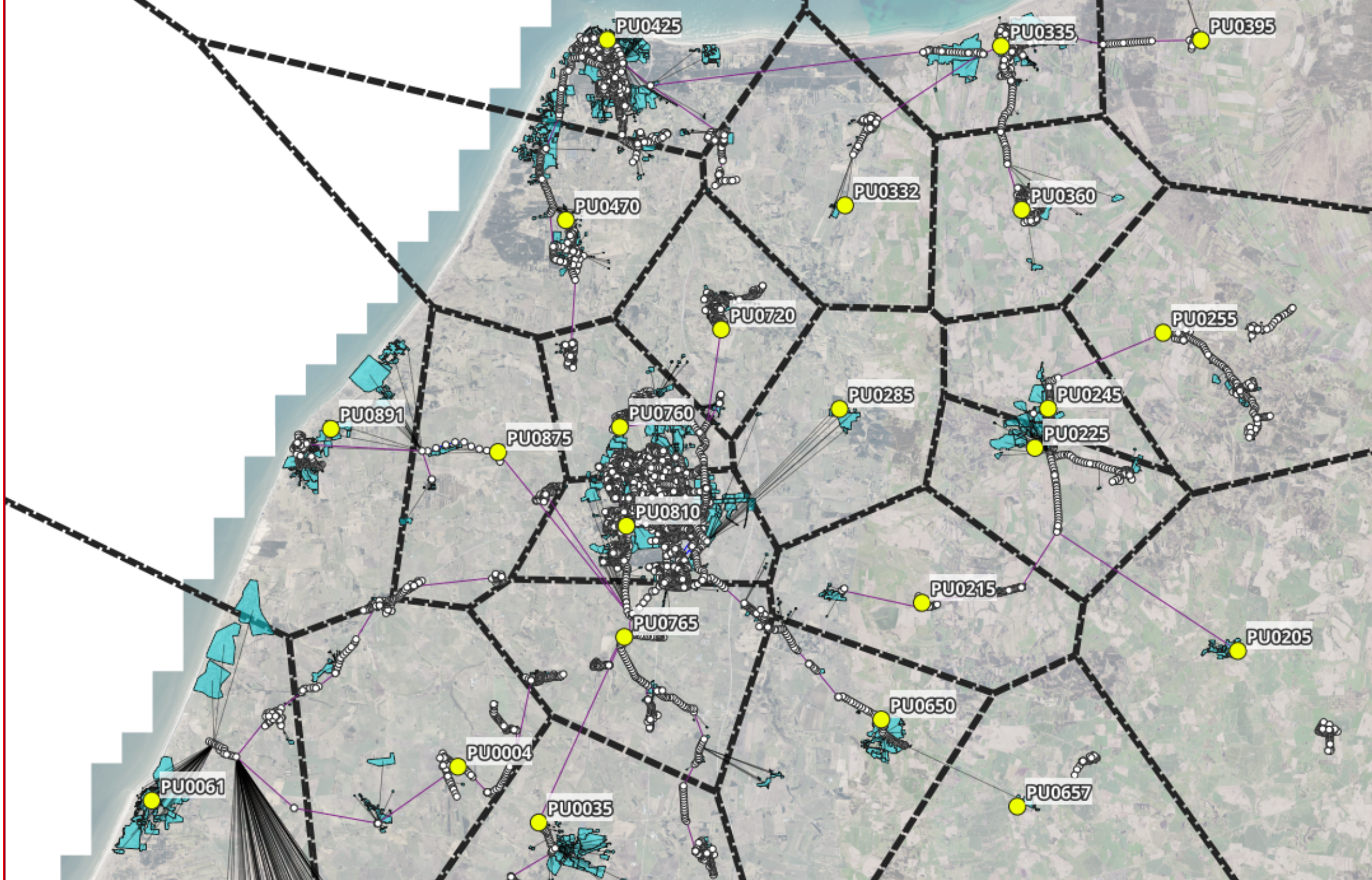
Regndata



Regnmålere i oplandet til:

- Hjørring renseanlæg
  10 stk. vist med blå signatur
- Sindal renseanlæg
  6 stk. vist med gul signatur
- Hirtshals renseanlæg
  6 st. vist med lilla signatur
- Nr. Lyngby renseanlæg
  2 stk. vist med grøn signatur

Regnmålerne tilknyttes modellerne som distribuerede hændelser, så der automatisk vælges de nærmeste regnhændelser


PU0425
PU0335
PU0395
PU0332
PU0360
PU0470
PU0720
PU0255
PU0285
PU0245
PU0891
PU0760
PU0875
PU0225
PU0810
PU0215
PU0765
PU0205
PU0650
PU0004
PU0061
PU0035
PU0657

Regndata

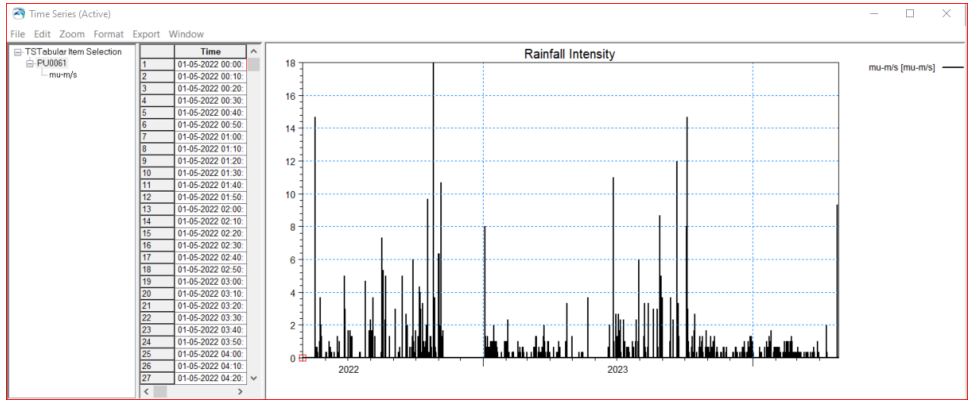
Der er desværre ingen SVK-regnmålere i Hjørring Kommune

Alle regnmålere er tjekket:

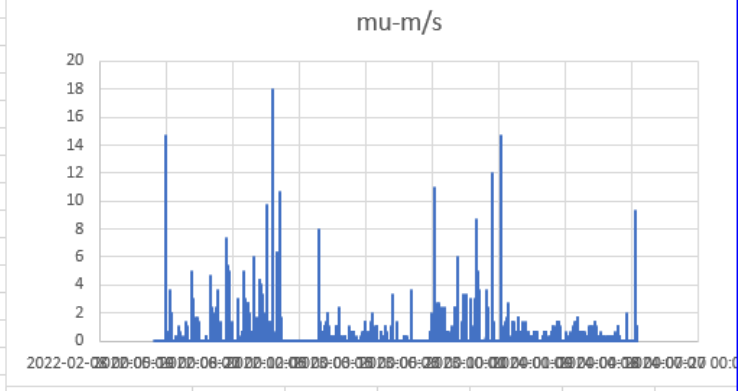
- op i mod hinanden
- vurderet ud fra, hvad der synes muligt/sandsynligt.

Alle mistænkelige hændelser er fjernet

Dfs0-filer for alle stationer er oprettet



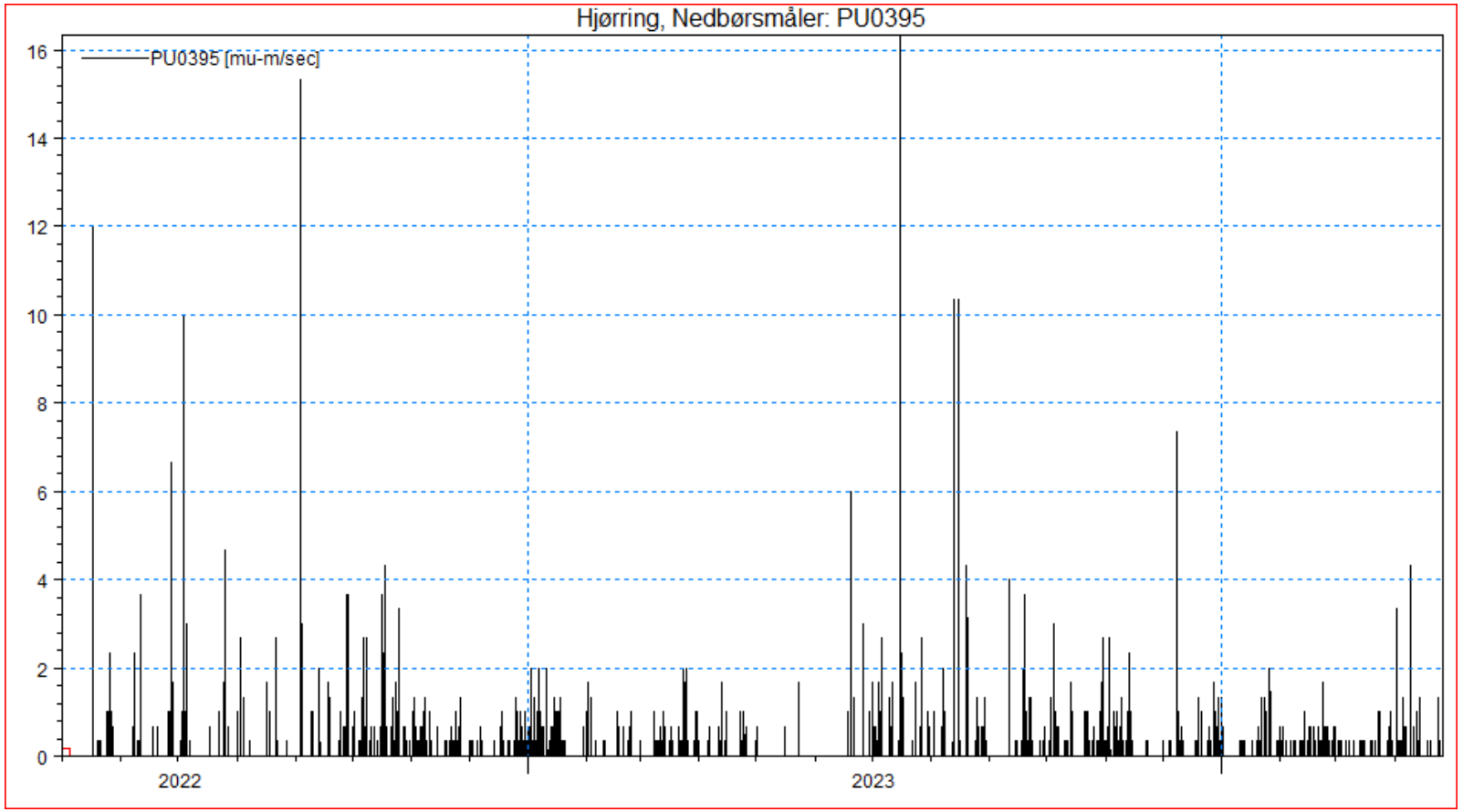
PU0061						
Tid	mu-m/s					
2022-05-01 00:00:00	0					
2022-05-01 00:10:00	0					
2022-05-01 00:20:00	0					
2022-05-01 00:30:00	0					
2022-05-01 00:40:00	0					
2022-05-01 00:50:00	0					
2022-05-01 01:00:00	0					
2022-05-01 01:10:00	0					
2022-05-01 01:20:00	0					
2022-05-01 01:30:00	0					
2022-05-01 01:40:00	0					
2022-05-01 01:50:00	0					
2022-05-01 02:00:00	0					
2022-05-01 02:10:00	0					
2022-05-01 02:20:00	0					
2022-05-01 02:30:00	0					
2022-05-01 02:40:00	0					
2022-05-01 02:50:00	0	Fejl 16/10-2022				
2022-05-01 03:00:00	0		mm	my-m/sec	l/s/ha	
2022-05-01 03:10:00	0	16-10-2022 17:40	0	0	0	
2022-05-01 03:20:00	0	16-10-2022 17:50	47	78,33	783	
2022-05-01 03:30:00	0	16-10-2022 18:00	104,2	173,67	1737	
2022-05-01 03:40:00	0	16-10-2022 18:10	89,6	149,33	1493	
2022-05-01 03:50:00	0	16-10-2022 18:20	55,8	93	930	
2022-05-01 04:00:00	0	16-10-2022 18:30	39,2	65,33	653	
2022-05-01 04:10:00	0	16-10-2022 18:40	28,8	48	480	
2022-05-01 04:20:00	0	16-10-2022 18:50	8,6	14,33	143	
2022-05-01 04:30:00	0	16-10-2022 19:00	6,4	10,67	107	
2022-05-01 04:40:00	0	16-10-2022 19:10	5	8,33	83	
2022-05-01 04:50:00	0	16-10-2022 19:20	3	5	50	
2022-05-01 05:00:00	0	16-10-2022 19:30	2	3,33	33	
2022-05-01 05:10:00	0	16-10-2022 19:40	0,2	0,33	3	
2022-05-01 05:20:00	0	16-10-2022 19:50	0	0	0	
2022-05-01 05:30:00	0	16-10-2022 20:00	0	0	0	
2022-05-01 05:40:00	0	16-10-2022 20:10	0,6	1	10	
2022-05-01 05:50:00	0	16-10-2022 20:20	0	0	0	
2022-05-01 06:00:00	0	SUM	390,4	mm	på 2 timer 40 minutter!	
2022-05-01 06:10:00	0	Perioden er fejlbehæftet med 390 mm på knap 3 timer				
2022-05-01 06:20:00	0	Alle data for perioden forkastes og fjernes fra regnserien				
2022-05-01 06:30:00	0					



Regndata

Generel fejl ved overgang til vintertid, hvor tiden sættes én time tilbage fra kl. 03:00 til 02:00

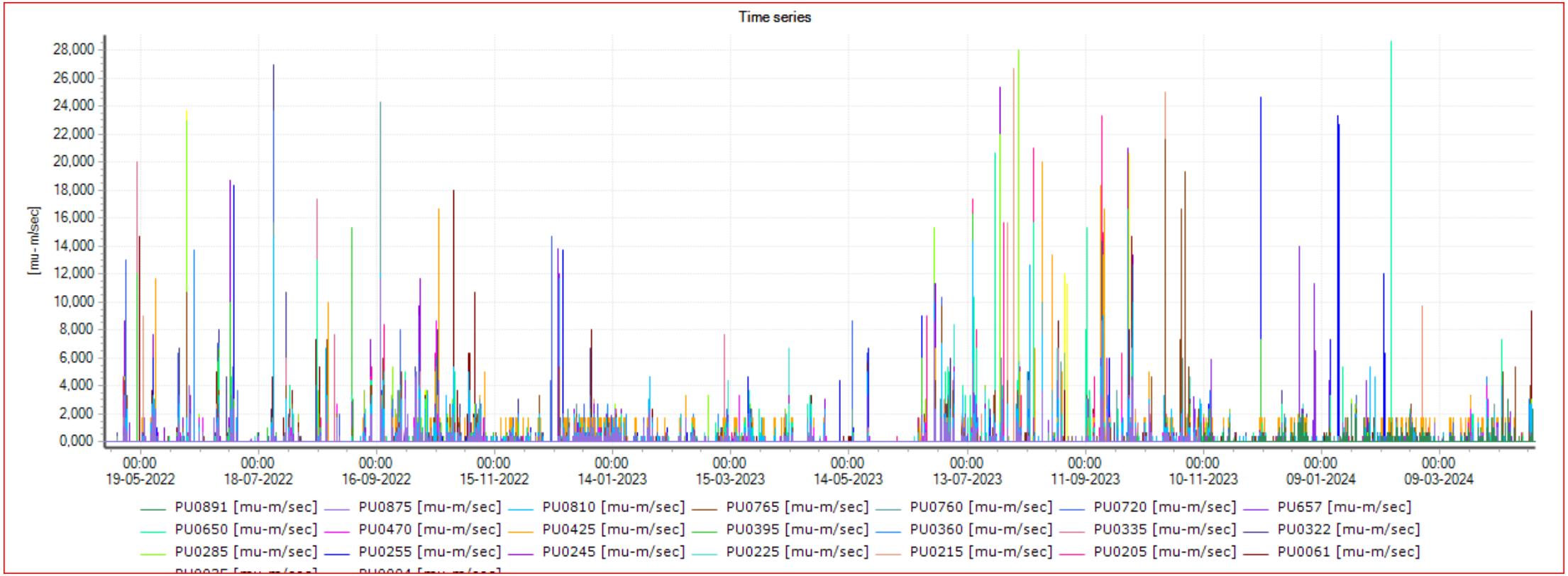
Måler PU0395



Urealistiske ekstreme hændelser er slettet:
08/02-2024 09:00: -1969,2 mm
08/02-2024 09:10: +1969,2 mm

Regndata

Alle nedbørsdata efter frasortering af urealistiske og ekstreme registreringer



Alle opdaterede regnserier er gemt som dsf0-filer til brug i Mike+

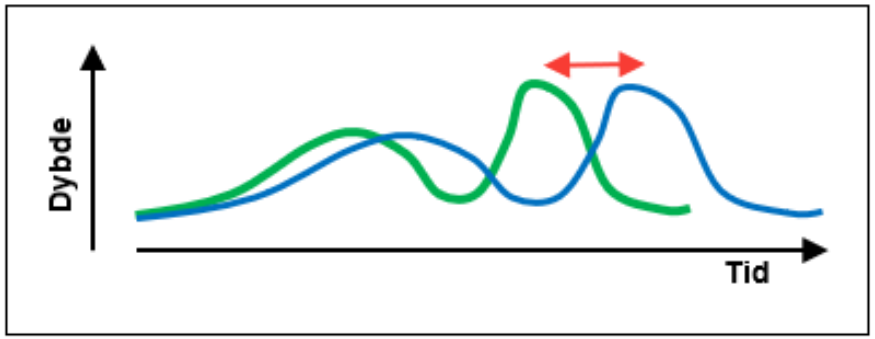
Hjørring Vandselskab data

Relevante data udtrækkes fra SRO-systemet fra 10 lokationer.

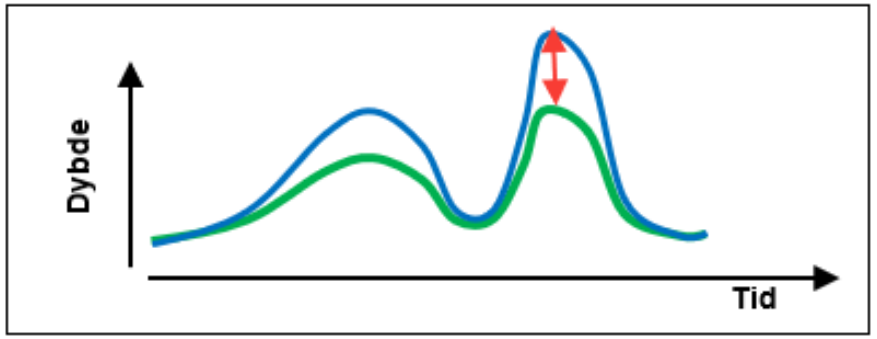
I det følgende ses på data fra:

- Bassin, pumpe og spjæld ved Ringvejen.
  Enkelt bassin med detaljeret styring
- Bassiner, overløb og pumpestationer ved Skyttegården.
  3 bassiner med detaljeret og usædvanlig styring
- Indløb til renseanlægget, overløb, spjæld, bassiner og tømme pumper
  Udfordrende styring af tilløb til Ra, kompleks og detaljeret styring

Kalibrering - princip

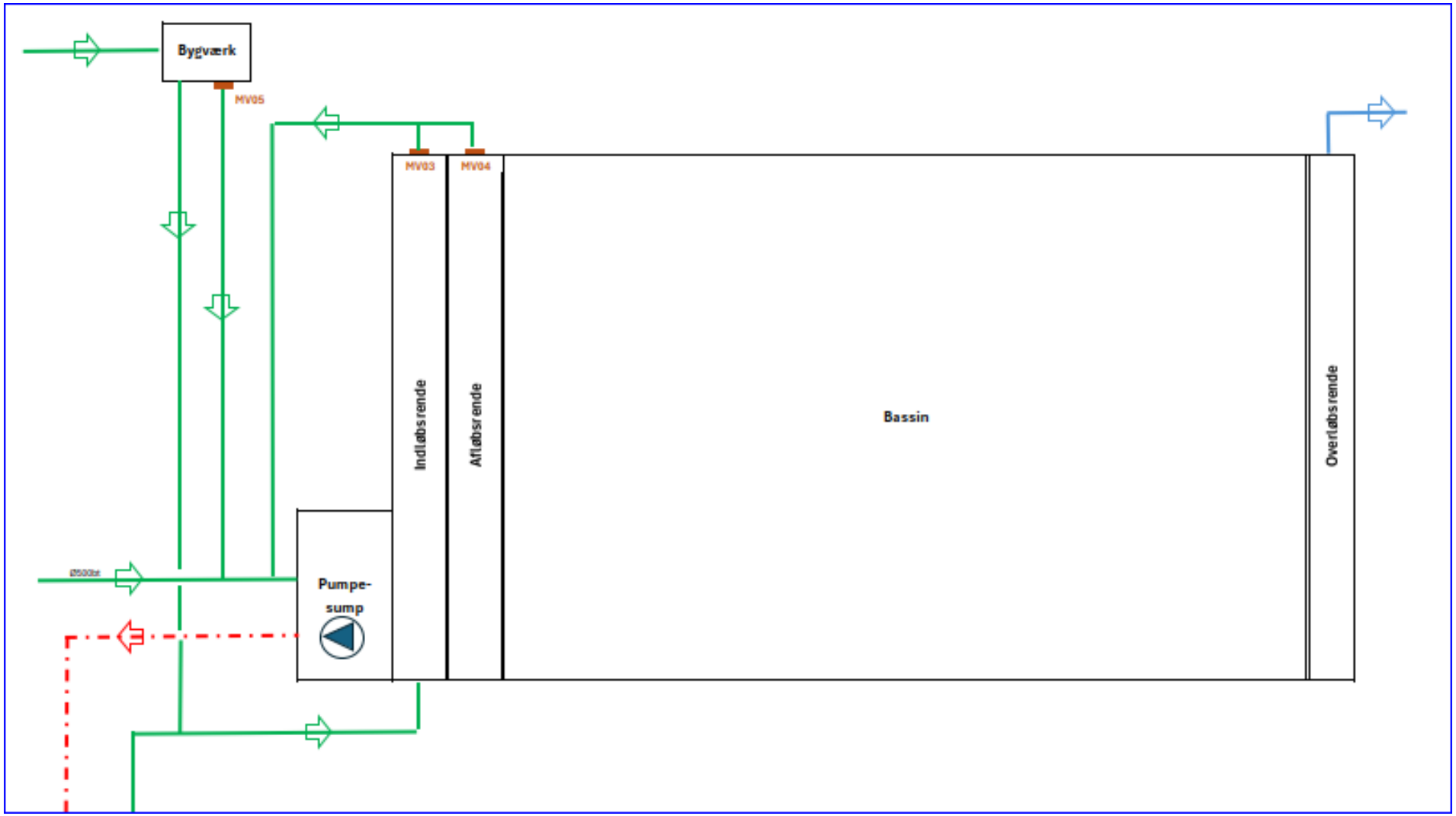


Målte data (grøn) og beregnede data (blå) er tidsmæssigt forskudt



Målte data (grøn) og beregnede data (blå) er med forskellig peak

Ringvejen



Udfordring: forkerte principdiagrammer for placering af motorstyrede spjæld.

Løsning: Møde med driftspersonalet

Ringvejen

Spjæld ventil Indløbsrende (MV03)

Reguleringsniveau i sump	200 cm
Pausetid	20 sek
Steplængde	5 %
Hysterese	5 cm
Niveau luk	220 cm
Niveau åbn	150 cm

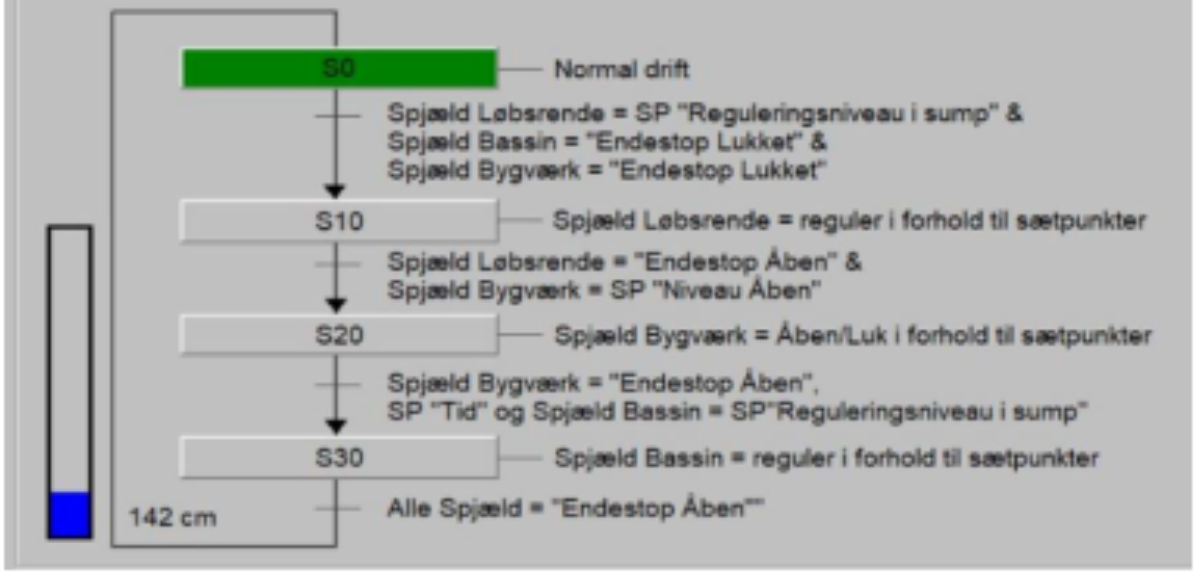
Spjæld ventil Bassin (MV04)

Reguleringsniveau i sump	180 cm
Niveau Luk	200 cm
Pausetid	15 sek
Steplængde	5 %
Hysterese	5 cm

Spjæld ventil Bygværk (MV05)

Niveau åbn	130 cm
Niveau luk	160 cm
Før bygværk er tomt	10 min

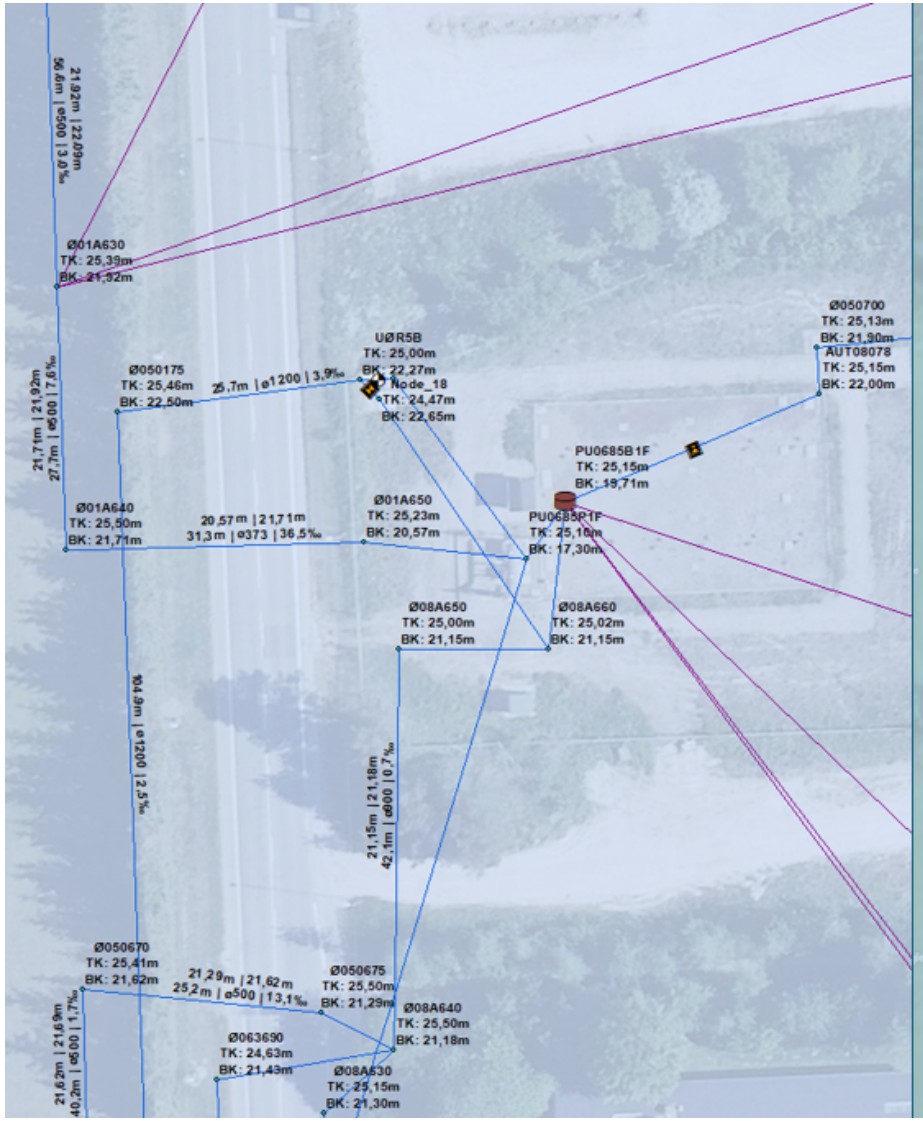
Spjæld sekvens

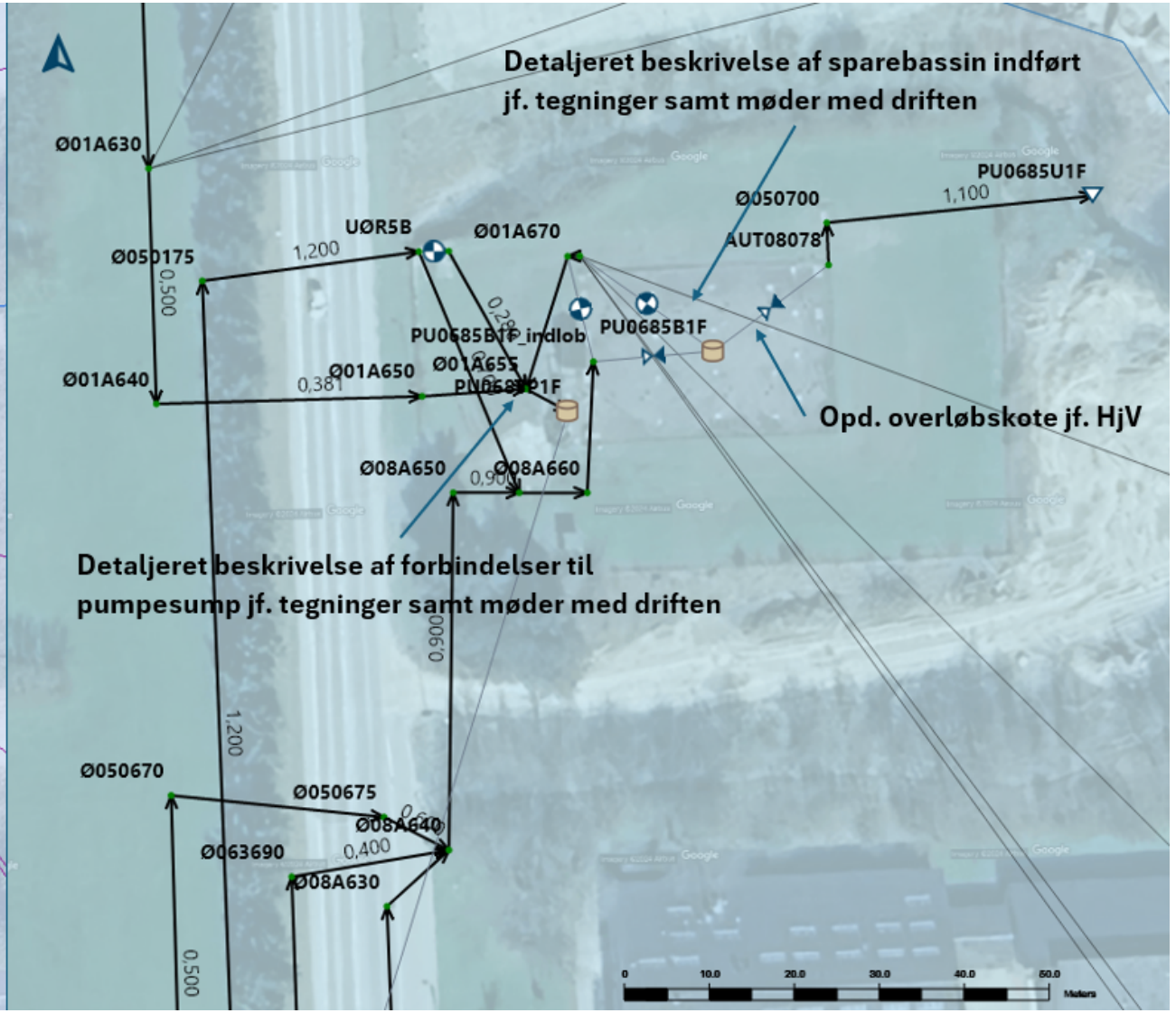


Til programering af de tre spjæld i Mike Urban

	Fase	S0	
	Navn	"Normal drift"	
	Trigger	Normal drift	
ID			
MV03	Løbsrende	=	Regulering ift. niveau i pumpesump
MV04	Bassin	=	Lukket
MV05	Bygværk	=	Lukket
	Fase	S10	
	Navn	"Løbsrende = Regulering ift. sætpunkter"	
	Trigger	Vandstand i pumpesump når 220 cm	
ID			Ny
MV03	Løbsrende	=	Åben
MV04	Bassin	=	Lukket (samme som i sidste fase)
MV05	Bygværk	=	Åben
	Fase	S20	
	Navn	"Bygværk = Regulering ift. sætpunkter"	
	Trigger	???	
ID			Ny
MV03	Løbsrende	=	Åben (samme som i sidste fase)
MV04	Bassin	=	Regulering ift. niveau i pumpesump
MV05	Bygværk	=	Åben
	Fase	S30	
	Navn	"Bassin = Regulering ift. sætpunkter"	
	Trigger	???	
ID			Ny
MV03	Løbsrende	=	Åben
MV04	Bassin	=	Åben
MV05	Bygværk	=	Åben

Ringvejen

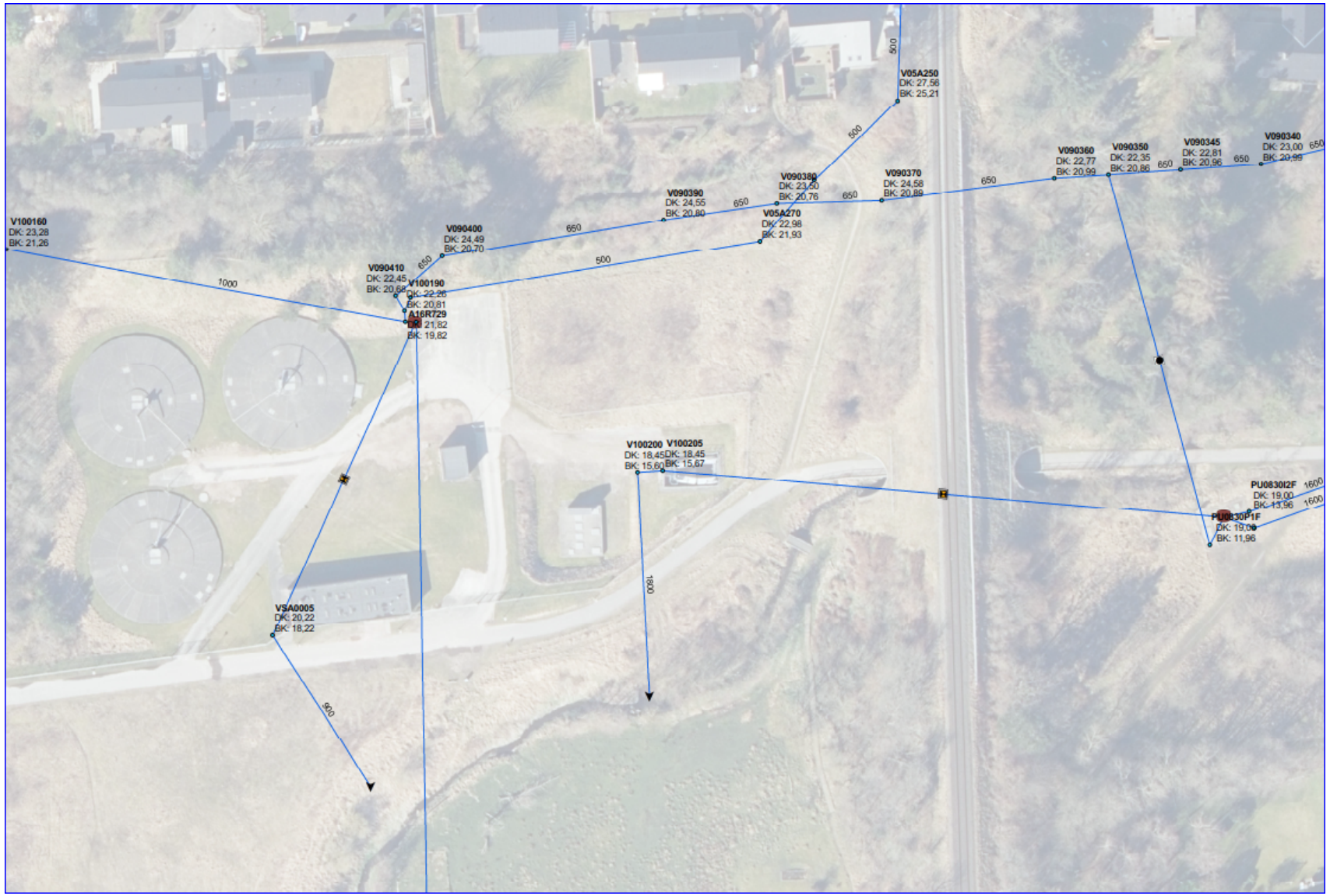




Før-kalibrering-model

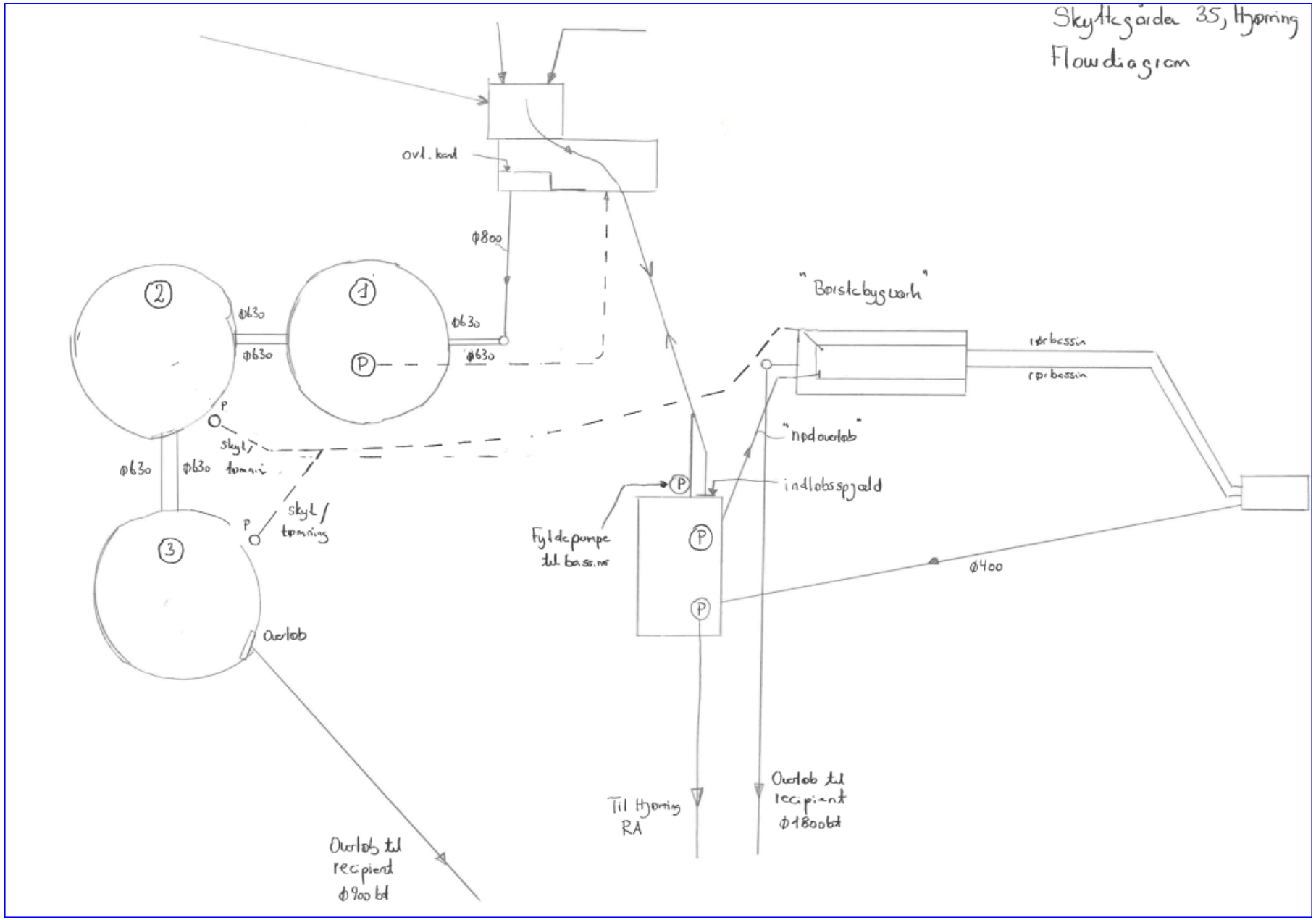
Efter-kalibrering-model

Skyttegården



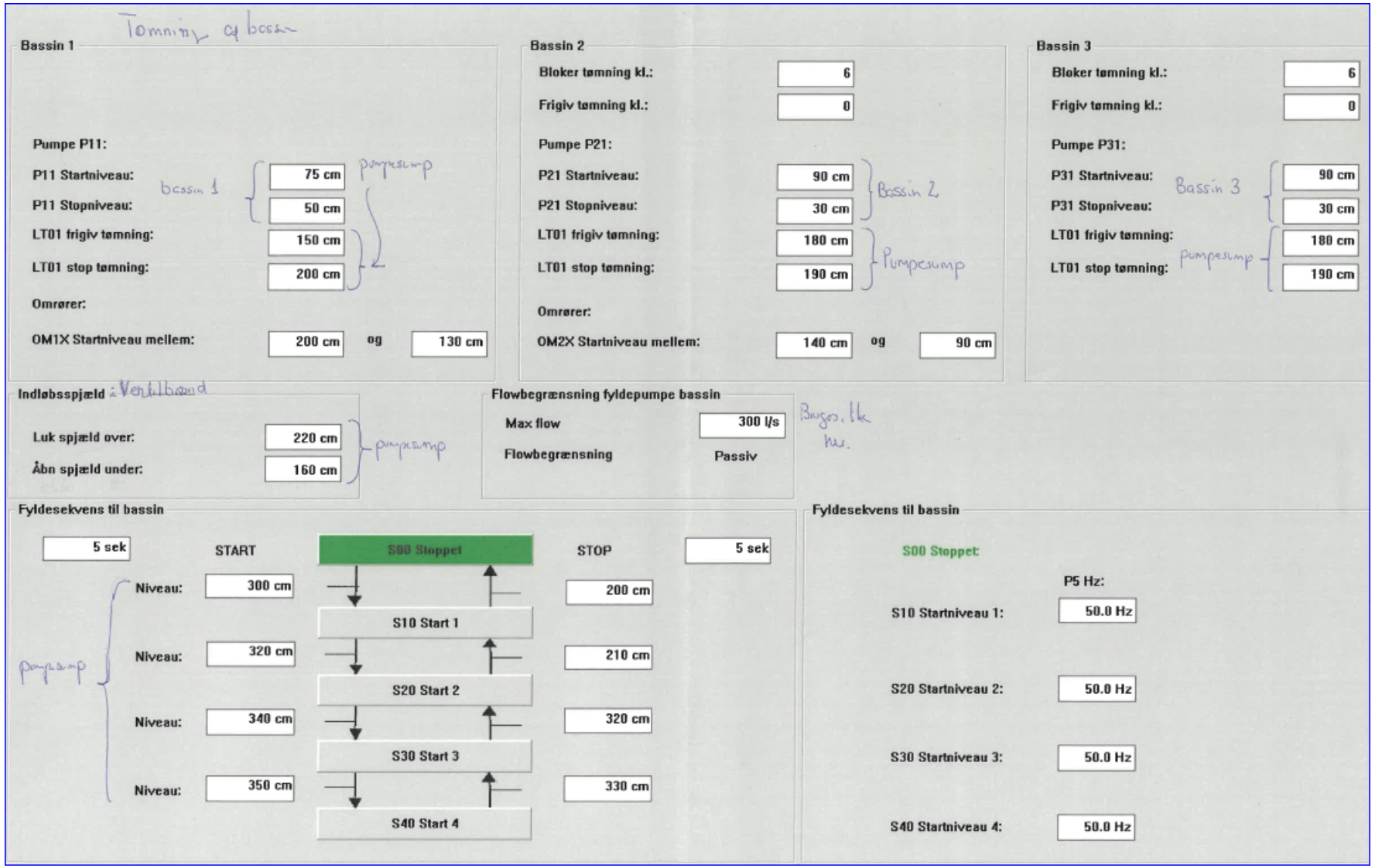
Oprindelig model

Skyttegården



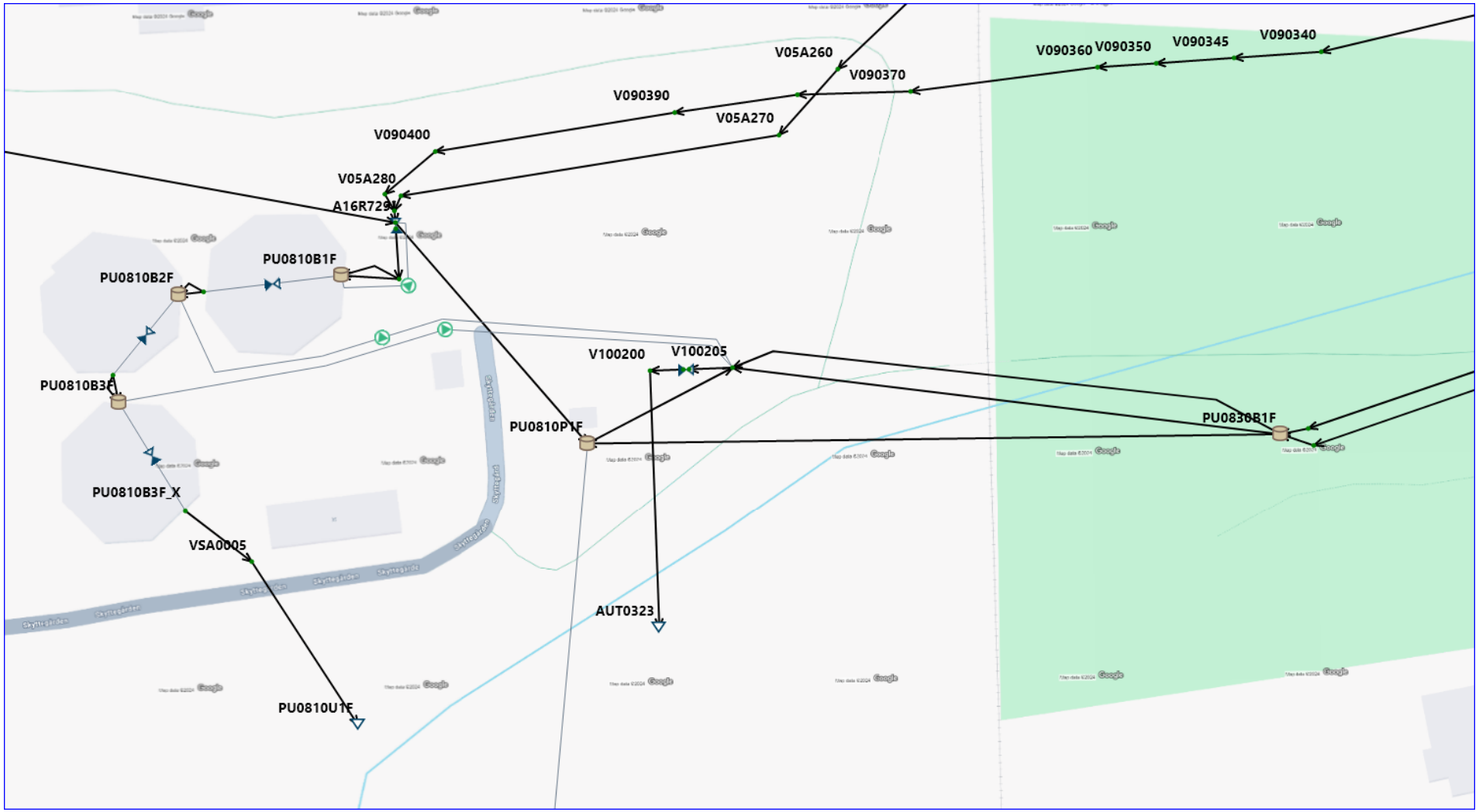
Når model og virkelighed mødes. Kalibrering af store afløbsmodeller. EVA-møde, Nyborg , torsdag 29-10-2026

Skyttegården



Modtaget styringsbeskrivelse

Skyttegården

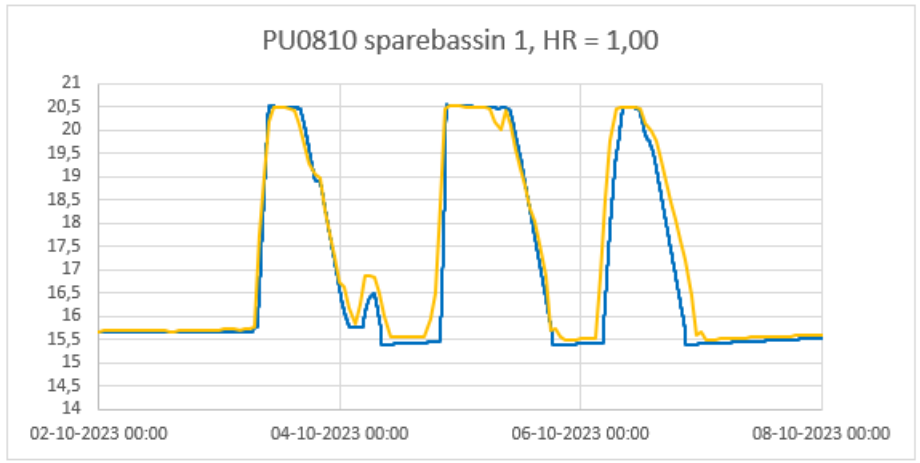


Special styring: Bassinerne 810B2F og 810B3F tømmes i bestemte tidsrum

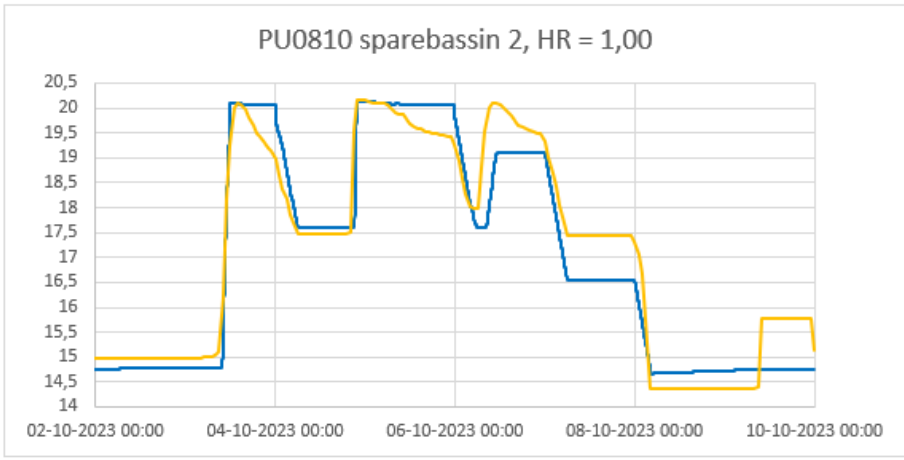
Dette opnås ved, at pumperne styres ud fra et virtuelt spildevandsanlæg, der kun modtager spildevand i dette tids
Pumperne kan så kun startes, når der løber spildevand i den virtuelle ledning.

Skyttegraven

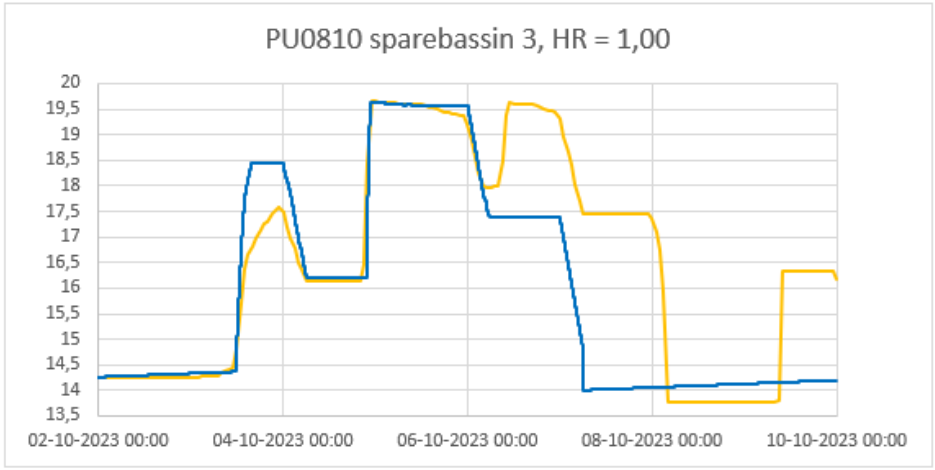
1.5.2 PU0810 sparebassin 1



1.5.3 PU0810 sparebassin 2



1.5.4 PU0810 sparebassin 3



Blå: Beregnet vandspejl

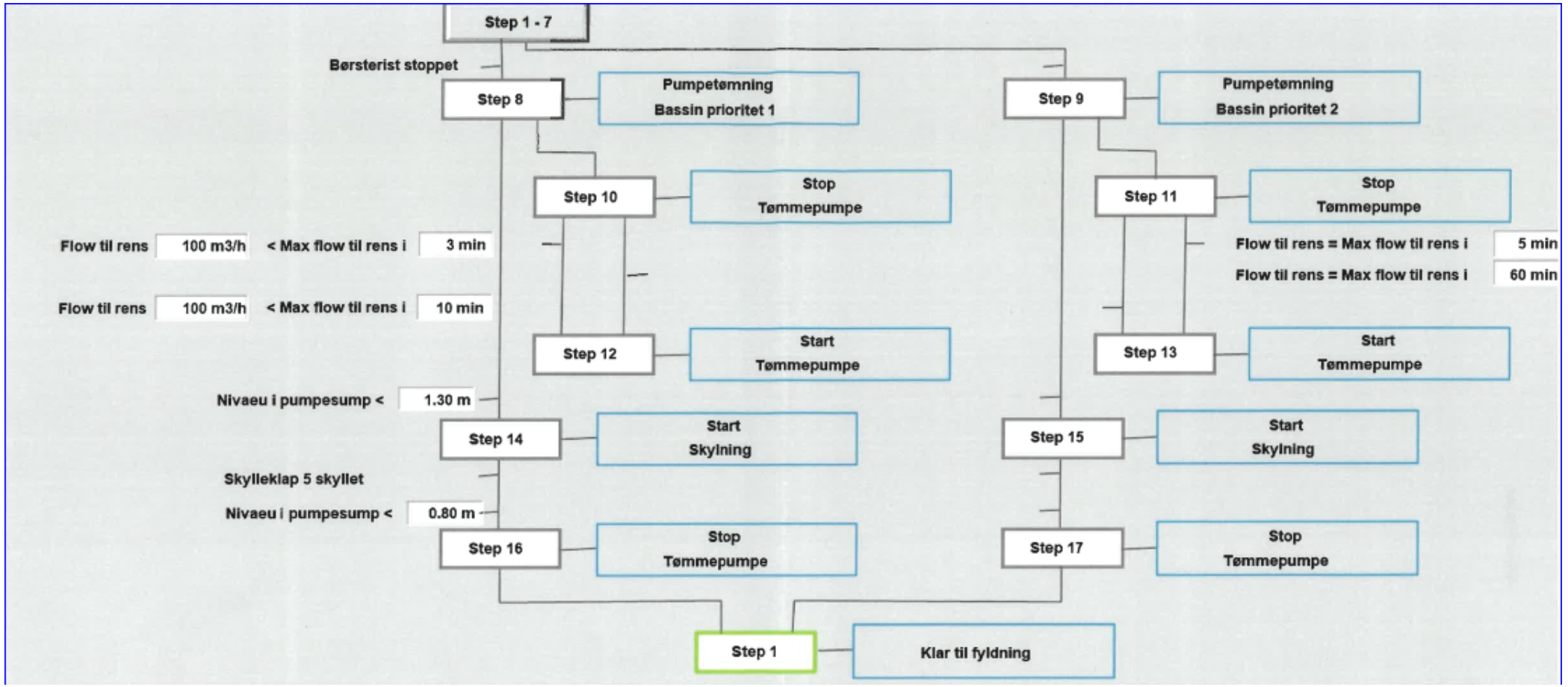
Gul: Målt vandspejl

Hjørring renseanlæg



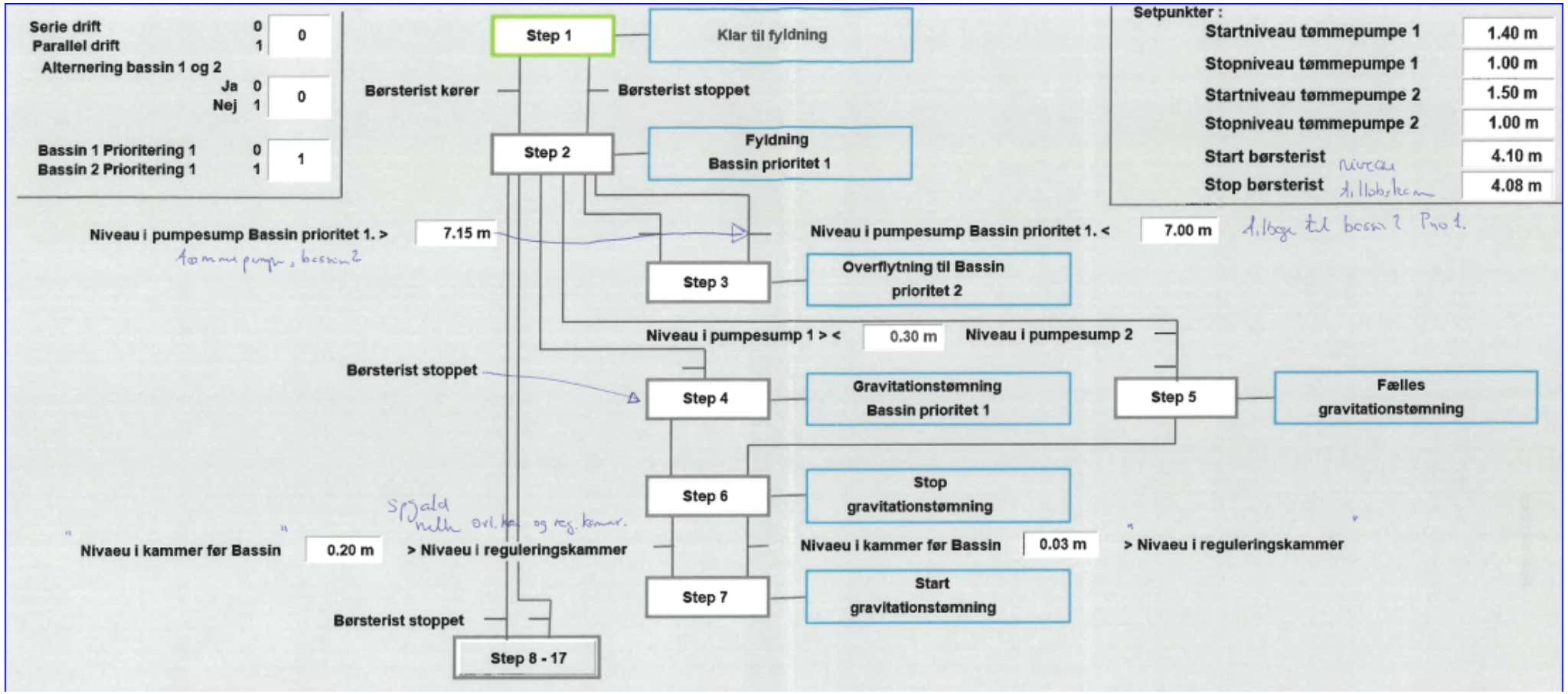
Indtaget til renseanlægget er maksimalt 1200 m^3/time. Driftspersonalet kan manuelt ændre styringen. Vi har efterfølgende fået data fra SRO'en med spjældstilling/vandføring for hele måleperioden, så kalibreringen bliver så korrekt som muligt.

Hjørring renseanlæg



Styringsbeskrivelse, side 1

Hjørring renseanlæg



Styringsbeskrivelse, side 2

Hjørring renseanlæg

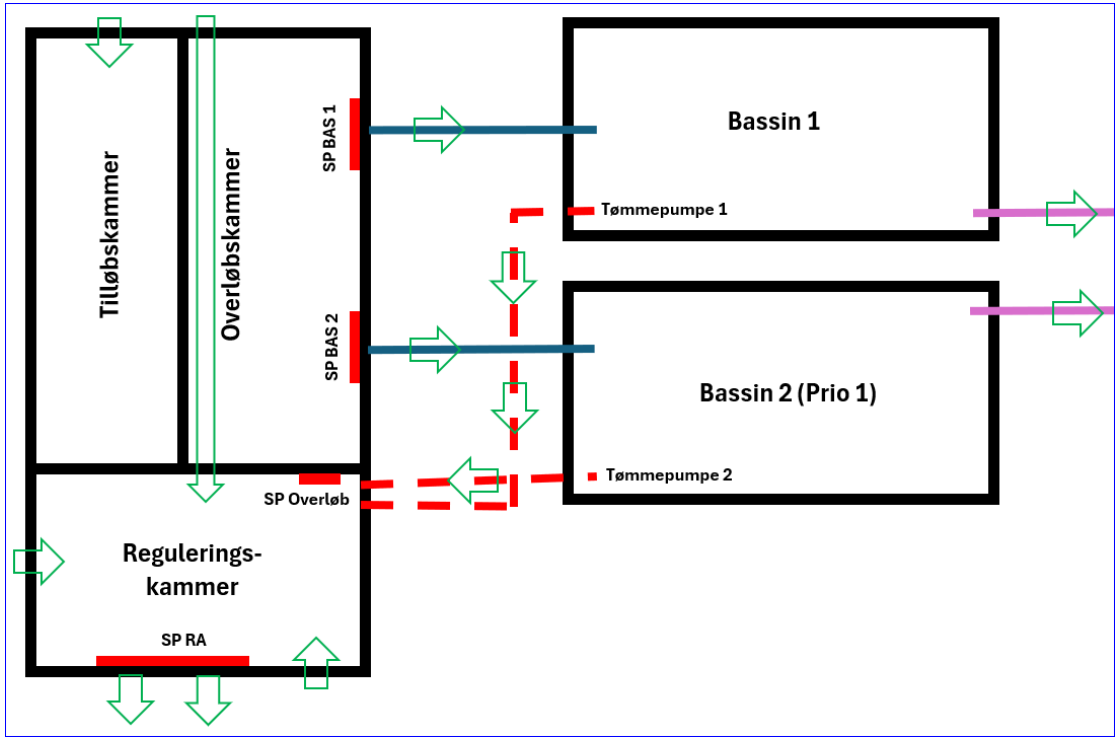
Step 1 + 2:
HVIS VS i tilløbskammer >= 4,10 m SÅ børsterist aktiveres
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Lukket
SP Overløb = Lukket

Step 3:
HVIS VS i BAS2 > 7,15 m SÅ
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Åben
SP Overløb = Lukket
INDTIL VS i BAS2 < 7,00 m SÅ
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Lukket
SP Overløb = Lukket

Step 4:
HVIS børsterist deaktiveres (VS i tilløbskammer < 4,08 m) SÅ
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Lukket
SP Overløb = Åben

Step 5:
HVIS DIFF af VS i BAS 1 og BAS 2 < 0,30 m SÅ
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Åben
SP Overløb = Åben

Step 6: (**Situationen opstår ikke under modellering, så trinnet udgår. "SP BAS 2" styres ikke**)
HVIS VS i overløbskammer = 0,40 m SÅ
SP BAS 2 = Lukket
SP BAS 1 = Lukket
SP Overløb = Lukket



Step 7:
HVIS VS i overløbskammer >= 0,20 m højere end VS i reguleringskammer SÅ
SP BAS 2 = Åben
SP BAS 1 = Åben
SP Overløb = Åben
OG NÅR VS i overløbskammer <= 0,03 m højere end VS i reguleringskammer SÅ
SP BAS 2 = Lukket
SP BAS 1 = Lukket
SP Overløb = Lukket

Step 8:
HVIS FLOW til RA <= 1100 m3/time i 3 MIN SÅ
Tømmepumpe 2 AKTIV (28 L/s)

Step 9:
HVIS FLOW til RA <= 1100 m3/time i 10 MIN (7 MIN efter step 8) SÅ
Tømmepumpe 1 AKTIV (28 L/s)

Udfordringer

Driftspersonale, som overstyrer de programmerede set-punkter og ydelser. Det er nødvendigt for de optimale drift af f.eks. renseanlægget.

Men problematisk når man skal kalibrere en model med regelbundet styring.

For at overkomme dette fik vi udleveret udtræk med faktiske:

- Pumpeydelser
- Spjældindstillinger

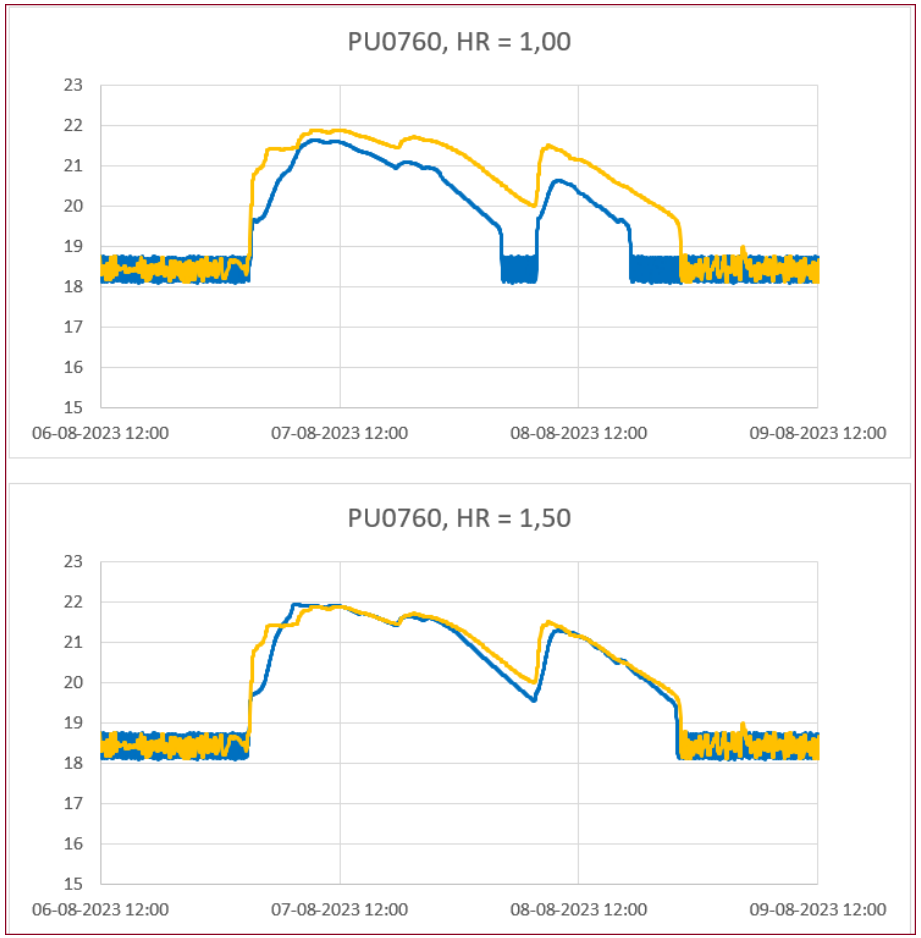
Som så ved kalibreringen overrulede de regelbestemte indstillingerne.

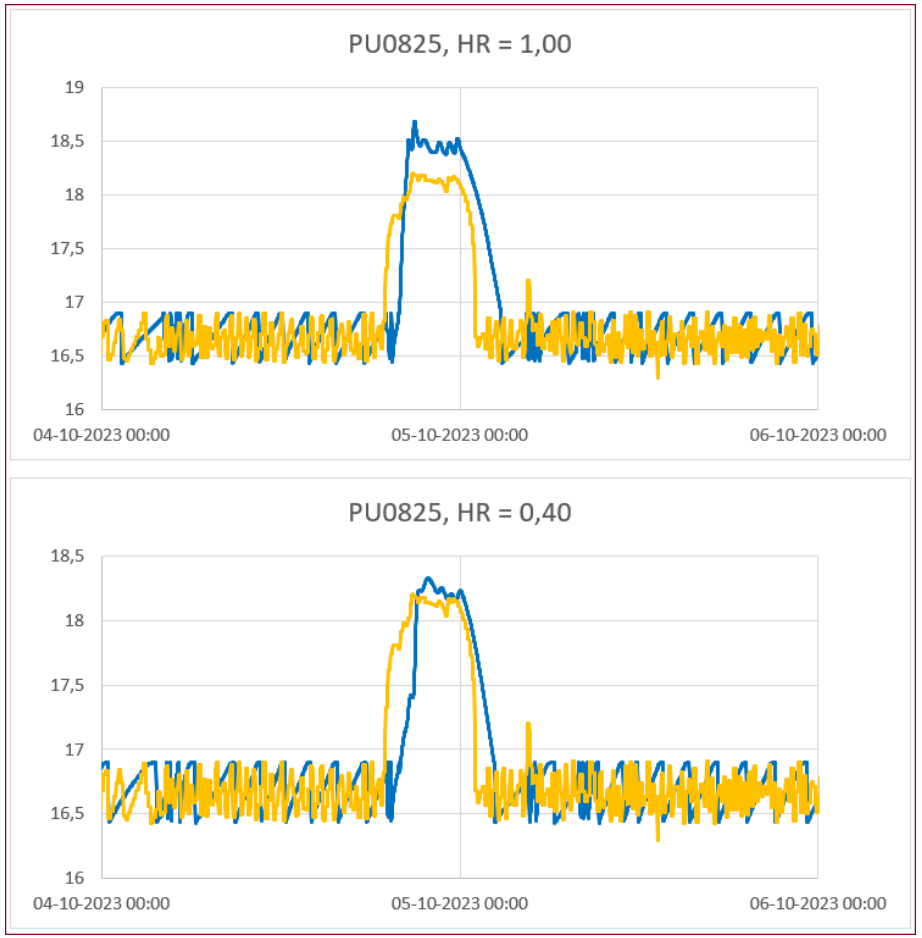
Udfordringer



Eksempel på uoverensstemmelse mellem beregnet (grøn) og målt (gul) niveau i bygværk før indløb til renseanlægget

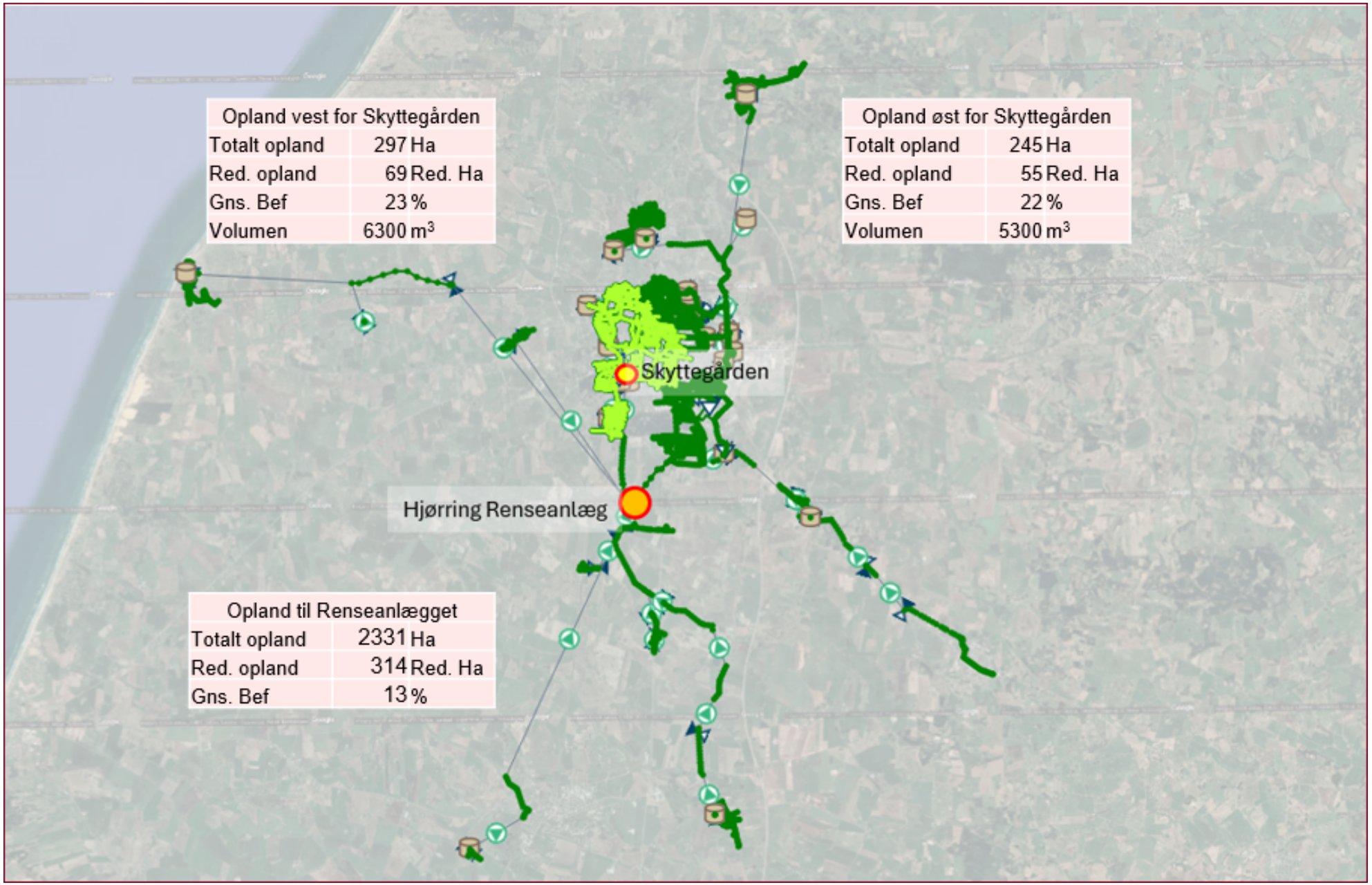
Simpel kalibrering



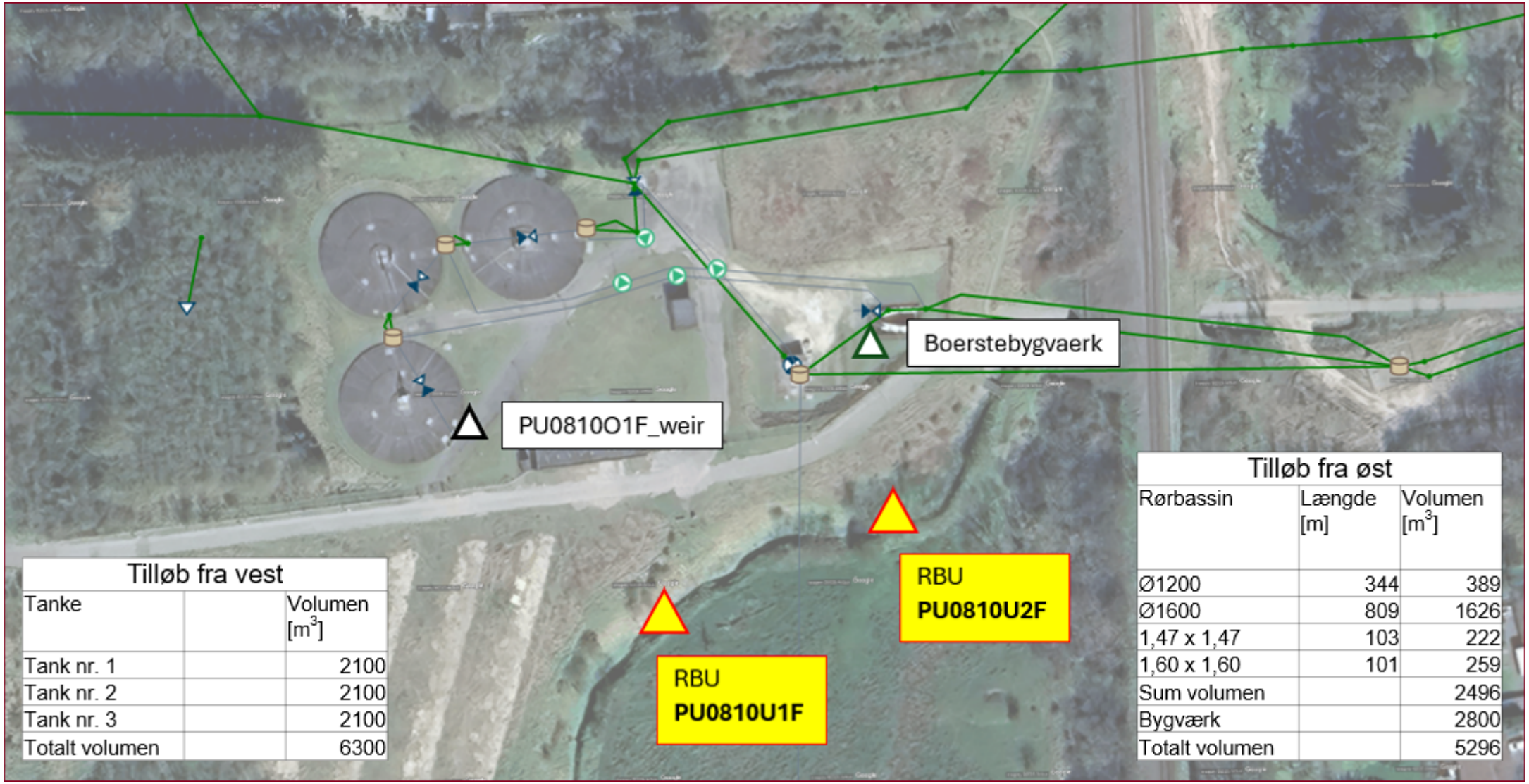


Tidspunkter passer godt, så en simpel ændring af den hydrauliske reduktions-faktor kan bringe god overensstemmelse mellem beregnet (blå) målt (gul) vandspejl

Aflastninger ved Skyttegården



Aflastninger ved Skyttegården



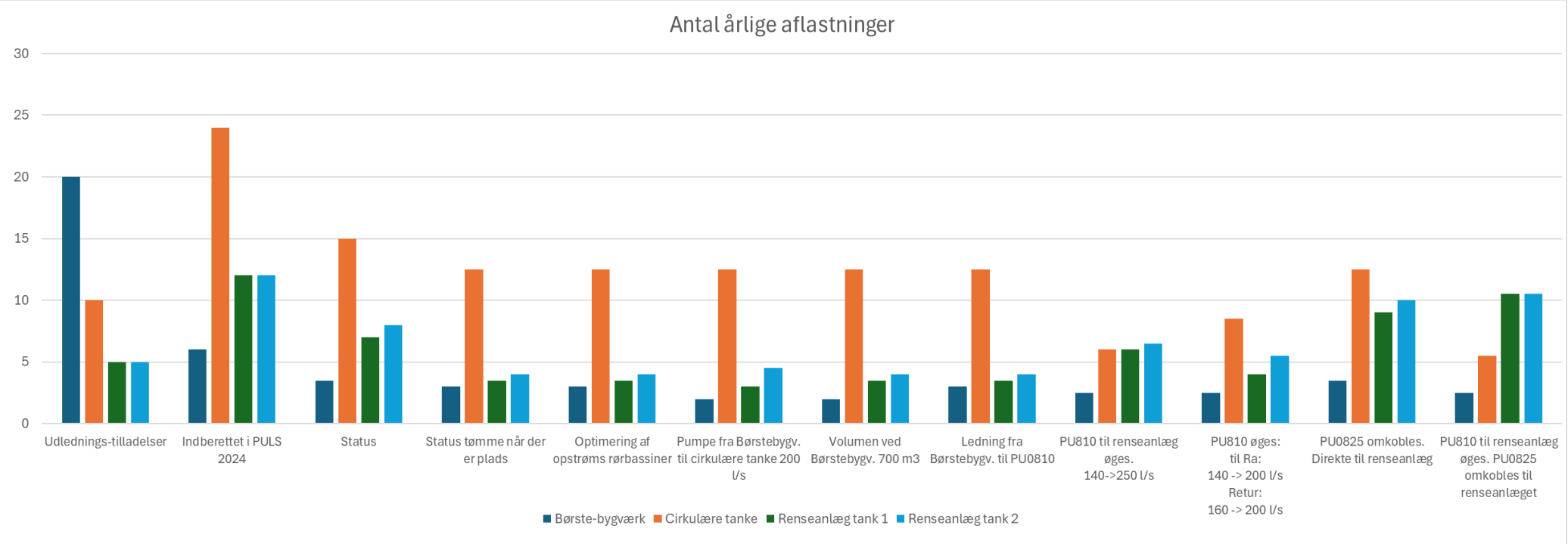
Tilløb fra vest		
Tanke		Volumen [m^3]
Tank nr. 1		2100
Tank nr. 2		2100
Tank nr. 3		2100
Totalt volumen		6300

Tilløb fra øst		
Rørbassin	Længde [m]	Volumen [m^3]
Ø1200	344	389
Ø1600	809	1626
1,47 x 1,47	103	222
1,60 x 1,60	101	259
Sum volumen		2496
Bygværk		2800
Totalt volumen		5296

Aflastninger ved Skyttegården – analyser opstrøms

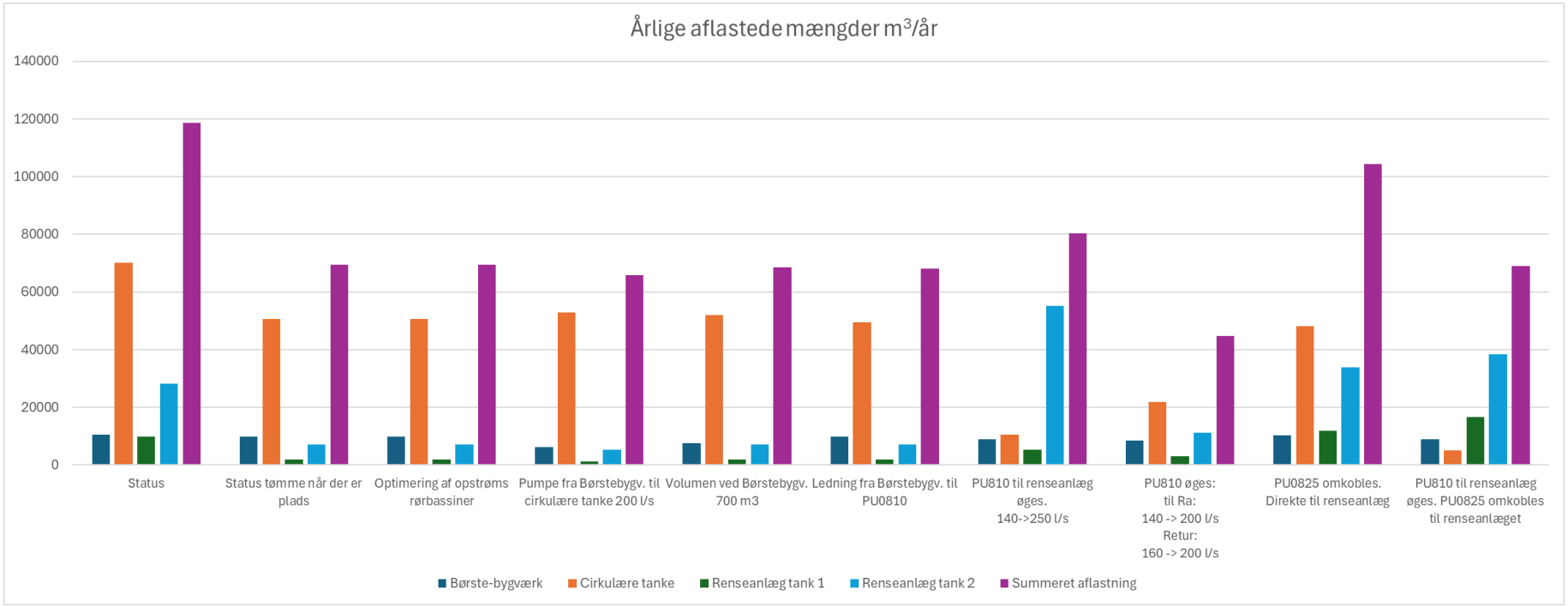
- Tidsstyret tømning af bassiner
- Eksisterende rørbassiner
- Pumpe fra børstebassin B810
- Supplerende vol. ved børstebygværk
- Ledning mellem børstebassin og PU0810
- PU0810 til renseanlæg øges
- PU0825 omkobles fra Skyttegården til renseanlæg
- PU0810 returpumpe og pumpe til renseanlæg øges
- PU0810 øges og PU0825 omkobles til renseanlæg
- Gravitationsledning til renseanlæg
- Separeringstakt

Aflastninger ved Skyttegården – Oversigt



Antal årlige aflastninger	Udled-ningstil-ladelser	Indberettet i PULS 2024	Status	Status tømme når der er plads	Optimering af opstrøms rørbassiner	Pumpe fra Børstebygv. til cirkulære tanke 200 l/s	Volumen ved Børstebygv. 700 m³	Ledning fra Børstebygv. til PU0810	PU810 til renseanlæg øges. 140->250 l/s	PU810 øges: til Ra: 140 -> 200 l/s Retur: 160 -> 200 l/s	PU0825 omkobles. Direkte til renseanlæg	PU810 til renseanlæg øges. PU0825 omkobles til renseanlæget
Børste-bygværk	20	6	3,5	3,0	3,0	2,0	2,0	3,0	2,5	2,5	3,5	2,5
Cirkulære tanke	10	24	15,0	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	6,0	8,5	12,5	5,5
Renseanlæg tank 1	5	12	7,0	3,5	3,5	3,0	3,5	3,5	6,0	4,0	9,0	10,5
Renseanlæg tank 2	5	12	8,0	4,0	4,0	4,5	4,0	4,0	6,5	5,5	10,0	10,5

Aflastninger ved Skyttegården – Oversigt



Aflastede årlige mængder [m³]	Status	Status tømme når der er plads	Optimering af opstrøms rørbassiner	Pumpe fra Børstebygv. til cirkulære tanke 200 l/s	Volumen ved Børstebygv. 700 m³	Ledning fra Børstebygv. til PU0810	PU810 til renseanlæg øges. 140->250 l/s	PU810 øges: til Ra: 140 -> 200 l/s Retur: 160 -> 200 l/s	PU0825 omkobles. Direkte til renseanlæg	PU810 til renseanlæg øges. PU0825 omkobles til renseanlæget
Børste-bygværk	10423	9851	9851	6213	7501	9830	9046	8544	10310	8993
Cirkulære tanke	70024	50628	50628	52950	52058	49389	10609	21895	48053	4983
Renseanlæg tank 1	9951	1821	1821	1227	1822	1820	5379	3052	11997	16586
Renseanlæg tank 2	28297	7090	7090	5367	7095	7080	55176	11303	33870	38430
Summeret aflastning	118695	69390	69390	65757	68474	68118	80209	44793	104229	68992

Aflastninger ved Skyttegården – Planlagt separering, 3 etaper

Lokale regnserier (analyser fra tidligere projekt)	Status (2023)		Planperiode 1 (2024-2029)		Planperiode 2 (2030-2039)		Planperiode 3(2040-2069)	
	Antal (n)	Volumen (m3)	Antal (n)	Volumen (m3)	Antal (n)	Volumen (m3)	Antal (n)	Volumen (m3)
Boerste-bygvaerk	6	10956	4	5271	3	847	0	0
OLB-Ra1	5	15721	2	2493	0	0	0	0
OLB-RA2	4	28888	2	6026	0	0	0	0
PU0810O1F	19	73289	12	49652	4	5825	0	0

Som resultat af separeringsprojekter i oplandet reduceres aflastninger ved renseanlægget til ingenting i løbet af planperiode 2. Aflastninger ved børstebygværket og PU0810 reduceres til ingenting i løbet af planperiode 3

Hvad har kalibreringen betydet for de udførte analyser på Skyttegården

Troværdighed
- Antal aflastninger
- Aflastet mængde

Sikkerhed ved valg af indgreb
- Hvilken konsekvens har et givet indgreb

Hvad er vigtigt?

1. Nedbørsdata
   - Der kan ikke kalibreres, hvis der ikke er lokale regnserier tilgængelige.
   - Der skal gerne være både kortvarige højintense regn og langvarige lavintense regn tilgængelige for kalibreringen.
2. Opdaterede modeller
   - Det er selvfølgelig indlysende at en opdateret er absolut nødvendig.
3. Styringer
   - Det er meget vigtigt, at få de regler, som ligger til grund for styring af f.eks. pumper og spjæld lagt ind i modellen.
4. Kalibrering
   - Man kan godt få en ukorrekt model til at passe med en enkelt hændelse. Der skal gerne bruges 3-4 forskellige regn-typer til kalibreringen

Spørgsmål og kommentarer