

# Analyse af muligheder for at åbne rørlagte vandløb

## Vandbalancemodel

Københavns Kommune

---

Dato: 29. januar 2025

### Indhold

<b>1</b>	<b>Indledning .....</b>	<b>1</b>
1.1	Konklusion.....	1
<b>2</b>	<b>Projektbeskrivelse .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Modelopsætning .....</b>	<b>2</b>
3.1	Status.....	3
3.1.1	Geometri.....	3
3.1.2	Randdata.....	4
3.2	Plan.....	5
3.2.1	Geometri.....	5
3.2.2	Randdata.....	5
<b>4</b>	<b>Modelresultater .....</b>	<b>6</b>

### Bilag

- |          |  |
|----------|--|
| <b>1</b> | <b>Skærmdump af statusmodellen i SUMBA</b> |
| <b>2</b> | <b>Skærmdump af planmodellen i SUMBA</b>   |

## 1 Indledning

Dette notat beskriver vandbalancemodellen for systemet, der leder vand til De Indre Søer (DIS). Modellen anvendes til at se på vandbalancen ifm. projektet om at genåbne en del af de rørlagte vandløb i form af Lygte Å, Ladegårds Å og Grøndals Å.

Formålet er, for det første, at opsætte en vandbalancemodel for systemet som det er i dag (Statusmodel), og for det andet, at lægge planlagte tiltag ind og undersøge, hvordan det påvirker vandbalancen (Planmodel). Det er nødvendigt at se på vandbalancen for at sikre, at en øgning i åbne vandflade ikke medfører utilstrækkelige vandmængder og et uønskeligt lavt vandspejl i De Indre Søer i sommerhalvåret.

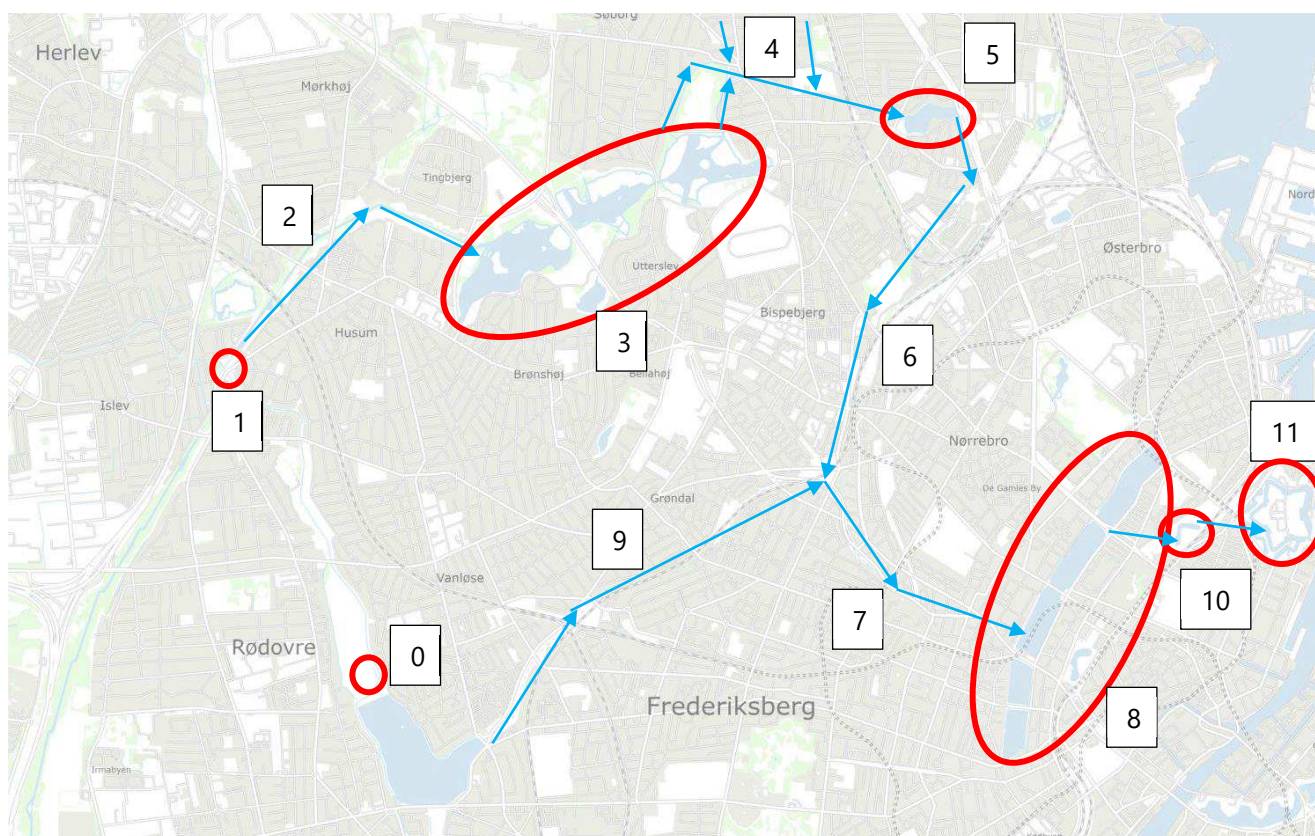
### 1.1 Konklusion

Ud fra modelopsætningen og resultaterne beskrevet i hhv. kapitel 3 og 4, kan det konkluderes, at der er tilstrækkelig med vand til rådighed efter implementeringen af de planlagte tiltag til at opretholde et stabilt vandspejl i De Indre Søer.

## 2 Projektbeskrivelse

Dette kapitel beskriver overordnet vandstrømmene i systemet. Vandets strømning kan ses på Figur 2.1.

Fra Harrestrup Å pumpes vandet op i nedre og dernæst øvre Fæstningskanal. Herfra pumpes det op løber det ud i Utterslev Mose, som kan fungere som en bufferkapacitet ift. at sende vand videre i tørre perioder. Fra Utterslev Mose ledes vandet over to justerbare stem til Søborghusrenden. På Søborghusrenden tilledes der regnvandsopblandet spildevand i overløbsituationer via Vangederenden og Gentofterenden. Fra Søborghusrenden løber vandet videre til Emdrup Sø. Her kan det via et Actiflo-anlæg ledes til Lygte Å, som leder det videre til Ladegårds Å og så til De Indre Søer. Der oppumpes vand fra Harrestrup Å til Damhussøen for at opretholde vandstanden i Damhussøen. Der har i flere år ikke været afløb fra Damhussøen til Grøndals Å. BaneDanmark leder vand til Grøndals Å fra deres bane- og stationsarealer. Grøndals Å og Lygte Å samles i foreningsbygværket, hvorefter vandløbet hedder Ladegårds Å. Udløbet fra De Indre Søer sker via et justerbart stem til Østre Anlæg og videre til Kastelgraven, der har udløb til Øresund.



Figur 2.1: Oversigt over vandets vej. 0 Oppumpning til Damhussøen. 1: Oppumpning fra Harrestrup Å. 2: Fæstningskanalen. 3: Utterslev Mose. 4: Søborghusrenden og tilløb fra Vangederenden og Gentofterenden. 5: Emdrup Sø. 6: Lygte Å. 7: Ladegårds Å. 8: De Indre Søer. 9: Grøndals Å. 10: Østre Anlæg. 11: Kastelgraven.

## 3 Modelopsætning

Modelopsætningen er lavet i værktøjet SUMBA, der er en boksmode. I SUMBA ses der kun på vandbalancen og ikke på f.eks. dynamik i rør og kanaler. Der kan ses på f.eks. en tidserie for vandstand, volumen, mm. og statistik

herfor. Da formålet er at se på vandbalancen, anvendes SUMBA da programmet er særligt velegnet til at regne på dette. Det tager f.eks. kun et par minutter at simulere 30 års regndata.

Modelopsætningen er generelt lavet ud fra følgende:

1. Viden om koter på stem, pumpeydelse mm. fra Københavns Kommune
2. Arealopmåling af bl.a. søoverflader i Scalgo og KortInfo

Derudover anvendes diverse tidsserier som randbetingelser til modellen.

Der findes stort set ingen data til at kalibrere modellen, så det er bedste bud pba. beskrivelser fra Københavns Kommunes vandløbsdrift. Modellen giver derfor et realistisk bud på f.eks. vandstanden i De Indre Søer, men det er med stor usikkerhed. Modellen vurderes til at være anvendelig til formålet, da det primære fokus er forskellen mellem status- og plansituationen der skal beskrives. Selvom de faktiske vandføringer mm. er usikre, vil forskellen mellem status og plan ikke være særlig afhængig af denne usikkerhed og derfor giver det et godt bud på, hvilken effekt tiltagene i planmodellen har på vandstanden i De Indre Søer.

### 3.1 Status

Statusmodellen beskriver de nuværende forhold. I modellen er både pumpen fra Harrestrup Å til Fæstningskanalen, Utterslev Mose og Søborghusrenden medtaget. Det er selvom der i projektet kun ses på de tre åer, Lygte Å, Grøndals Å og Ladegårds Å. Der ses derfor kun meget overordnet på forholdene opstrøms Emdrup Sø og Actiflo-anlægget, som derved udgør opstrøms rand af projektområdet (bilag 1).

#### 3.1.1 Geometri

Udløb fra Emdrup Sø til Lygte Å foregår i dag ved, at vandet fra søen renses i Actiflo-anlægget og ledes til en rørlagt del af Lygte Å. Vandet kan også løbe ud af Emdrup Sø over en overløbskant i kote 16,40 m, hvor det løber til samme ledning som vandet fra Actiflo-anlægget. Hvis der er så meget vand i Emdrup Sø, at det løber over overløbskanten drejes en ventil længere nedstrøms ved Strømdamsvej, så vandet ledes til kloak i stedet for videre til Lygte Å og De Indre Søer. Der løber derfor kun vand videre til Lygte Å, når der ikke er overløb fra Emdrup Sø. I gennemsnit er der ca. 150 dage om året, hvor der ikke sendes vand videre ad Lygte Å. Dette kan skyldes drift-stop/vedligeholdelse af Actiflo-anlægget, manglende vand i Utterslev Mose/Emdrup Sø, eller overløb fra Emdrup Sø, hvorfor vandet sendes til kloakken ved Strømdamsvej. Når Actiflo-anlægget fungerer, løber der ca. 54-55 l/s videre i Lygte Å.

Lygte Å er rørlagt og løber til Ladegårds Å ved Bispeengbuen, hvor også Grøndals Å løber til. Fra Lygte Å er det vurderet fra Københavns Kommune, at der årligt løber 500.000 – 800.000 m<sup>3</sup> til De Indre Søer. Fra Grøndals Å er det afvandingen fra 7 red ha fra banearealerne, der løber til Grøndals Å. Fra Ladegårdsåen løber vandet til Peblinge Sø. Vandspejlet i Peblinge Sø er det samme som i Sortedams Sø og styres af det regulerbare stem ved udløbet fra Sortedams Sø til Østre Anlæg. Derfor er Sortedams Sø og Peblinge Sø lagt sammen til én sø i modellen. Stemmet kan skrues op til 5,94 m og medfører derved en vandstand i søen ca. 8 cm højere dvs. i kote 6,02 m, og en udløbsvandføring på ca. 54 l/s, hvilket er det maksimale, der må sendes gennem Kastelgraven for ikke at medføre skade på det fredede fortidsminde. Vandspejlet i De Indre Søer ønskes at stå mellem kote 5,85 m og 6,10 m, hvor kote 6,10 m er det absolutte maks. Man styrer efter at have et vandspejl i De Indre Søer på kote 5,94 pr. 1. maj for at være klar til den øgede fordampning om sommeren.

Overfladearealet af både Utterslev Mose, Emdrup Sø og De Indre Søer, er overordnet opmålt i KortInfo. Overfladearealet anvendes dels til fordampningen og dels til nedbøren. Tabel 3.1 viser overfladearealet.

Tabel 3.1: Overfladearealer af søer.

Sø	Overfladeareal [ha]
Utterslev Mose (både vandflade og sivareal)	92,5
Emdrup Sø	5,8
Skt. Jørgens Sø	12,9
Peblinge og Sortedams sø (Samlet)	34,8

### 3.1.2 Randdata

Som regndata anvendes SVK-regnmåleren ved Landbohøjskolen (målnr. 5730) med alle hændelser, rensset for alle t og nogle d hændelser. Alle hændelser gennemgås manuelt af DMI og enten godkendes eller markeres med f.eks. t og/eller d (og andre der ikke er relevant her). t-hændelser er hvor der er markeret en teknisk fejl på måleren, og hændelsen bør derfor udgå. d-hændelser er hvor der er en vis afvigelse mellem denne og de nærmeste andre SVK-målere. d hændelserne er gennemgået og dem der er vurderet til at have en urealistisk afvigelse er fjernet. Der anvendes data fra og med 2013 til og med 2023.

Til fordampning anvendes den potentielle Makkink fordampning hentet fra DMI i perioden 1/1/2013 til 31/12/2023. Der er hentet data for de fire celler området dækker. Der anvendes en middel af de fire celler.

Derudover sættes stemmet ved udløbet fra Sortedams Sø til kote 5,94 m. Herved kan det undersøges, hvor meget fordampningen får vandstanden i søen til at falde - især om sommeren.

Der er forsøgt at ramme et realistisk antal dage (ca. 50% af året) hvor Actiflo-anlægget sender vand via Lygte Å til De Indre Søer. Når der som sagt ikke er måledata til rådighed, er der tale om det bedste bud. Det er beskrevet i SUMBA med en Q-H-relation, der afhænger af vandstanden i Emdrup Sø. Tabel 3.2 viser QH relationen.

Tabel 3.2: Q-H-relation for Actiflo-anlægget ud af Emdrup Sø til Lygte Å.

H [m]	Q [l/s]
14,60	0
14,61	5
14,65	25
14,70	50
14,79	52
14,81	0

Der er ligeledes en del randdata opstrøms Emdrup Sø. Disse er relativt usikre da der, som beskrevet, ikke foreligger sikre måledata. Det er bl.a. oppumpningen af vand fra Harrestrup Å til Fæstningskanalen. Her er det antaget,

at der kun pumpes ind til Fæstningskanalen, når vandstanden i Harrestrup Å er over kote 7,45 m i den stationering der oppumpes fra (det er måler DDH nr: 53.10). Pumperne er angivet som tænd/sluk med 50 l/s ved vandstand >7,45 m, og 0 l/s ved vandstand <7,45 m. En tidsserie med disse kriterier anvendes som randbetingelse.

Der er ligeledes en del overløb fra Vangederenden og Gentofterenden. Der er kørt LTS-beregninger for Novafos' Mike Urban model for oplandet, og der er trukket en tidsserie ud med vandføringen, for hver af de to render. Tidsserierne er brugt som input i SUMBA.

Modellen har for stor en vandmængde til Emdrup Sø hvilket betyder at hyppigheden af overløb kan være væsentlig større end oplyst af Københavns Kommune. For at ramme de 500.000-600.000 m<sup>3</sup>/år der løber til De Indre Søer via Actiflo-anlægget er der indsat et fiktivt udløb fra Emdrup Sø, som løber ud af modellen. Dette er sat til 20 l/s, når vandstanden i Emdrup Sø er >14,79 m. Dette er ikke at forveksle med overløbet, som er i kote 14,80 m. På den måde er modellen "kalibreret" til at passe nogenlunde med ovenstående årlige vandmængde til De Indre Søer. Det anbefales at opsætte både flowmålere og vandstandsmålere i systemet, så der kommer en forbedret viden om vandbalancen for Utterslev Mose/Emdrup Sø. Det gælder også målere på pumperne, der pumper vand ind fra Harrestrup Å til Fæstningskanalen og på Actiflo-anlægget, og evt. andre relevante steder.

## 3.2 Plan

Planmodellen beskriver de forhold der er efter tiltagene beskrevet i Idekataloget er implementeret (bilag 2).

### 3.2.1 Geometri

De planlagte tiltag beskrevet i Idekataloget er lagt ind i modellen. De åbne elementer langs Lygte Å (4 delstrækninger i alt) er lagt ind som et selvstændigt element, mens de tre projekter langs Åboulevarden er lagt ind "oven i" De Indre Søer. Det er gjort da vandspejlskoten i de tre projekter er styret af stemmet ved udløbet fra De Indre Søer. Derudover er Fremtidens Grøndalspark-projektet lagt ind.

Et andet vigtigt tiltag er den ekstra ledning fra Emdrup Sø langs Lyngbyvej. Den ekstra ledning modtager vand fra Actiflo-anlægget, hvilket betyder at Actiflo-anlægget kan være i funktion, selvom der løber vand hen over overløbskanten ved Emdrup Sø, da overløbsvandet løber i den "gamle" ledning. Det øger antallet af dage, hvor der kan sendes vand videre fra Actiflo-anlægget til Lygte Å.

Det er nødvendigt med et mere kontinuerligt flow i det nye åbne vandløb ved Strømdamsvej, Bispebjerg Bakke og Lersøparken for at opretholde de biologiske elementer. Dette er beskrevet yderligere i Idekataloget. I længe-revarende tørre perioder er der ikke vand nok i Emdrup Sø til, at Actiflo-anlægget kan køre. Så for at sikre en lille vandstrøm i de nye åbne delstrækninger laves en grundvandspumpe på 8 l/s i opstrøms ende af Strømdamsvej, som kun træder i funktion, når Actiflo-anlægget ikke kører enten pga. tørre perioder eller pga. driftsstop.

### 3.2.2 Randdata

Det meste randdata er det samme som for statusmodellen beskrevet i afsnit 3.1.2. Det forudsættes dog, at der anlægges et ekstra rør fra Emdrup Sø til nedstrøms Strømdamsvej, som beskrevet i afsnit 3.2.1. Yderligere antages det, at separeringsprojektet der leder vand til Grøndalsparken Vest, se Idekataloget, udføres. Herved tilføjes ca. 25 red ha, der via forsinkelsesbassiner ledes vand til De Indre Søer via Grøndals Å og Ladegårds Å. Udløbet fra bassinet er sat til 30 l/s. Det fiktive overløb på 20 l/s fra Emdrup Sø er bibeholdt i planmodellen, så det kun er reelle plantiltag der ændret.

Idet der er en begrænsning på ca. 54 l/s gennem Kastelgraven, er det nødvendigt ikke at sende mere vand til De Indre Søer end ca. 54 l/s. Derfor styres i Actiflo-anlægget så der kun ledes ca. 20 l/s videre, når der er afløb på ca. 30 l/s fra Grøndals Å. Når rensebassinet fra Grøndalsparken vest projektet ikke længere leder vand videre til

Grøndals Å, øges flowet i Actiflo-anlægget til ca. 54 l/s. Når der ikke løber vand fra Actiflo-anlægget pga. tørke startes grundvandspumpen på de 8 l/s.

## 4 Modelresultater

I dette kapitel vises resultaterne fra Sumbamodellen. Da det er en vandbalancemodel ses der i første omgang på vandbalancen. Den gennemsnitlige årlige vandbalance ud af Emdrup Sø ses i Tabel 4.1.

*Tabel 4.1: Oversigt der viser den gennemsnitlige årlige vandbalance for det der "løber ud" af Emdrup Sø i både status og plan. Gennemsnittet er fra perioden 2013-2023 begge år inkl.*

Hvad	Status [m <sup>3</sup> /år]	Plan [m <sup>3</sup> /år]
Actiflo-anlægget	565.000	786.000
Overløb til Strømdamsvej	733.000	512.000
Fordampning	40.000	40.000
SUM	1.338.000	1.338.000

Som det ses i Tabel 4.1 vil der i plansituationen kunne løbe ca. 220.000 m<sup>3</sup>/år mere gennem Actiflo-anlægget og derved til De Indre Søer end der gør i statussituationen.

Ligeledes ses der på vandbalancen for de forskellige projekter, hvilket ses i Tabel 4.2.

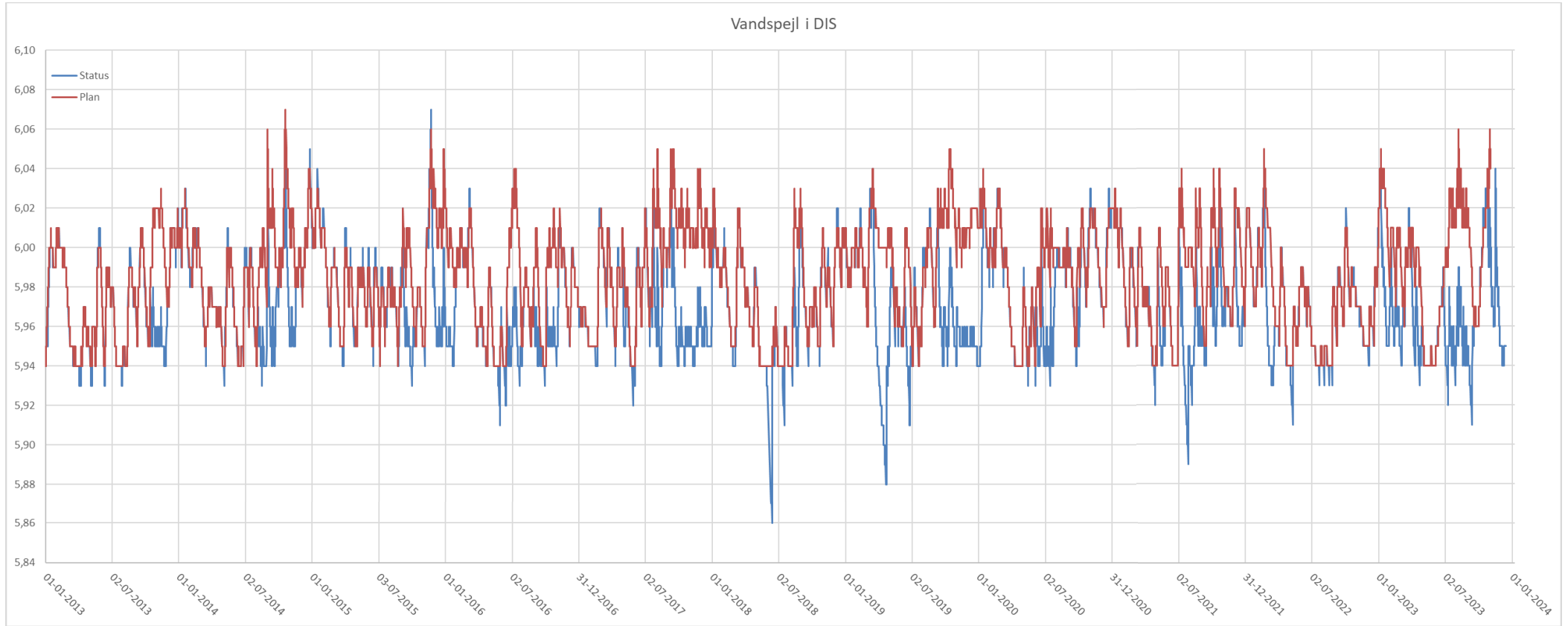


Tabel 4.2: Oversigt der viser vandbalancen på hvert delprojekt i plansituationen.

Projekt	Overfladeareal [red. m <sup>2</sup> ]	Fordampning [m <sup>3</sup> /år]
<b>1.1 Strødamvej</b>	1.000	660
<b>1.2 Bispebjerg bakke</b>	350	230
<b>1.3 Lersøparken</b>	300	200
<b>1.4 Bispeengen og Bispebuen</b>	800	520
<b>2.1 Grøndalsparken Vest</b>	2.000	1.310
	6.400	4.190
<b>2.2 Grøndalsparken Øst</b>	0	0
<b>3.1 Ågadeparken</b>	500	330
<b>3.2 KU Life</b>	2.000	1.310
<b>3.3 Åboulevard</b>	800	520
<b>SUM</b>		9.270

Som det ses i Tabel 4.2 er fordampningen ca. 9.300 m<sup>3</sup>/år mere i plan end i status. Selv om der regner på de arealer, så strømmer det af, og vil derfor ikke være til rådighed i tørre perioder, hvor fordampningen oftest er højest. Den ekstra vandmængde fra Grøndalsprojektet og den ekstra ledning langs Lyngbyvej tilfører mere vand til De Indre Søer end ovenstående fordampning. Grandalsprojektet tilfører ca. 128.000 m<sup>3</sup> om året, og den ekstra ledning ved Lyngbyvej tilfører ca. 220.000 m<sup>3</sup> mere vand om året. Grundvandspumpen leverer 15.000 m<sup>3</sup>/år til Lygte Å og dermed til De Indre Søer i København.

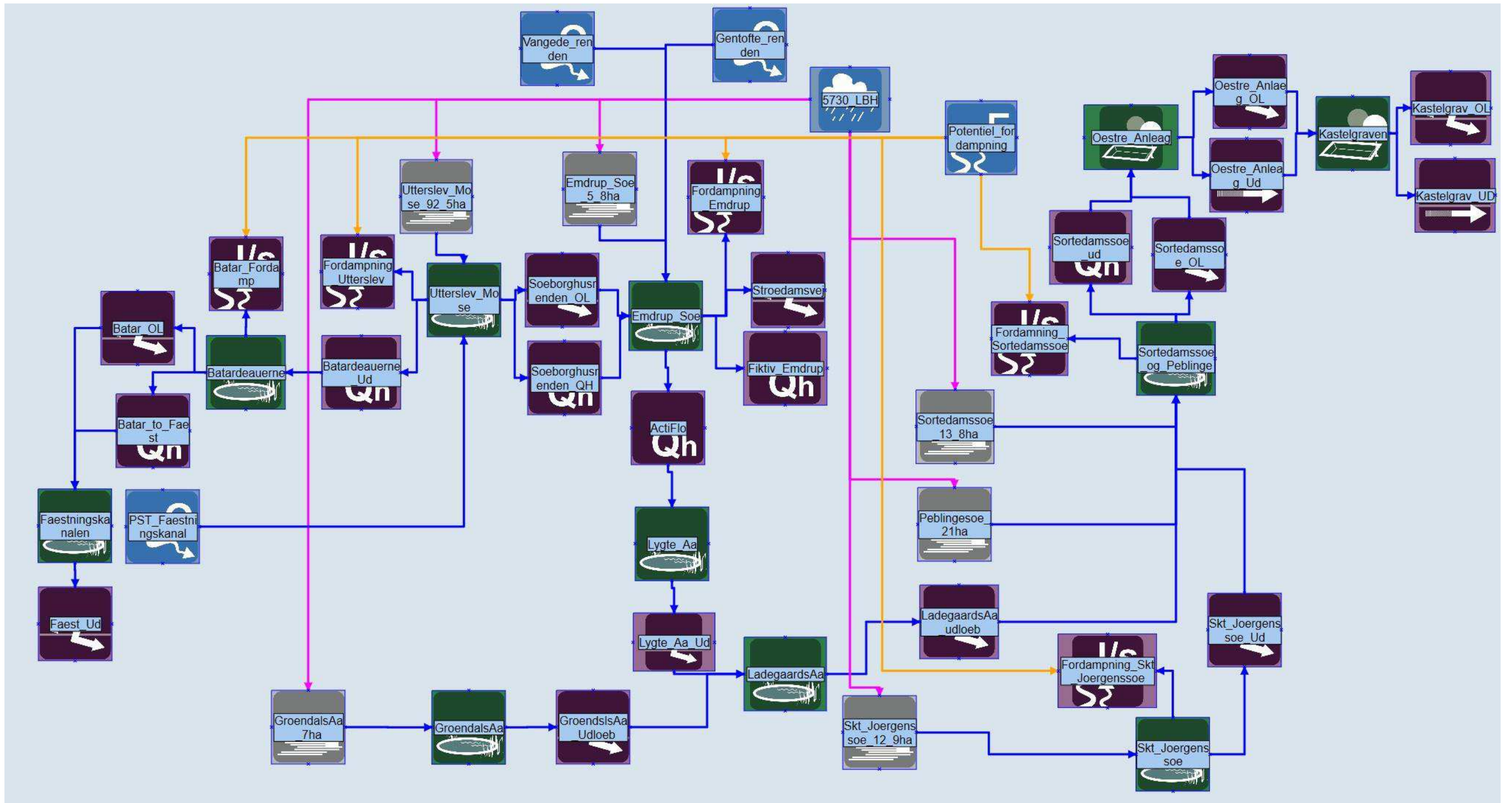
Der ses ligeledes på en tidsserie af vandstanden i De Indre Søer, hvor status og plan sammenlignes. Det gøres for at undersøge om de nye tiltag vil påvirke vandstanden i De Indre Søer. Figur 4.1 viser en tidsserie af vandspejlet i De Indre Søer i hhv. status og plan fra 2013 til 2023, og det ses herpå at middelvandstanden i denne periode er 5,97 og 5,99 for hhv. status og plan. Det ses også på Figur 4.1 at planvandstanden generelt ligger højere end i status.



Figur 4.1: Vandstanden i DIS for hhv. status (blå) og plan (rød) i perioden 2013-2023.



Bilag 1: Skærmdump af statusmodellen i Sumba





Bilag 2: Skærmdump af planmodellen i Sumba

