RINGVEJ SYD

HYDRAULISK NOTAT MAJ 2025: MODELLERING AF SPREDNING AF MILJØFREMMEDE STOFFER

Projektnavn	Modellering af spredning af fremmede stoffer, Horsens Fjord
Kunde	Horsens Kommune
Projektleder	Anders Jensen
Projektnummer	22005646
Til	
Udarbejdet af	Martin Bechmann Fredberg og Anders Jensen
Kvalitetssikret af	Anders Jensen
Godkendt af	Lea Bjerre Schmidt
Version	5
Versionsdato	01-07-2025
Første udgivelsesdato	01-11-2024

INDHOLD

1 INDLEDNING 4

2 KONKLUSIONER 5

3 FORUDSÆTNINGER OG MODELOPSÆTNING 6

3.1 Modelværktøj 6

3.2 Modelopsætning 6

3.3 Modelscenarier 8

4 RESULTATER 12

4.1 Strømningsforhold omkring åbninger og sluser 12

4.2 Fortynding af perkolat 15

5 UDLEDNING FRA BASSIN 3 OG 4 36

5.1 Formål 36

5.2 Modelscenarier 37

5.3 Modelopsætning 38

5.4 Resultater 40

5.5 Valg af udløbspunkt fra bassin 3 til endelige fortyndingsberegninger 44

5.5.1 modelscenarier 44

5.5.2 Modelopsætning 44

5.5.3 Resultater 44

6 REFERENCER 49

1 INDLEDNING

WSP Danmark A/S har udført beregning af flow samt spredning af miljøfremmede stoffer til Horsens Fjord i forbindelse med udarbejdelse af udkast til VVM for Søndre Ringvej [1]. Dette arbejde blev udført i 2020. Siden er udformningen af dæmningen og slusearrangementet ved ringvejens passage af Bygholm Å blevet ændret, medens slusen ved Dagnæs Bæk helt sløjfes. Tillige er VVM tilladelsen til opførsel af Østre Ringvej blevet ophævet som følge af en afgørelse i Miljøklagenævnet. Miljøklagenævnet slår fast, at der ikke må ske en merudledning af miljøfremmede stoffer til områder hvor miljøtilstanden for de(t) pågældende stoffer i forvejen er dårlig. Det er derfor besluttet at foretage ny modelberegninger baseret på et opdateret design af dæmningen samt at inkludere og optimere udløb fra to regnvandsbassiner som etableres i forbindelse med den nye ringvej.

Formålet med den nye modellering er at foretage en mere præcis modelberegning baseret på:

- De nyeste data vedrørende vandføring i Bygholm Å.
- Ny udformning af dæmning og sluser med pumper ved ringvejens passage af Bygholm Å.
- Optimering af dæmningens udformning for at undgå hjørner, hvor vandet bliver stillestående.
- Inkludere og optimere placering af to udløb fra regnvandsbassiner henholdsvis nord og syd for Bygholm Å.

2 KONKLUSIONER

- Strømhastighederne i slusekammer og sluserør ved sommervandføring er små og aflejring af finkornet- samt organisk materiale må forventes.
- Ekstrem vandføring i Bygholm Å giver strømhastigheder i slusen og sluserør på op til 0,7 m/s og kan kortvarigt komme op på 1 m/s om vinteren med høj vandføring i Bygholm Å, hvilket er nok til at erodere havbunden omkring indløbene. Derfor må der anlægges en erosionsbeskyttelse af havbunden nær indløbene.
- Fortynding af perkolat bliver nogenlunde det samme inden for dæmningen når den er på plads, men der sker en væsentlig fortynding uden for dæmningen, så det udsivende perkolat ikke længere følger fjordens sydkyst.
- Høje vandføringer i Bygholm Å betyder væsentligt bedre fortynding af perkolat og er den helt dominerende faktor som bestemmer fortyndingsforholdene.
- Fanen fra udløb fra regnvandsbassin 3 bevæger sig primært i øst-vestlig retning når udløbet placeres på dybere vand, hvorimod udløbspunktet tættest på land og på laveste vanddybde trækker en fane mod sydvest ind mod land.
- Det anbefales at udløbet fra regnvandsbassin 3 placeres på dybere vand, se Figur 5-9

3 FORUDSÆTNINGER OG MODELOPSÆTNING

3.1 MODELVÆRKTØJ

Grundlaget for vurderingen af fortyndingsforholdene samt strøm igennem åbningerne, er den hydrodynamiske model MIKE 21 FM. Modellen er en numerisk todimensional strømningsmodel baseret på løsningen af de Reynoldsmidlede Navier-Stokes ligninger. Beregningsformuleringer kan findes i [2].

På trods af, at der i området til tider kan forekomme lagdelt strømninger, grundet forskellen i salinitet mellem åen og fjorden, er vurderingen at den manglende tredimensionelle modelbeskrivelse, som lagdelt strøm vil kræve, ikke er af signifikant betydning for denne strøm- og fortyndingsvurdering. Vanddybderne i modelområdet er 2 m eller derunder, så selv mindre lokale vindgenerede bølger vil opblande vandsøjlen og det er kun relative forskelle i fortyndinger med og uden dæmning som undersøges.

Selve fortyndingen modelleres samtidig med hydrodynamikken vha. AD modulet (Advektion-Dispersion) [3]. Modulet beregner den advektive og dispersive transport af et vilkårligt opløst stof. Der er som udgangspunkt benyttet standardværdier for modelparametrene eksempelvis til beregning af dispersionskoefficienter.

Modellen er ikke kalibreret, da der ikke er målinger tilgængeligt inden for modelområdet, som muliggør en kalibrering. Derfor er resultaterne kun indikative, men de relative forskelle i strømhastigheder og fortyndingsforhold er sikre og dermed er konklusionerne også sikre.

MIKE 21 FM-modellen har igennem flere årtier vist sig at være meget pålidelig i forhold til retvisende resultater og må betragtes som et state-of-the-art værktøj til netop disse typer opgaver.

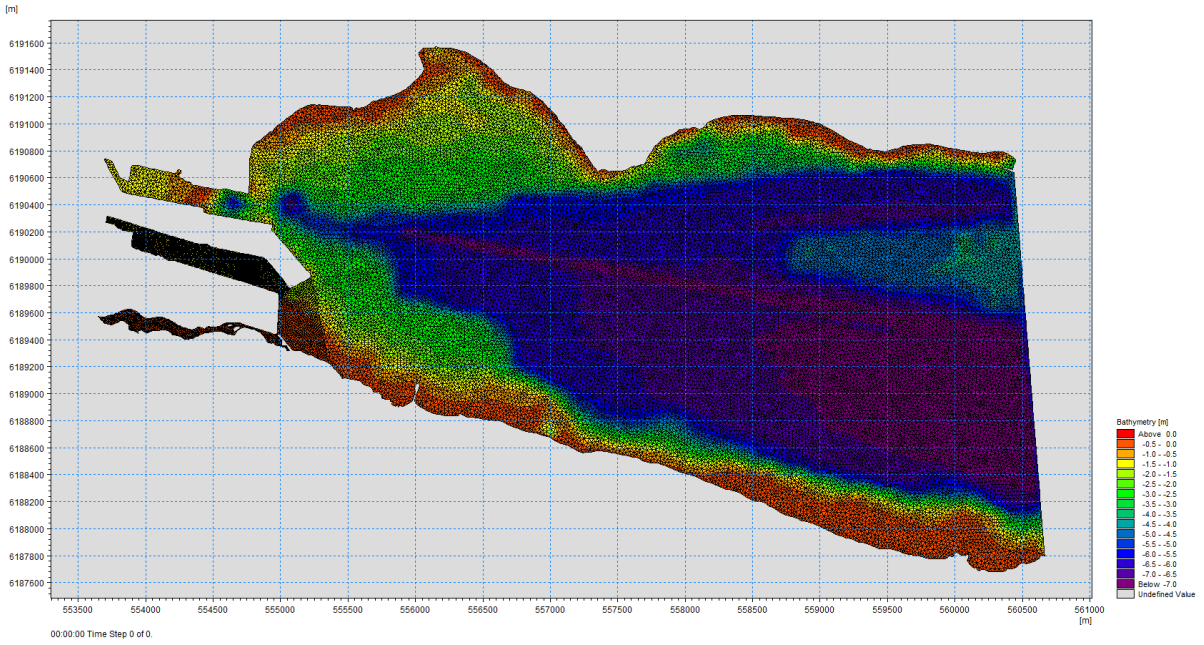
3.2 MODELOPSÆTNING

FM-modellen adskiller sig fra den ”traditionelle” MIKE 21 model ved at anvende et Flexible Mesh, altså et fleksibelt beregningsnet (både trekanter og rektangler), der lettere kan tilpasse sig den aktuelle bathymetri af modelområdet samt muliggør en finere beregningsopløsning på udvalgte steder, f.eks. i åbninger i dæmningen. Modellen består af ca. 30.000 beregningselementer med den højeste opløsning omkring dæmningen og i de mest lavvandede områder.

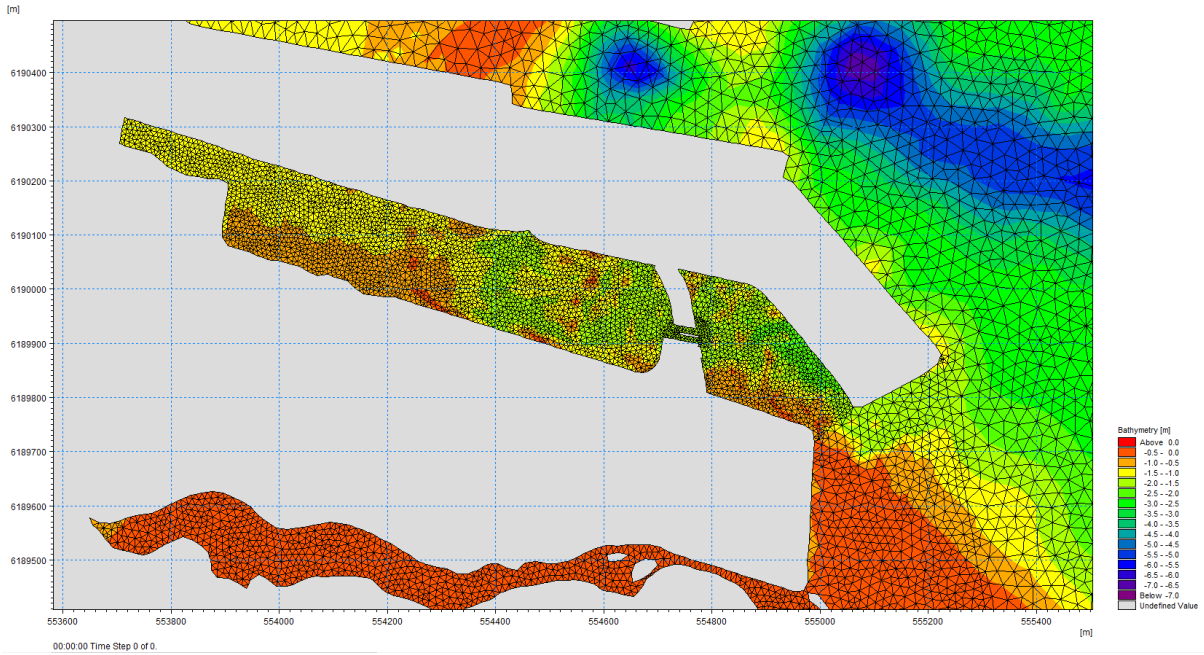
Bathymetrien (dybdeforholdene) for området er opbygget ud fra Danmarks Dybdemodel 2024 fra Geodatastyrelsen, bathymetrisk opmåling foretaget i forbindelse med udarbejdelse af [4] (opmåling foretaget i forbindelse med marinbiologisk kortlægning), samt opmåling af dæmningstracéet udført af Atkins i 2020. Dybdeforhold på randen fra havnen ud mod fjorden er fundet på søkort.

Modellen er etableret, så randen ind mod Bygholm Å, er lagt så langt ind mod åen som bathymetri data fra [4] tillader, og randen ud mod fjorden er lagt et stykke ude i fjorden i forhold til den kommende dæmning. Modelområde, mesh (beregningsnet) og bathymetrier er vist på Figur 3-1 og Figur 3-2, modelrande er vist på Figur 3-4. Modelområdet er tilpasset nær slusen ved at sluserør ikke er medtaget. Derved er der kun medtaget en

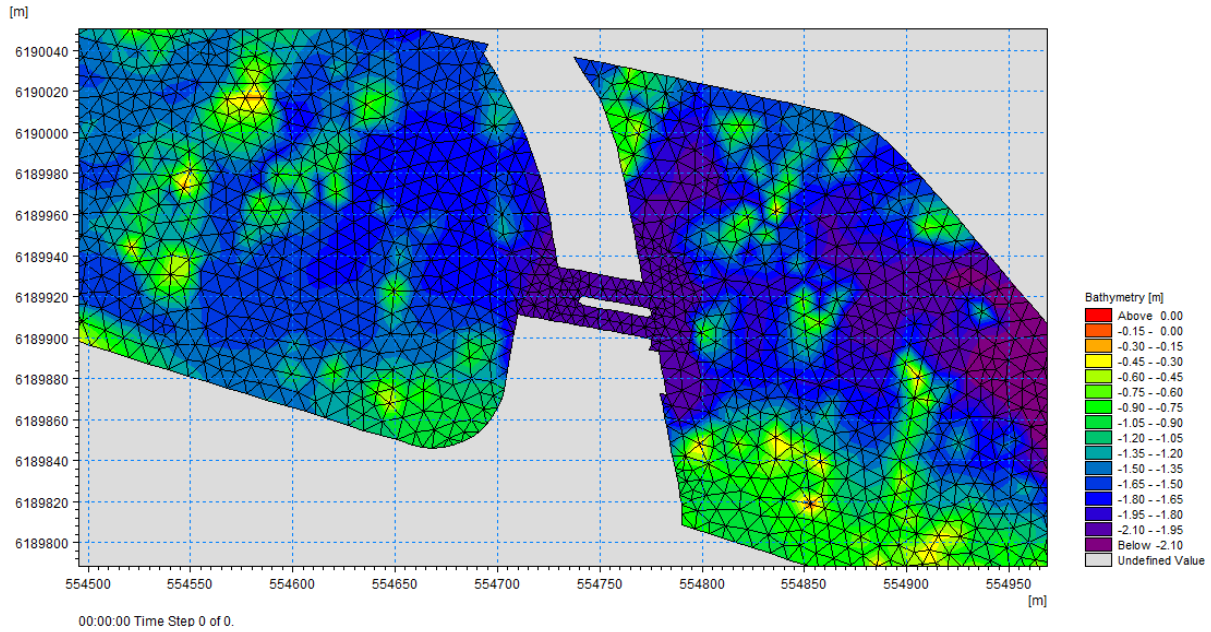
enkelt konstruktion ved slusen, som er søjlen mellem sluserør og gennemsejlingssluse. Dette er gjort med henblik på at sikre numerisk stabilitet af modelberegningerne. Ændringerne fremgår af Figur 3-2.



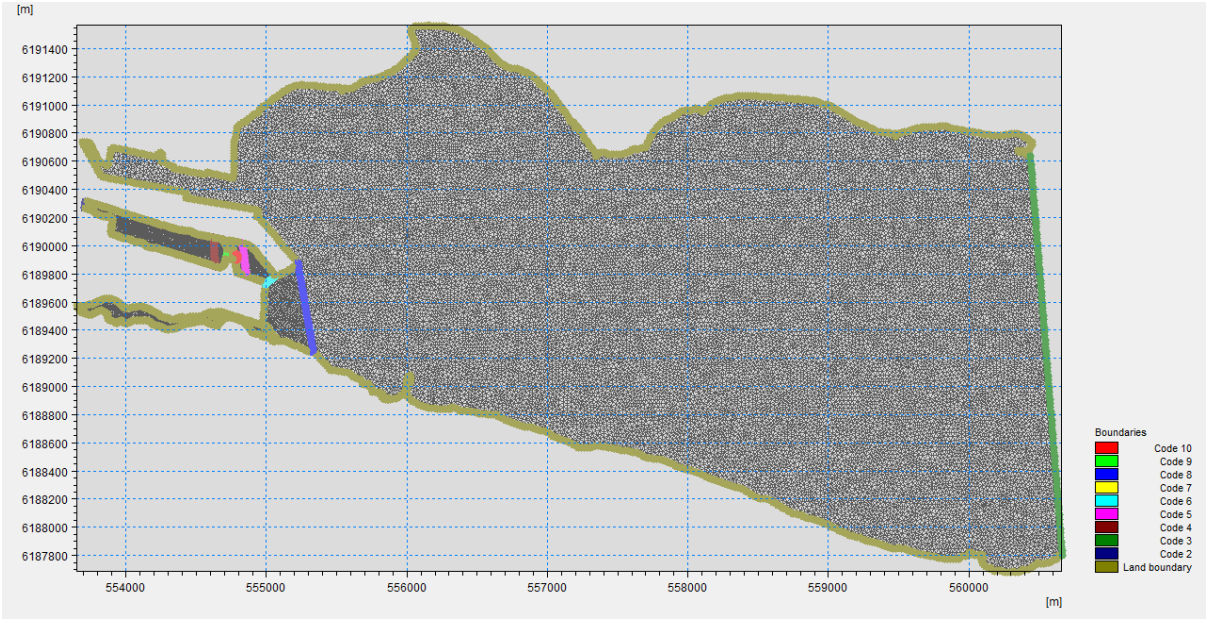
Figur 3-1: Model mesh for eksisterende bathymetri.



Figur 3-2: Model mesh for bathymetri med dæmning og sluse. Bathymetri i Horsens Fjord svarer til de eksisterende forhold som i modellen uden dæmning.



Figur 3-3: Model mesh omkring sluse.



Figur 3-4: Model mesh med angivelse af modelrande. Mørkeblå er randen til Bygholm Å og mørkegrøn er randen til den resterende del af Horsens Fjord. De resterende rande har frit gennemløb.

3.3 MODELSCENARIER

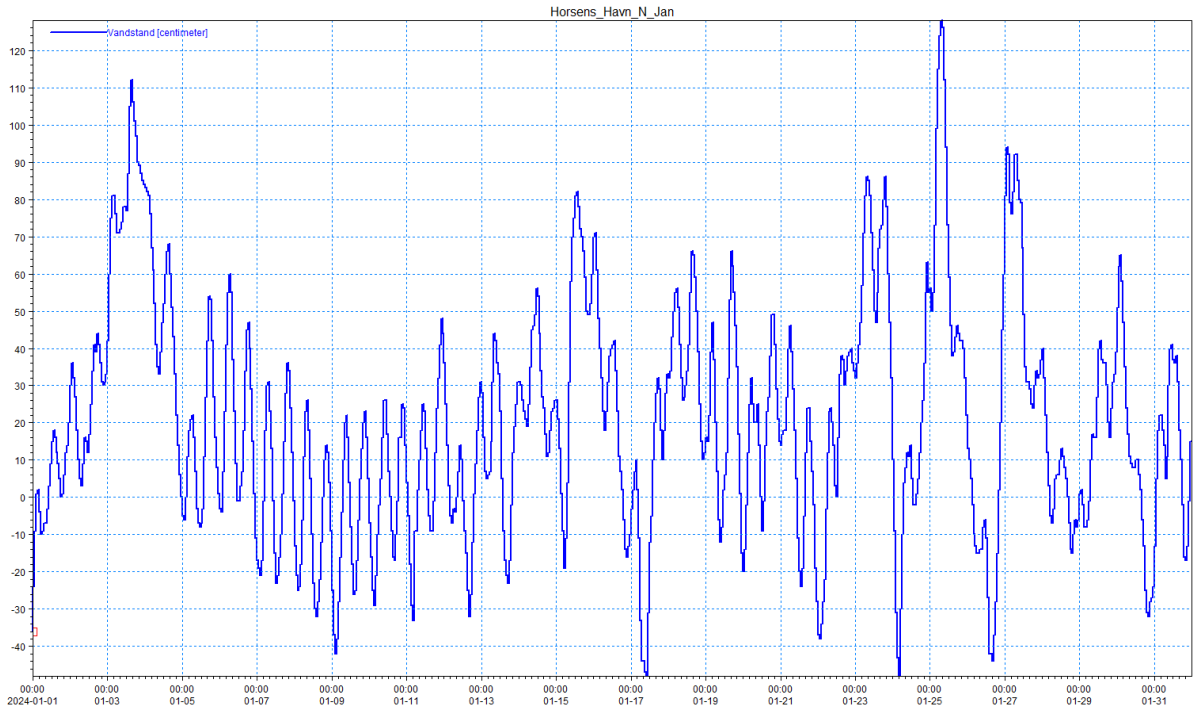
Ud fra den nye viden om udførsel af dæmning og vandføring i Bygholm Å opstilles der en serie af 8 modelberegninger, som er baseret på randbetingelserne beskrevet i Tabel 3-1.

Tabel 3-1: Beregnede modelscenarier.

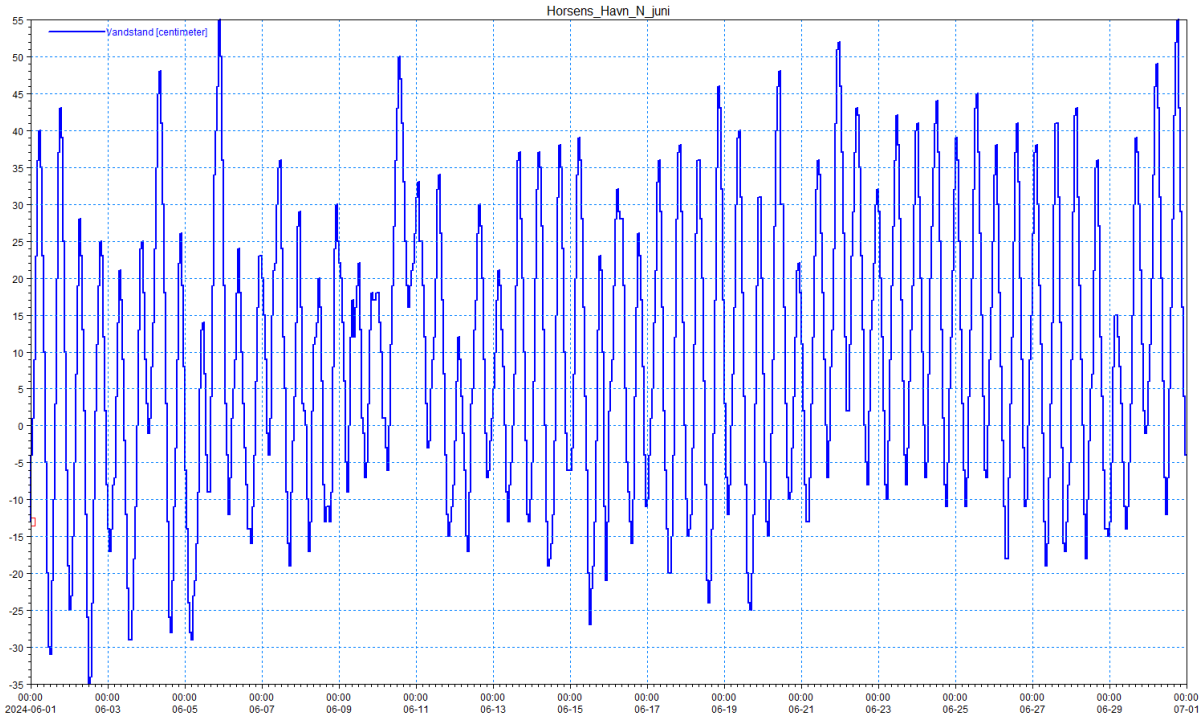
Vandføring Bygholm Å	Vandstand Horsens Fjord	Batymetri (status)	Batymetri (plan)	Bemærkninger
Sommer: 0,3 m³/s	0,05 m3/s	0,001 /0,001 m3/s fordelt på 5 punkter hver	Vandstand Horsens Havn juni 2024	Med og u. dæmning
Vinter høj: 25 m³/s	0,25 m3/s	0,001 /0,001 m3/s fordelt på 5 punkter hver	Vandstand Horsens Havn januar 2024	Med og u. dæmning
Årsmiddel 2,3 m3/s	0,11 m3/s	0,001 /0,001 m3/s fordelt på 5 punkter hver	Vandstand Horsens Havn september 2024.	Med og u. dæmning

For modelområdet sættes to randbetingelser: Vandføringen fra Bygholm Å til havnen (jf. Tabel 3-1) samt vandstanden fra tidevand i Horsens Fjord, som er angivet ca. 5,5 km fra Horsens havn. Tidevandstandene for vinter og sommer tager udgangspunkt i målinger for vandstand ved Horsens Havn, da der ikke er målinger for vandstand tættere på randen. Målinger er frit tilgængelige som DMI's frie observationsdata. For vinterscenarierne tages der udgangspunkt i målinger fra januar 2024 som set af Figur 3-5, og for sommerscenariet er der brugt målinger fra juni 2024 som set af Figur 3-6. Som repræsentant for et årsmiddel er valgt september 2024, se Figur 3-7.

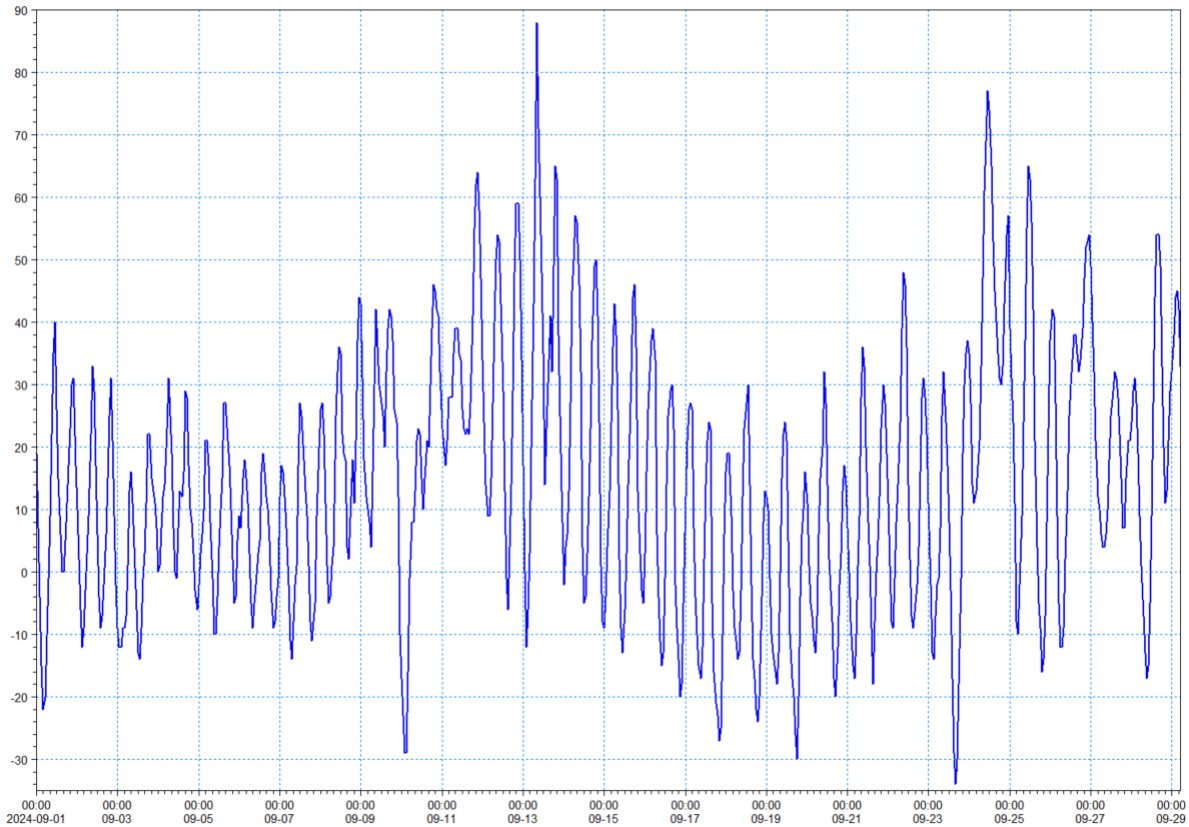
De reelle randbetingelser vil naturligvis afvige fra de her anvendte, men til beregning af fortyndingsforhold og strømmønstre omkring dæmning og åbninger giver de valgte randbetingelser et rimeligt billede af virkeligheden.



Figur 3-5 Havvandstand ved Horsens Havn i løbet af januar 2024. Data er frie observationsdata fra DMI.

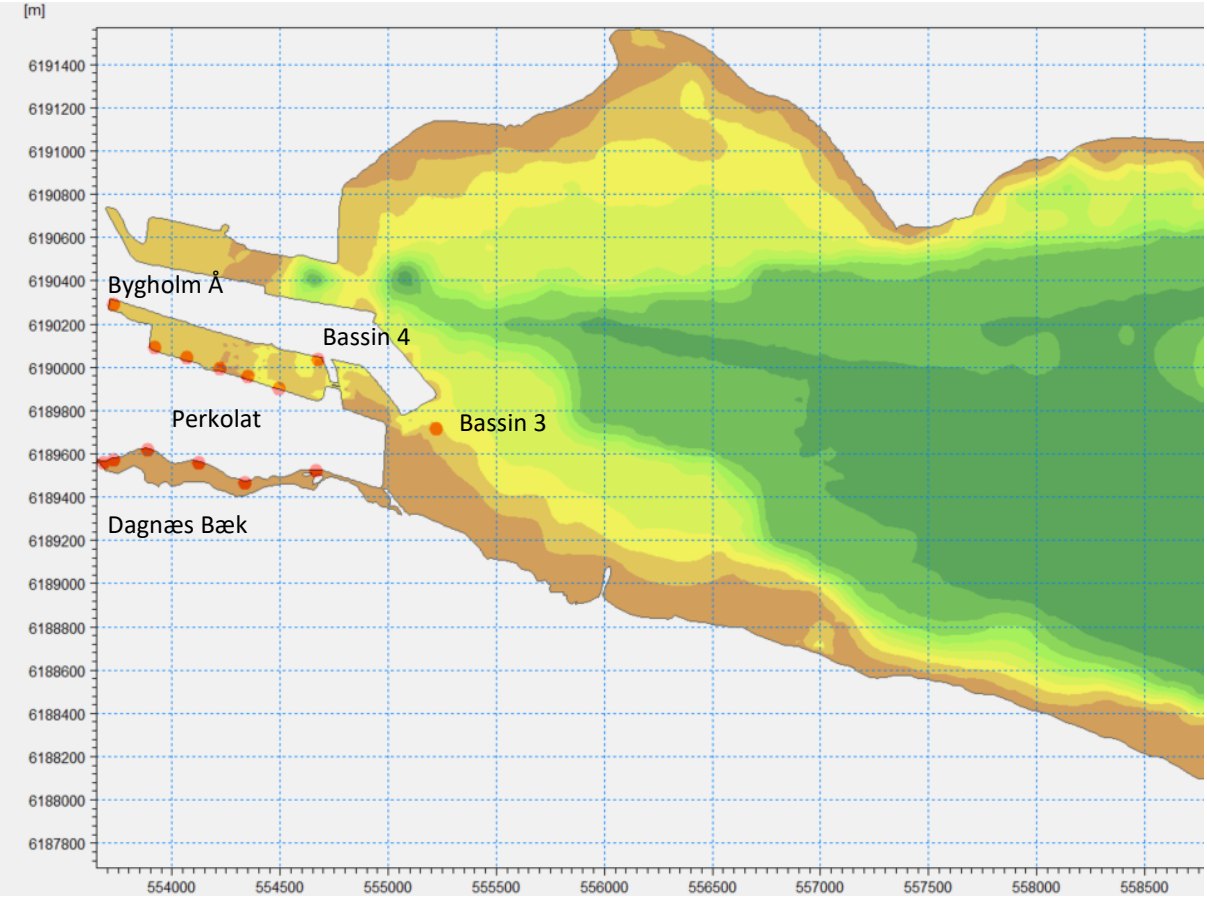


Figur 3-6 Havvandstand ved Horsens Havn i løbet af juni 2024. Data er frie observationsdata fra DMI.



Figur 3-7 Havvandstand ved Horsens Havn i løbet af september 2024. Data er frie observationsdata fra DMI.

Til fortynding af stoffer fra udledning af vand fra Bygholm Å til Horsens Fjord sættes der 5 udledningspunkter langs sydkysten af Bygholm Å og 5 punkter langs nordkysten af Dagnæs Bæk. Desuden er der etableret en kilde i udmundingen af hver af de to å / Bæk udløb samt kilder i forbindelse med udløb af regnvandsbassin 4 og 3. Alle kilder er vist på Figur 3-8. Placering af udløb fra regnvandsbassin 3 er foretaget efter analyse af positioner med de bedste fortyndingsforhold som tidligere var beskrevet i notat til Horsens Kommune dateret 02-04-2025 og som nu er inkluderet i kap. 5.



Figur 3-8 Placering af kilder til perkolat, Å og Bæk samt regnvandsbassiner.

Hver af kilderne i modellen udleder vand med 1 l/s og i hver af udledningerne er der en tracer med udledningskoncentration på 1. Resultaterne for tracer koncentrationer kan dermed ganges på den reelle udløbskoncentration for at få et konservativt estimat på fortyndingsgraden af hvert stof.

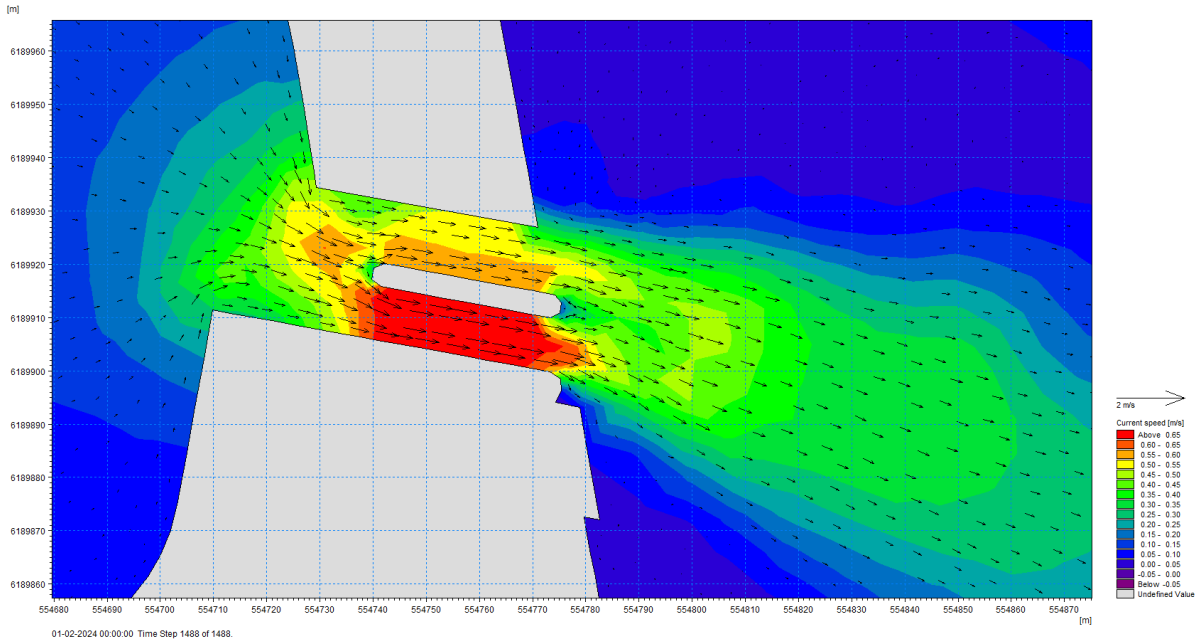
Resultaterne af fortynding af tracer i å vandet er ikke vist i denne rapport, da der ikke er noget sammenligningsgrundlag i forhold til 2020 udformningen af højvandssikringen.

Modellens tidsskridt (tidsinterval for beregning af vandets bevægelse i hvert beregningspunkt) varierer mellem 0,01 sekund og 30 sekunder. Modellen finder selv det højest mulige tidsskridt som kan opnås uden, at der opstår numerisk ustabilitet (vandet må ikke springe beregningspunkter over, så jo finere model grid kombineret med højere vandhastighed, jo mindre tidsskridt o.a.).

4 RESULTATER

4.1 STRØMNINGSFORHOLD OMKRING ÅBNINGER OG SLUSER

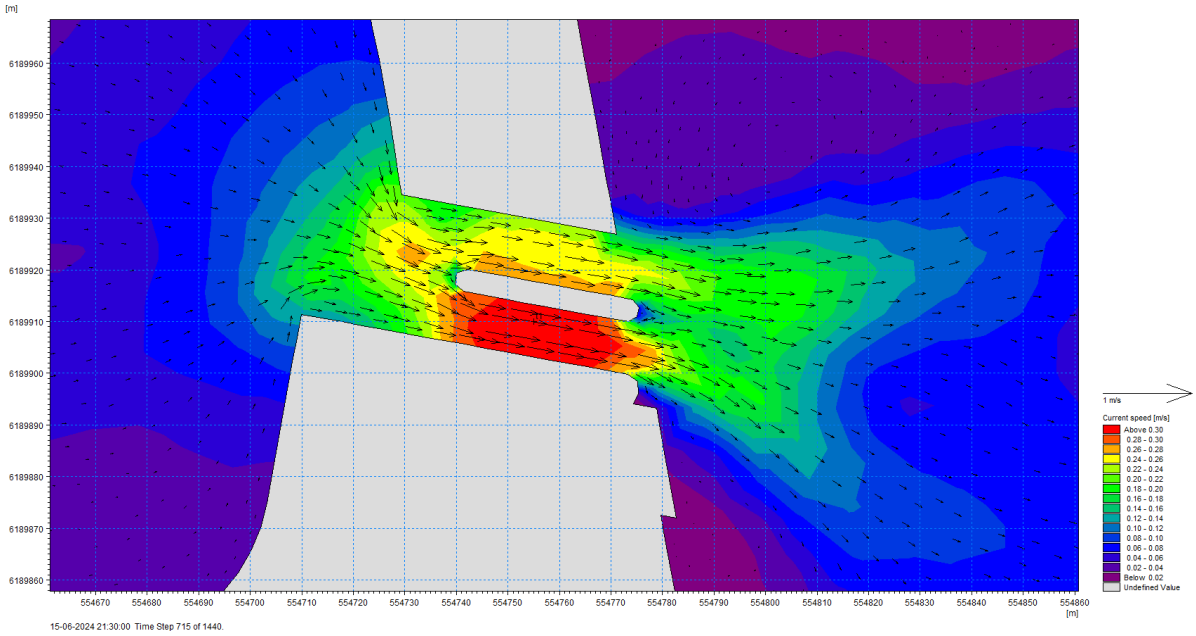
Bemærk af strømhastighedsskalaerne angivet som farver varierer fra figur til figur! Det er valgt for at få maksimal information ud af de strømningsmønstre, som optræder under de forskellige scenarier.



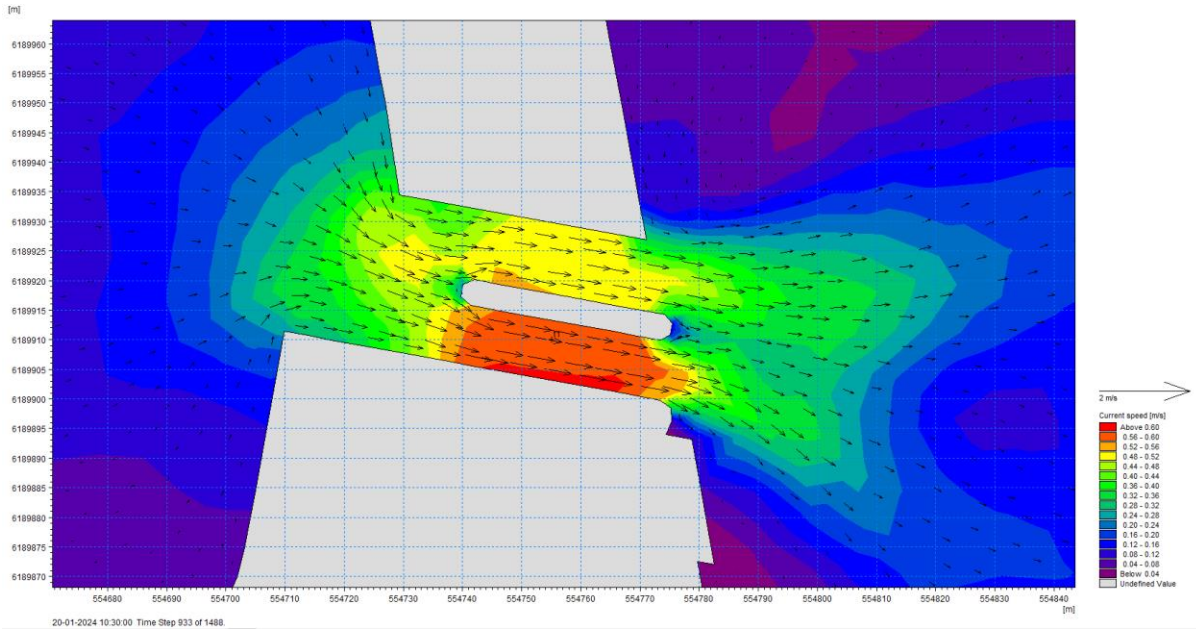
Figur 4-1 Strømforhold i sluserør og sluse ved ekstrem vandføring i Bygholm Å på 40 m^3/s og høj vandstand i Horsens Fjord (+1m). Værdierne angiver ligevægtshastighederne, som optræder, da vandstanden i Horsens Fjord i dette scenarie er konstant.

Figur 4-1 viser strømforholdene i slusen og sluserør under ekstrem vandføring (40 m^3/s) i Bygholm Å og forhøjet vandstand i Horsens Fjord på +1m. Strømhastigheden når flere steder op på nær 0,7 m/s, hvilket er tilstrækkeligt til at flytte aflejring af finkornet sediment og organisk materiale. Strømhastighederne nær åbningen er også høje nok til at forårsage lokal erosion i bunden, hvorfor det må anbefales, at der lægges et erosionsbeskyttende lag ud for sluseåbningerne. Bedømt ud fra modelresultatet skal laget være mindst 2 m bredt, og strække sig horisontalt væk fra sluseåbningerne og også rundt om hjørnerne til dæmningen. Laget bør bestå af sten eller lignende ikke-eroderbart materiale. Toppen af erosionslaget skal flugte med bundniveauet inde i sluserne, for at mindske aflejring inde i sluserne.

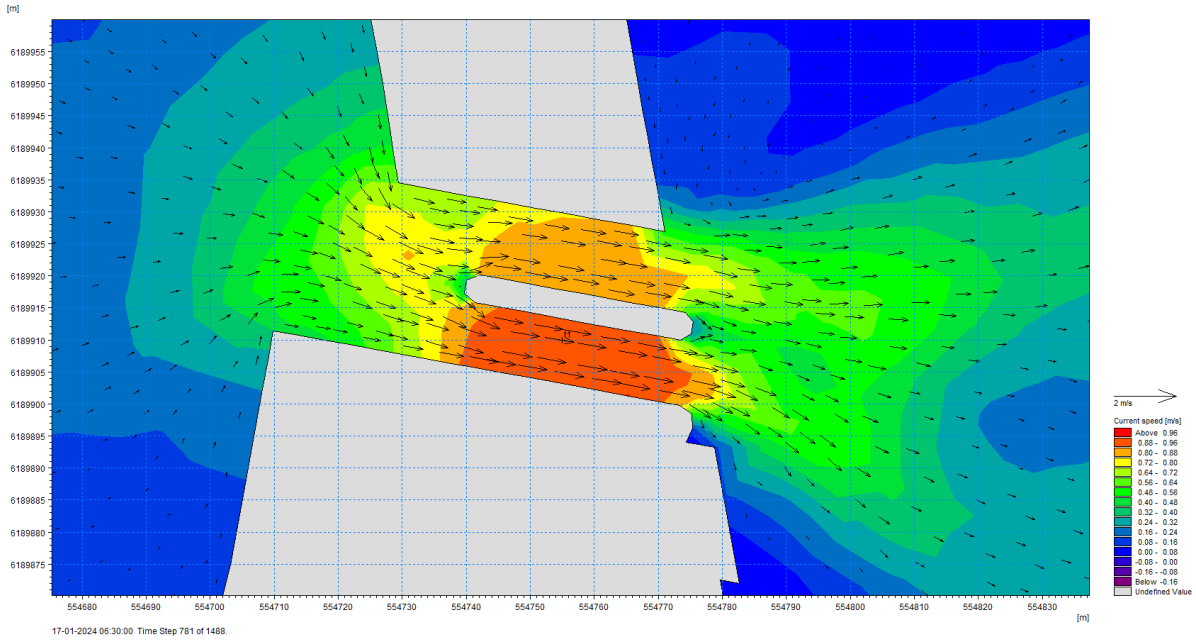
Til sammenligning i Figur 4-2, Figur 4-3 og Figur 4-4 ses den maksimalt forekommende hastighed at komme op på 0,3 m/s, 0,6 m/s og 1 m/s for hhv. sommer-, middel vinter- og højt vinterscenarie. Selvom vinterscenarierne med middel og høj vandføring i Bygholm Å når op på ca. samme strømhastighed eller højere i slusen som for scenariet med ekstrem vandføring, vil de ikke have konstant vandføring på dette niveau. På grund af tidevandet vil hastighederne variere meget. Middelværdier for strømhastigheder ligger på omkring 0,1 m/s, 0,2 m/s og 0,6 m/s for hhv. sommer-, middel vinter- og højt vinterscenarie. Desuden når de høje hastigheder også længere østpå efter slusen, når der ikke er indflydelsen af tidevandet, som det er tilfældet for ekstremscenariet.



Figur 4-2 Strømforhold i sluserør og sluse ved sommervandføring i Bygholm Å på 0,3 m³/s og tidevand. Værdierne angiver de maksimalt forekommende hastigheder over en måned.



Figur 4-3 Strømforhold i sluserør og sluse ved middel vintervandføring i Bygholm Å på 8 m³/s og tidevand. Værdierne angiver de maksimalt forekommende hastigheder over en måned.



Figur 4-4 Strømforhold i sluserør og sluse ved høj vintervandføring i Bygholm Å på 25 m^3/s og tidevand. Værdierne angiver de maksimalt forekommende hastigheder over en måned.

4.2 FORTYNDING AF PERKOLAT

Kilderne til perkolat er anbragt langs syd bredden af Bygholm Å vest for den kommende dæmning og ind mod selve å løbet og på nordsiden af Dagnæs Bæk langs nord siden af bredden fra indsnævringen hvor den kommende dæmning placeres og ind mod selve bækken. Perkolat beregningerne er udført ved at tilføje den beregnede udsivning af vand fra deponiet en tracer med koncentrationen 1. Tracerens fortynding ud i fjorden kan dermed bruges direkte til at vurdere koncentration af et konservativt stof og som beregningsgrundlag for efterfølgende beregning af stoffer med kendt koncentration i perkolatet.

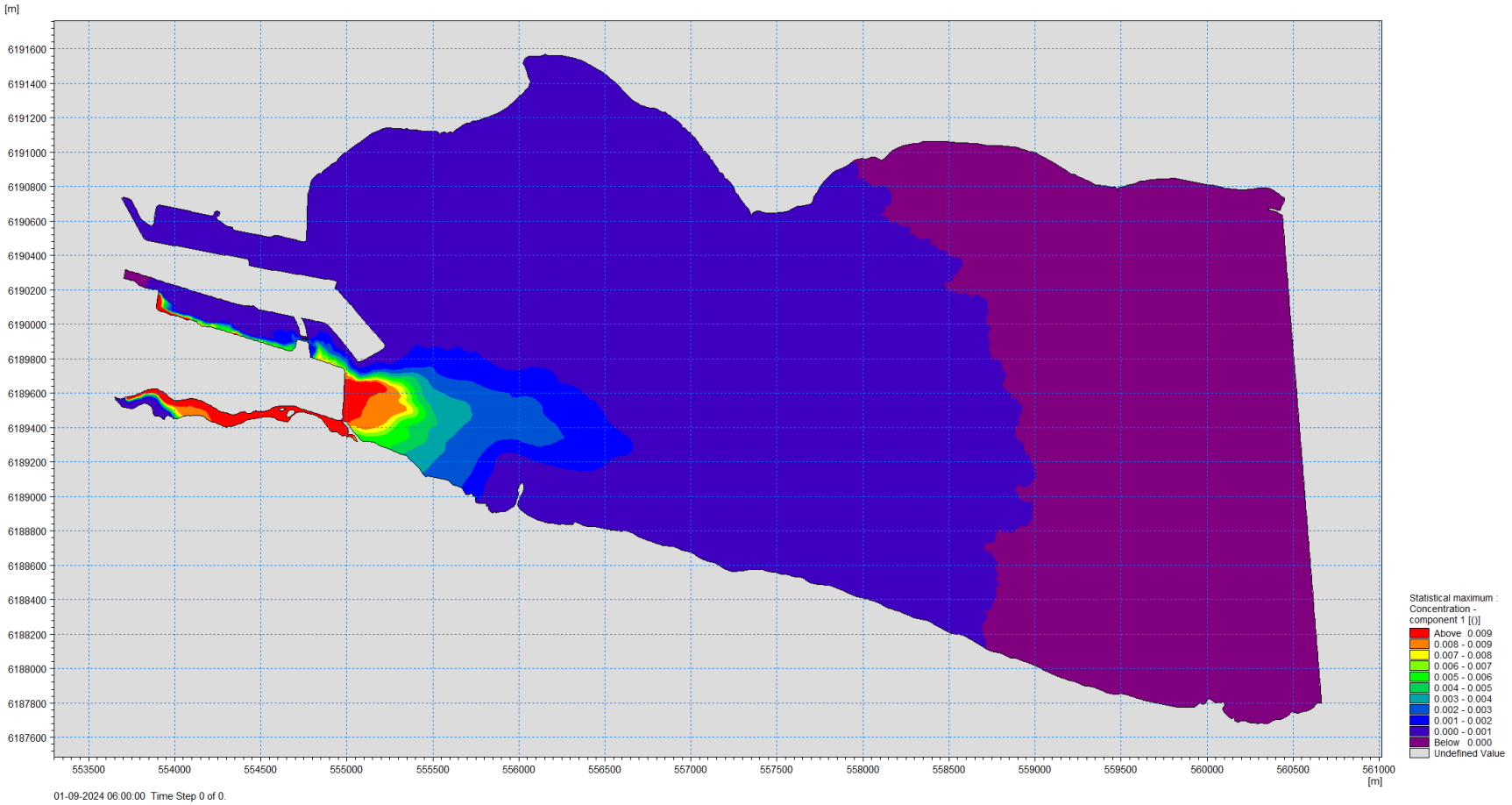
Figur 4-6 og Figur 4-7viser fortyndingen af perkolat fra deponiet langs sydsiden af Bygholm Å og nordsiden af Dagnæs Bæk som maksimumsværdier[1] med (Figur 4-6) og uden dæmning (Figur 4-7) under et gennemsnit år scenario. Tilsvarende viser Figur 4-7 og Figur 4-8 det samme for middelværdier[2].

Fortyndingen er naturligvis meget større om vinteren med den højere vandføring i å og bæk som set af Figur 4-9 til Figur 4-12.Vær opmærksom på at farveskalaerne skifter.

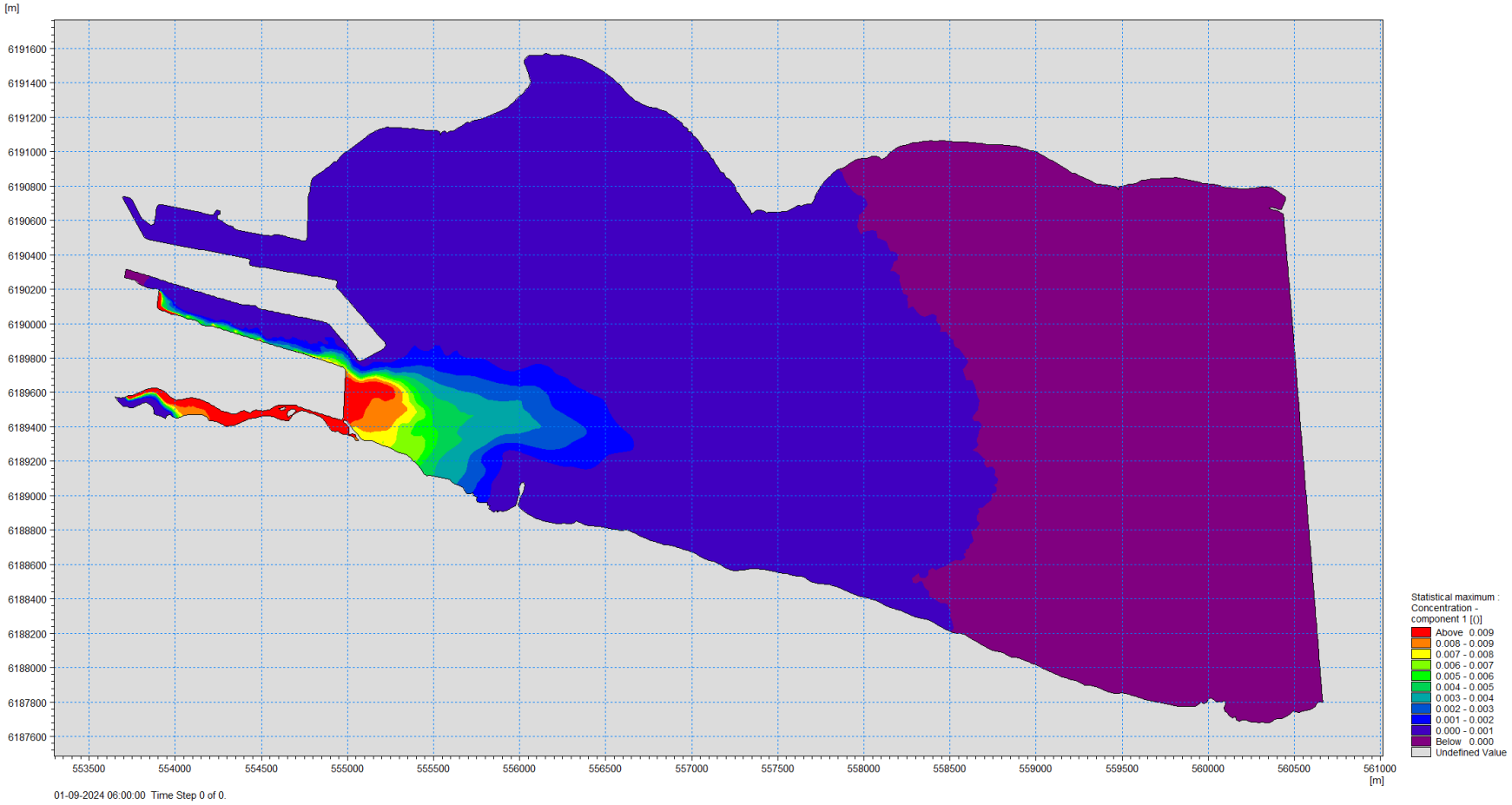
Vinterscenarierne viser en væsentlig forskel mellem tilfældene, hvor der er dæmning og hvor der ikke er. Med høj vandføring i Bygholm Å er der væsentligt større koncentrationer lige sydøst for udmundingen af Horsens Havn, uden dæmning end med dæmning. Både maksimum- og middelkoncentrationer kan komme op på 5 gange så høje ude i Horsens Fjord som for tilfældet med dæmning og sluse på plads.

Til sammenligning er der udført beregning af koncentration af tracer fra Å og bæk, se Figur 4-13 til Figur 4-16 samt udført beregning af regnvandsbassierne alene og og endelig af alle kilder på én gang, se Figur 4-17 til Figur 4-24.

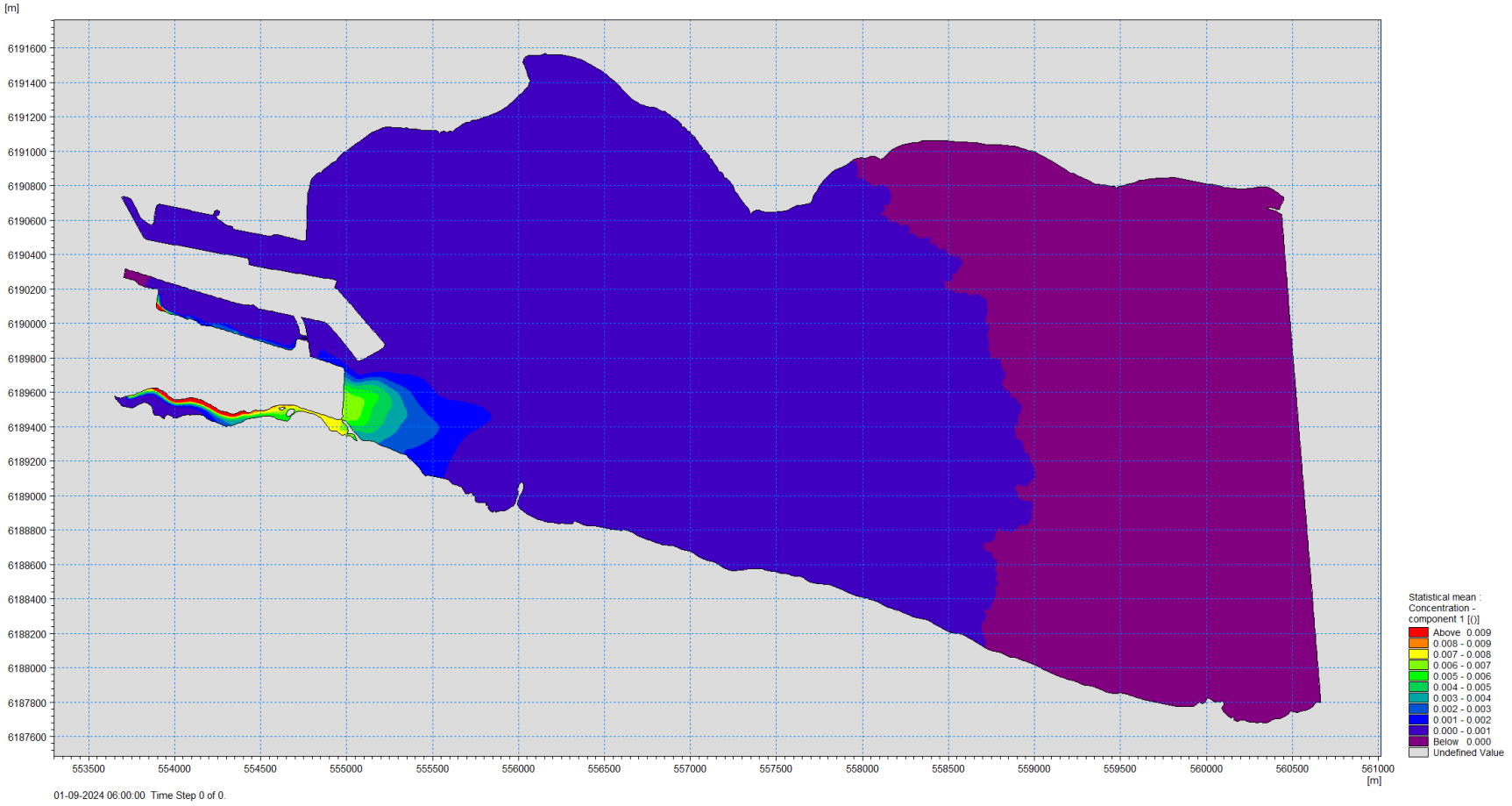
[1] Maksimumsværdi er beregnet som den til alle tider under modelberegningen, og for hvert beregningspunkt, opnåede maksimumværdi.
[2] Middelværdien er beregnet som gennemsnitskoncentrationen opnået i hvert beregningspunkt i løbet af den periode som modellen dækker.



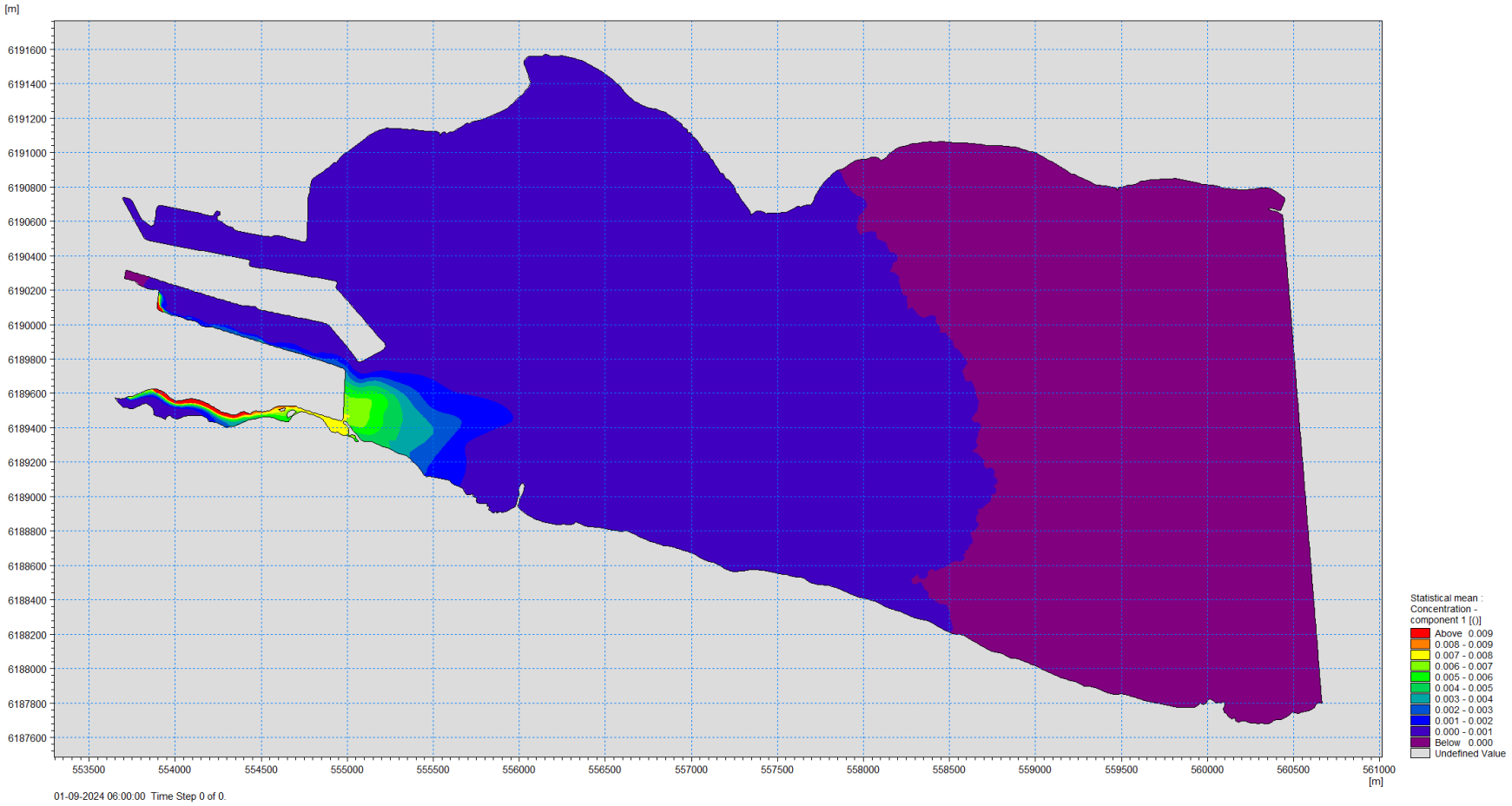
Figur 4-5 Maksimumsværdier for fortynding af en tracer med dæmning. Års middel situation.



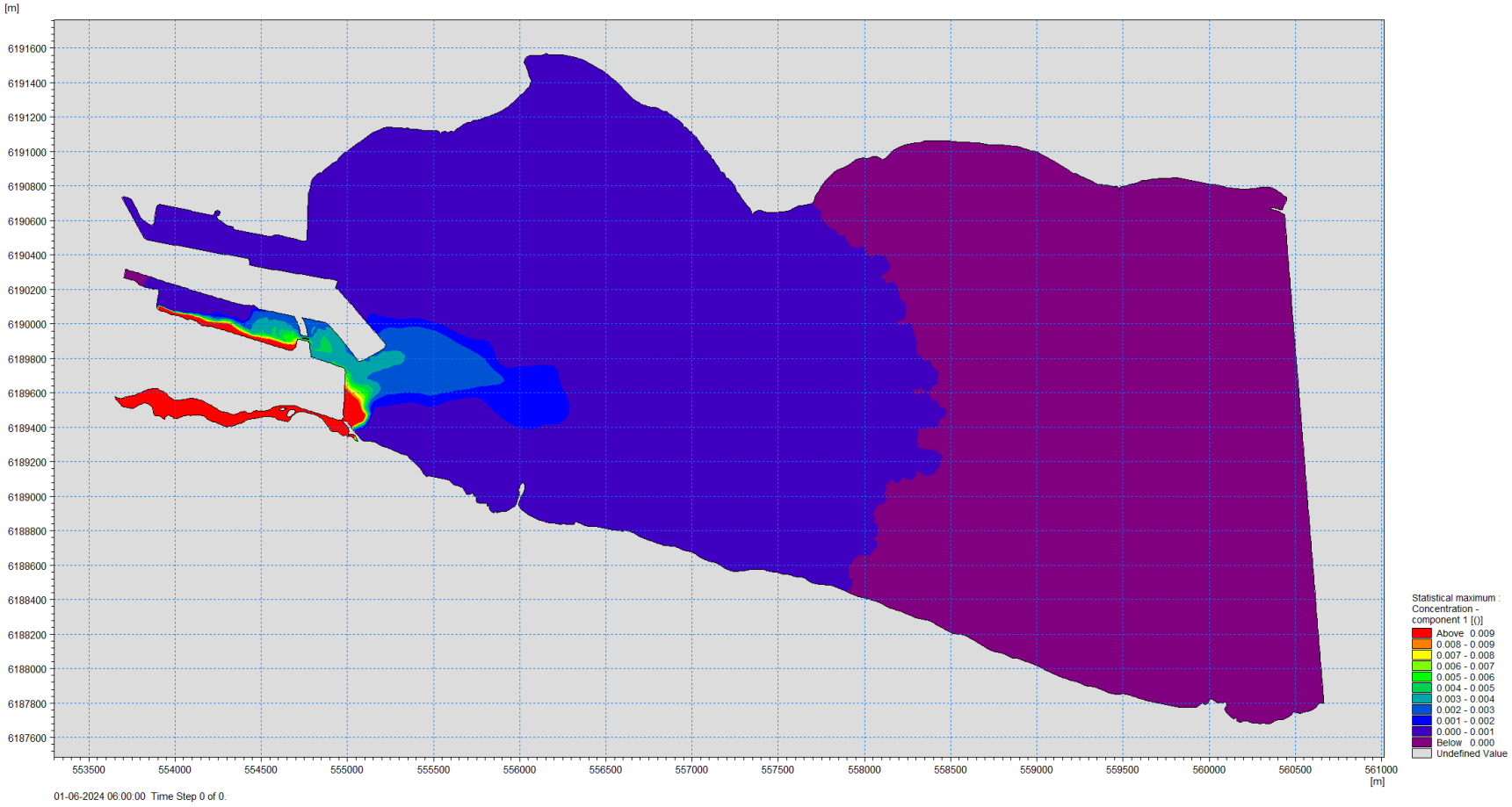
Figur 4-6 Maksimumsværdier for fortynding af en tracer uden dæmning. Års middel situation.



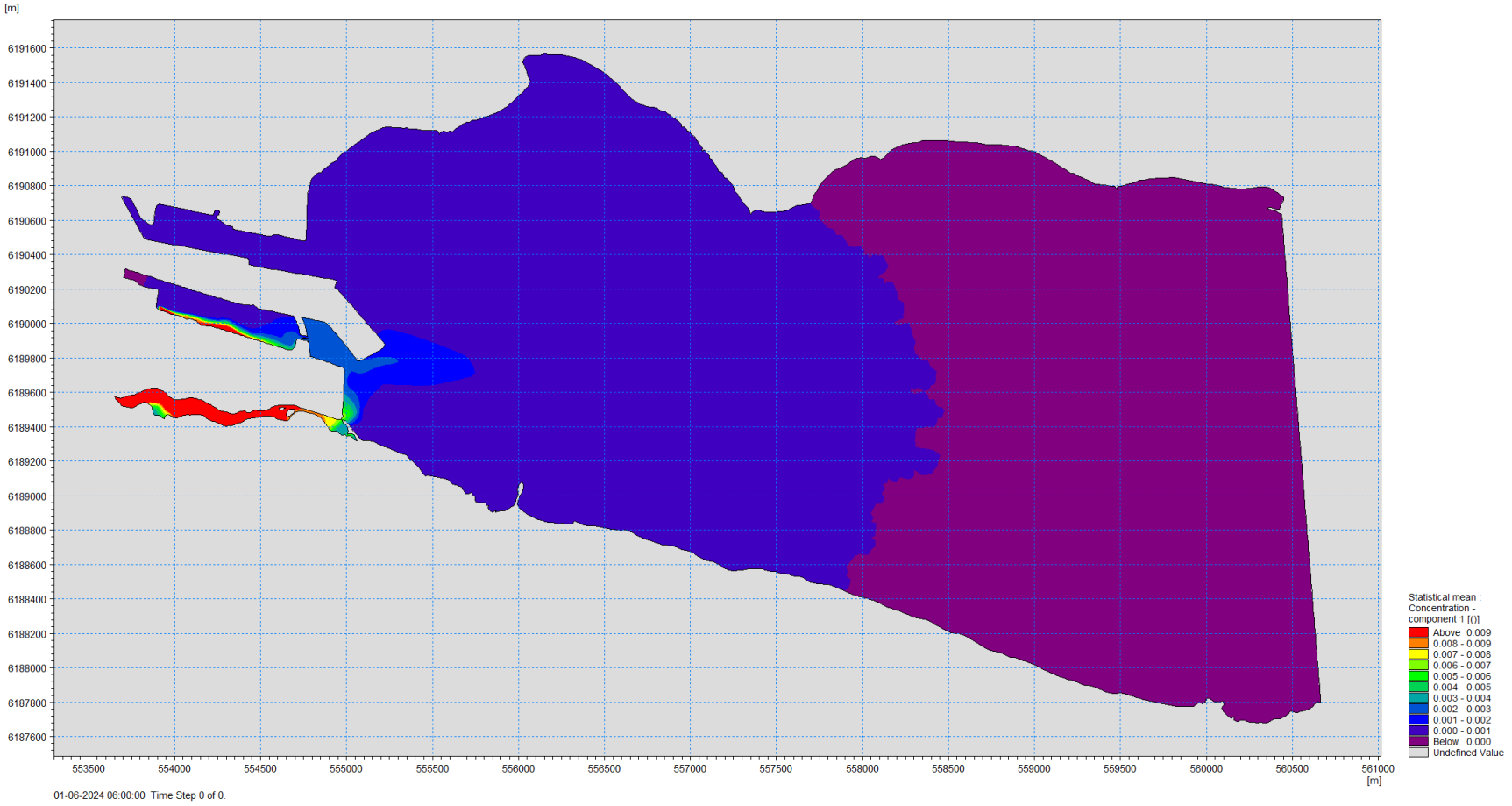
Figur 4-7 Middelværdier for fortynding af en tracer med dæmning. Års middel situation



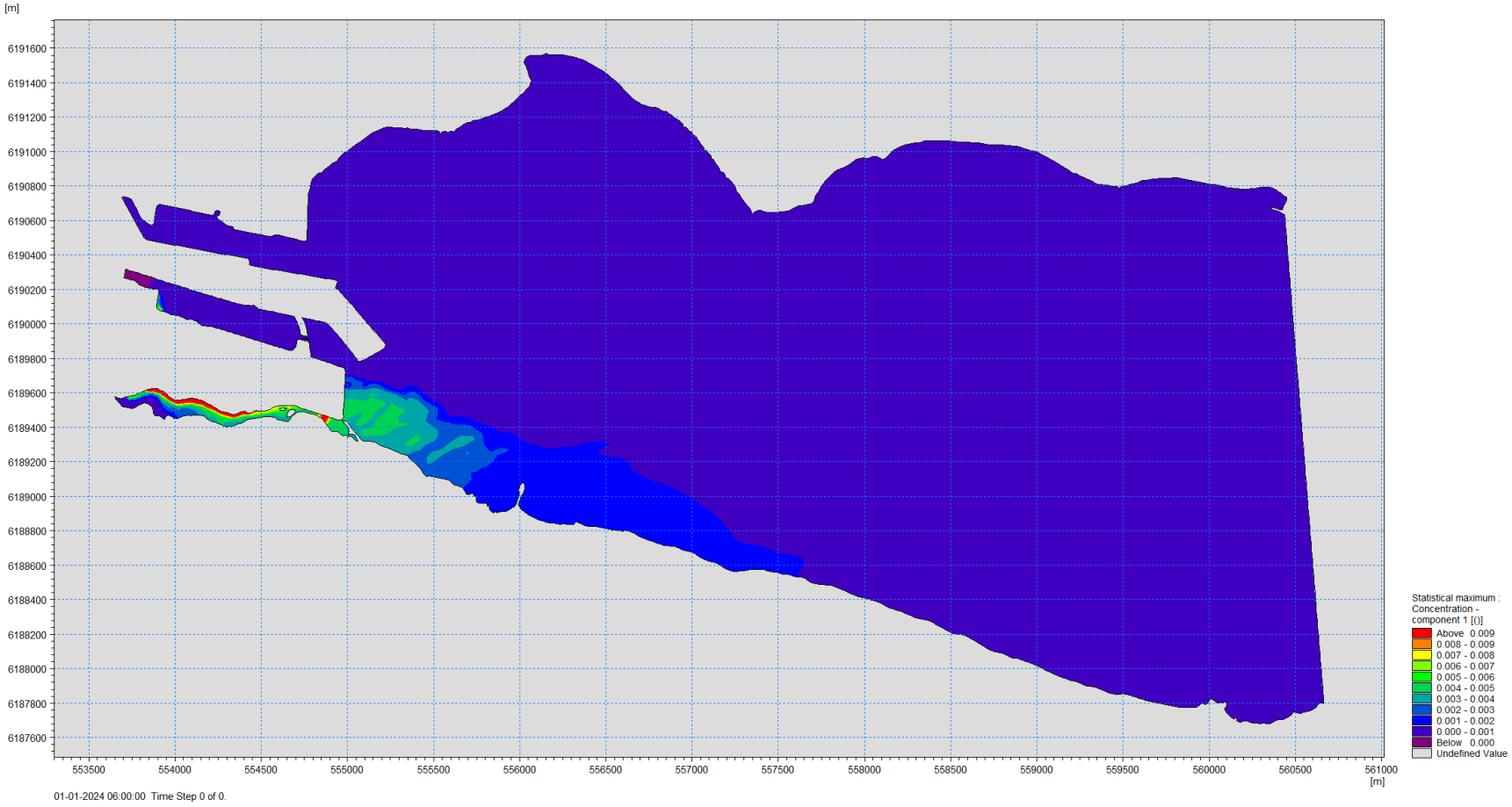
Figur 4-8 Middelværdier for fortynding af en tracer uden dæmning. Års middel situation.



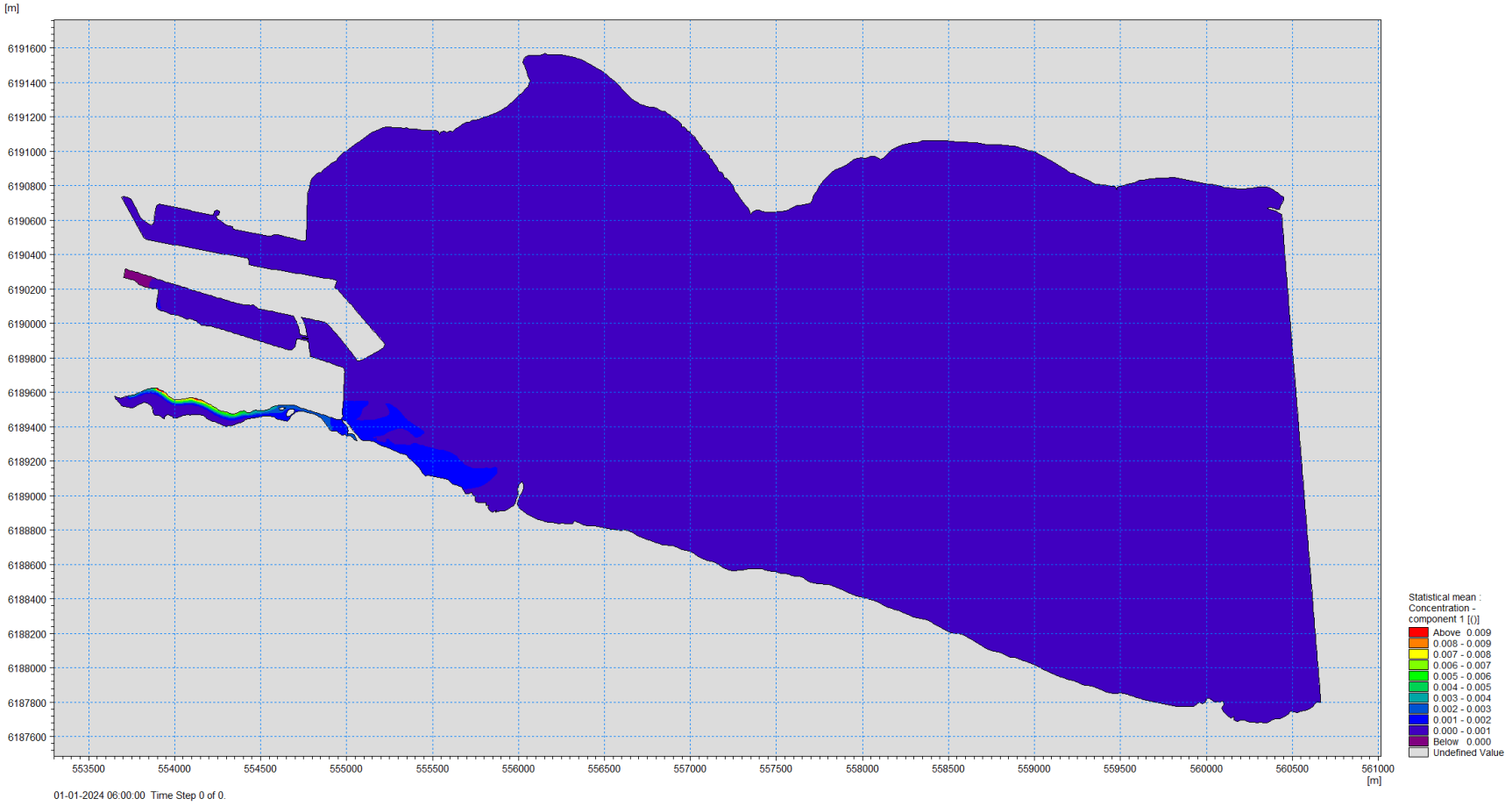
Figur 4-9 Maksimum koncentration af tracer med dæmning. Sommer scenario.



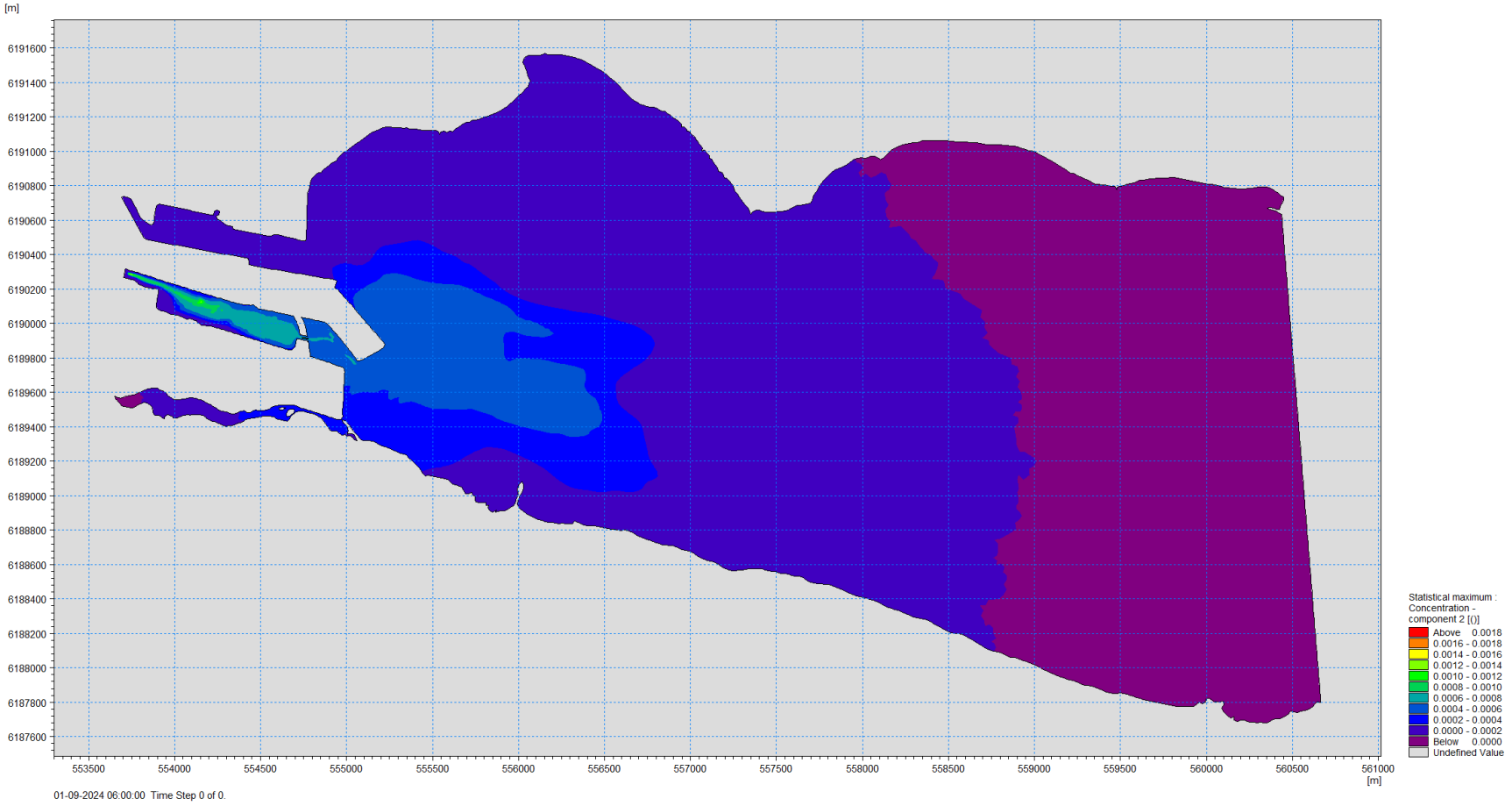
Figur 4-10. Middelkoncentration af tracer med dæmning. Sommer scenario.



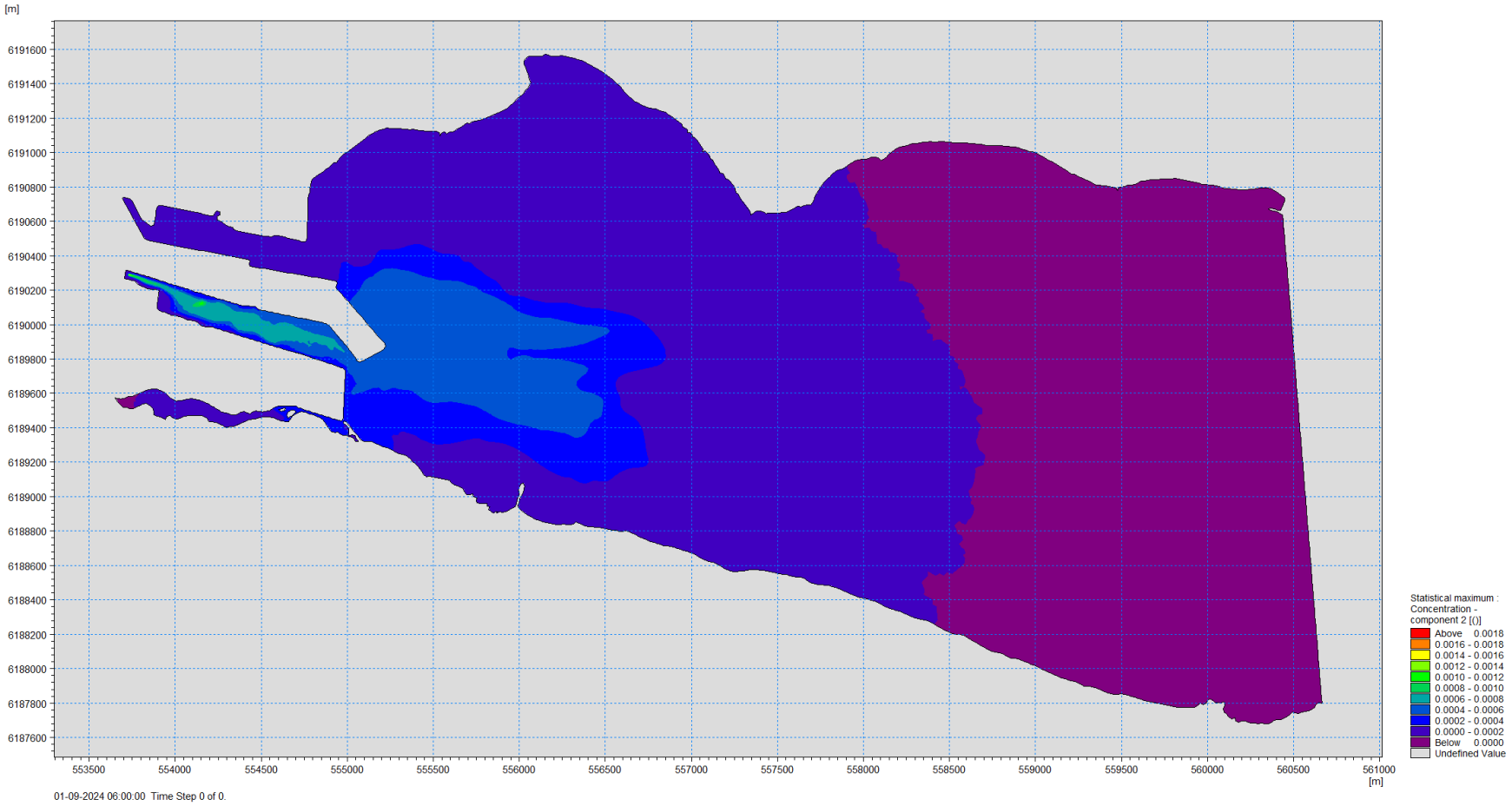
Figur 4-11 Maksimum koncentration med dæmning. Vinter scenario.



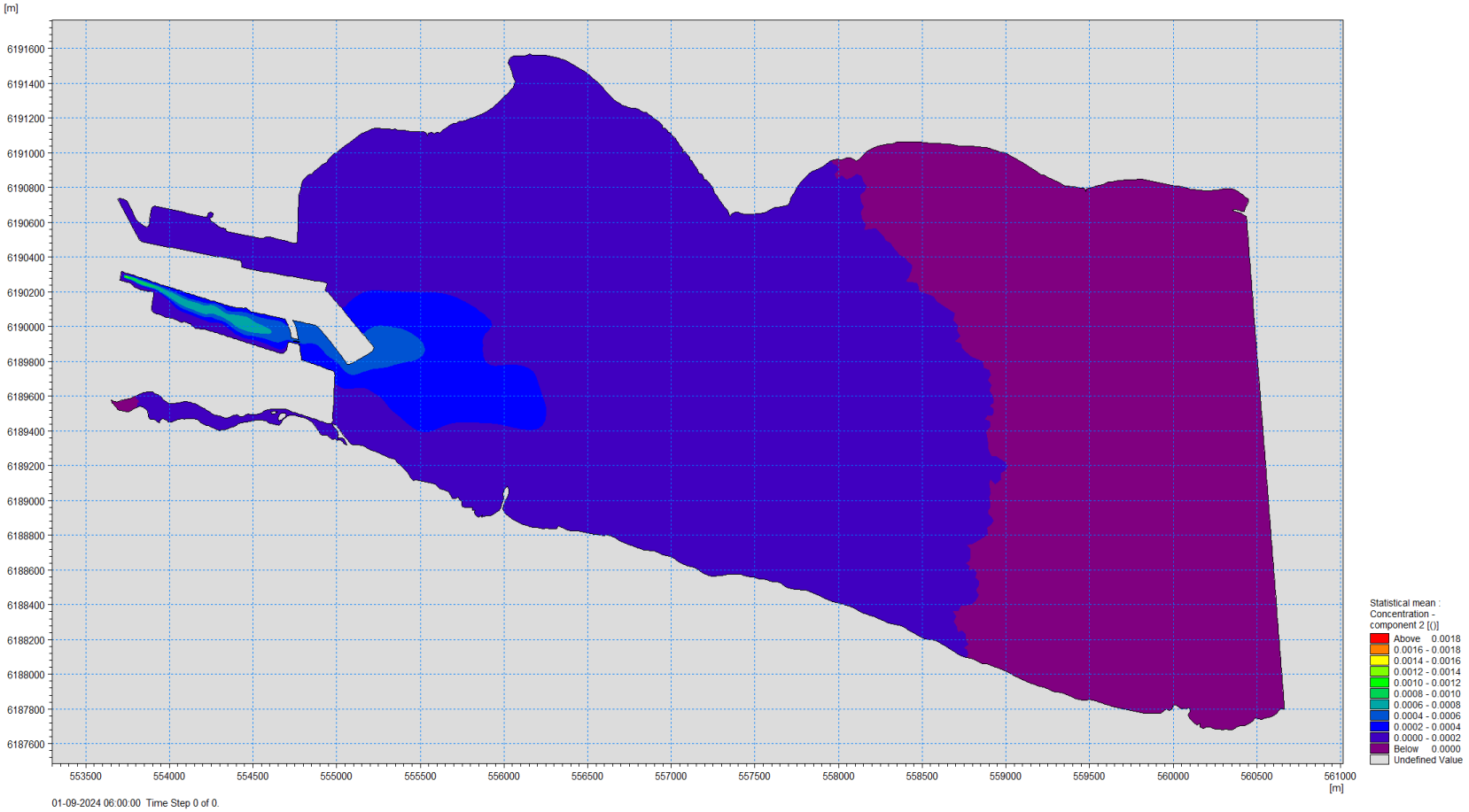
Figur 4-12 Middelkoncentration med dæmning. Vinter scenario.



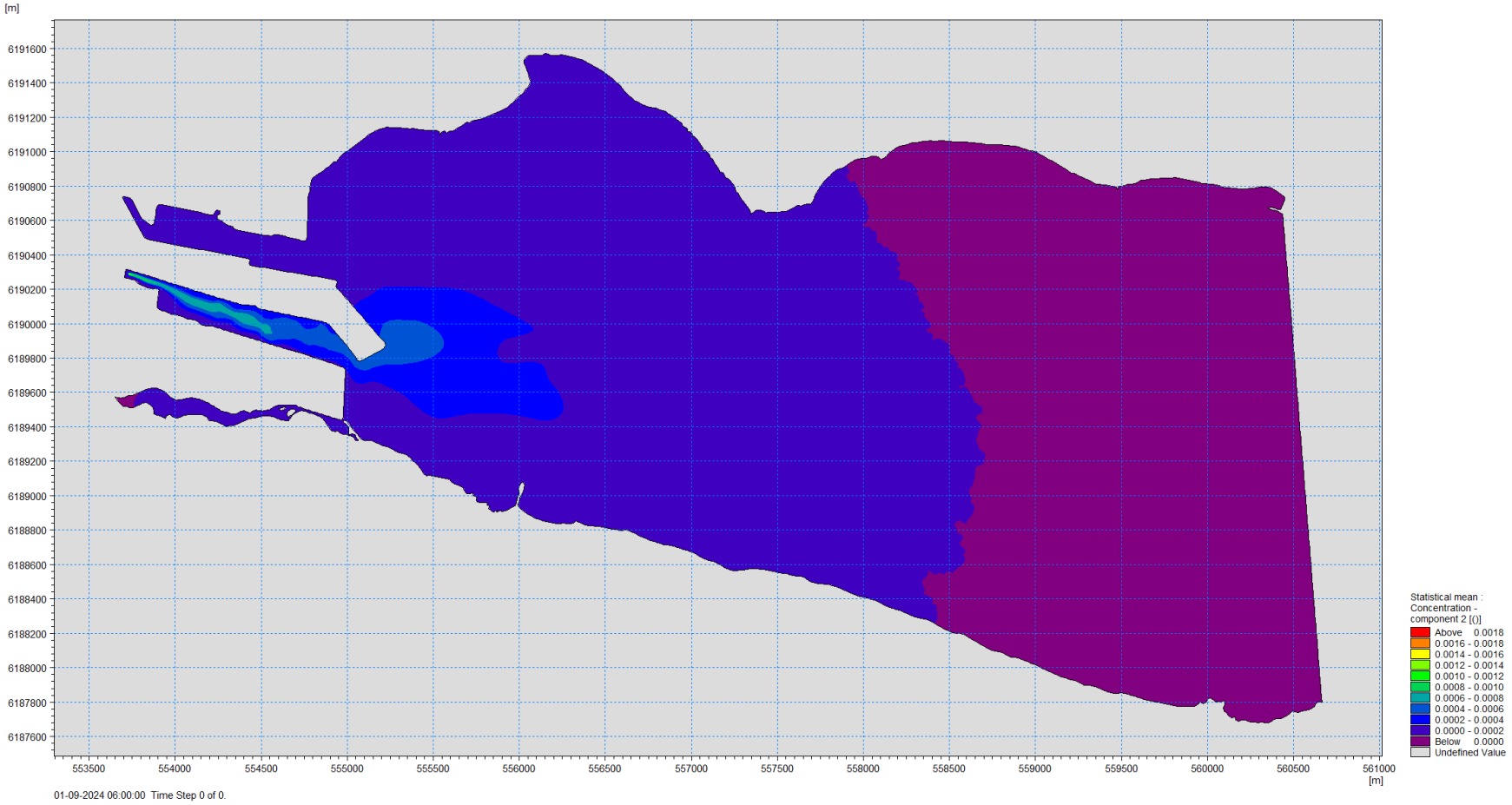
Figur 4-13 Maksimum koncentration af tracer fra Bygholm Å og Dagnæs Bæk med dæmning. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



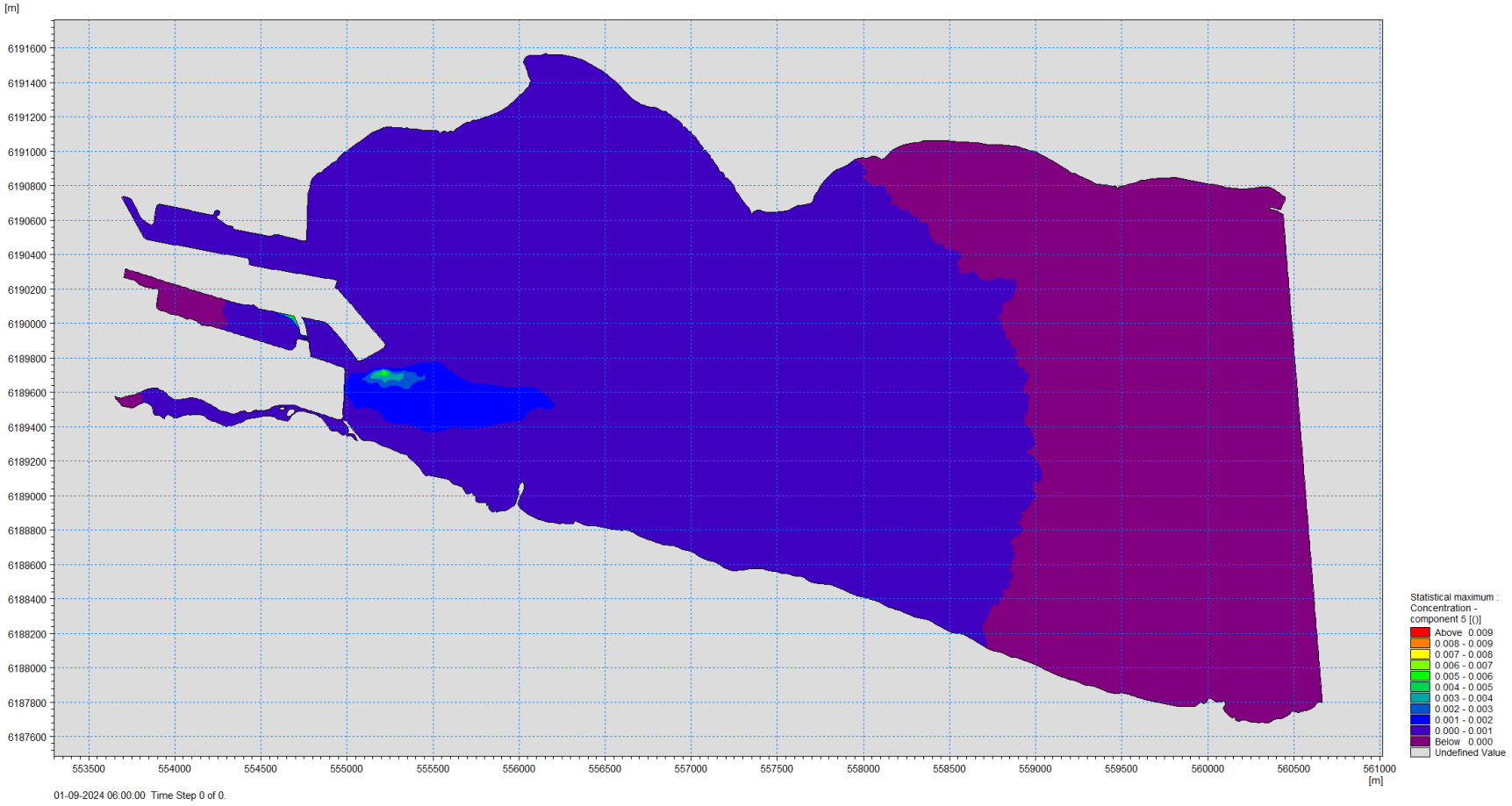
Figur 4-14 Maksimum koncentration af tracer fra Bygholm Å og Dagnæs Bæk uden dæmning. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



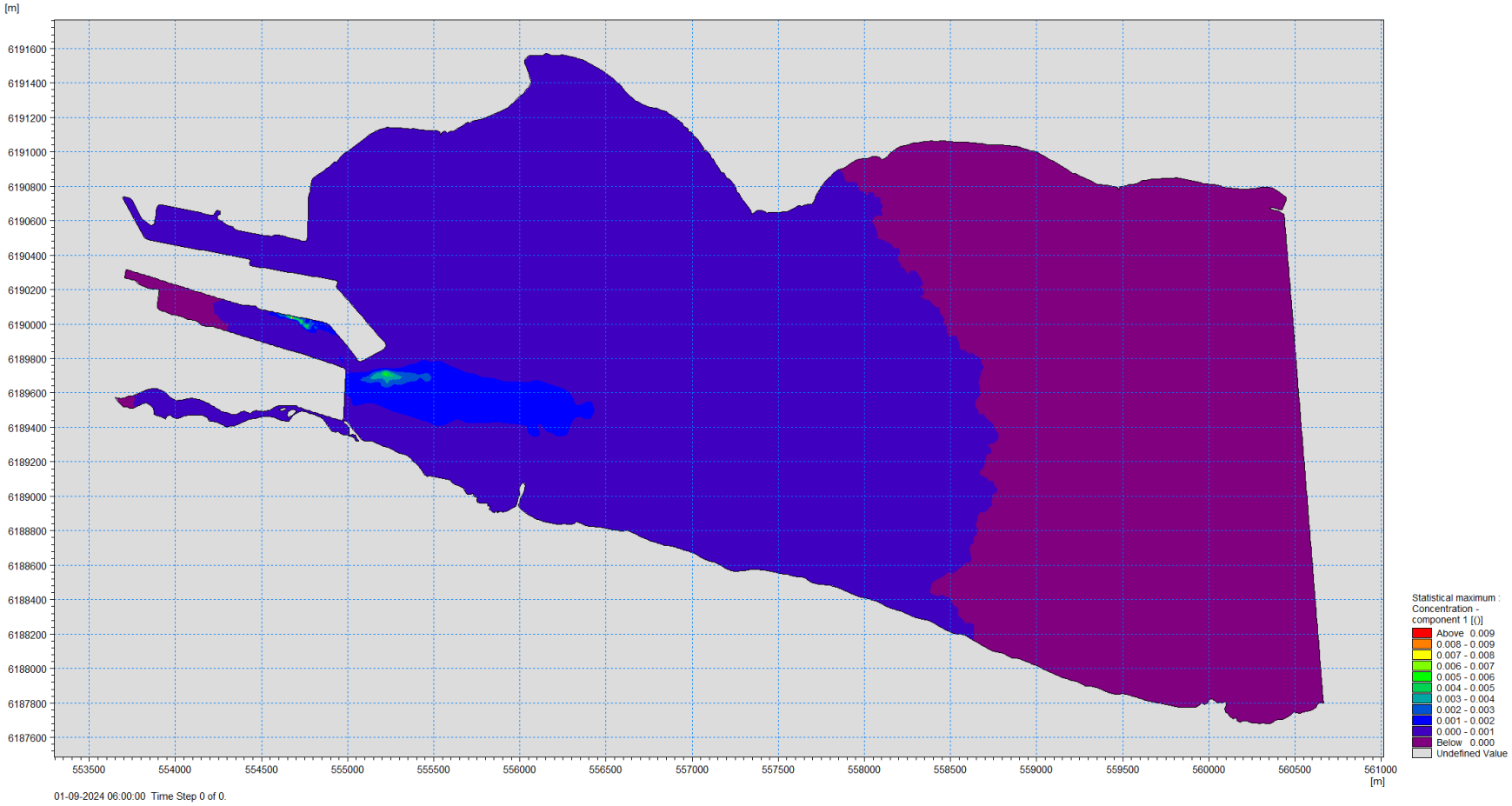
Figur 4-15 Middel koncentration af tracer fra Bygholm Å og Dagnæs Bæk med dæmning. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



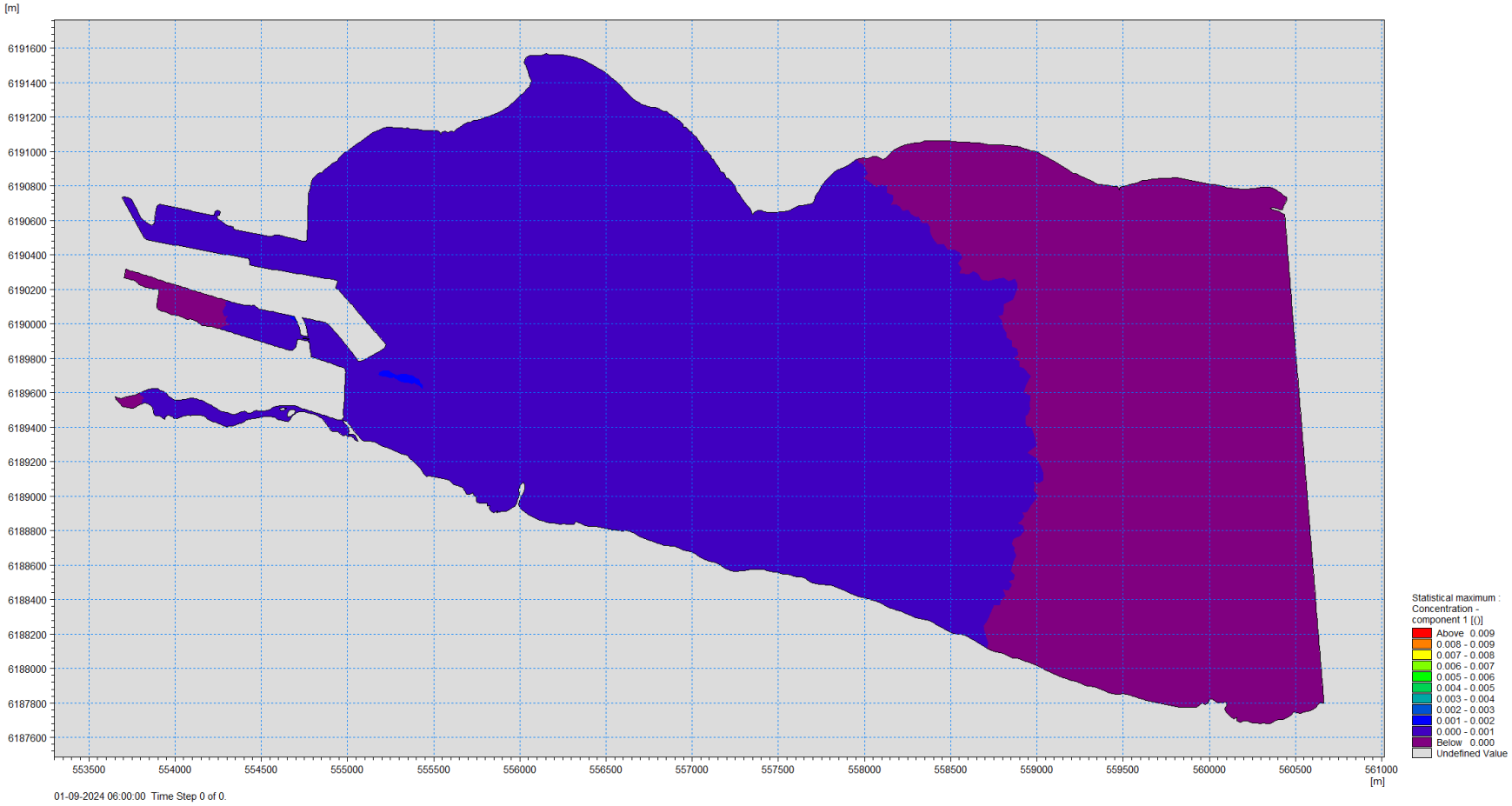
Figur 4-16 Middel koncentration af tracer fra Bygholm Å og Dagnæs Bæk uden dæmning. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



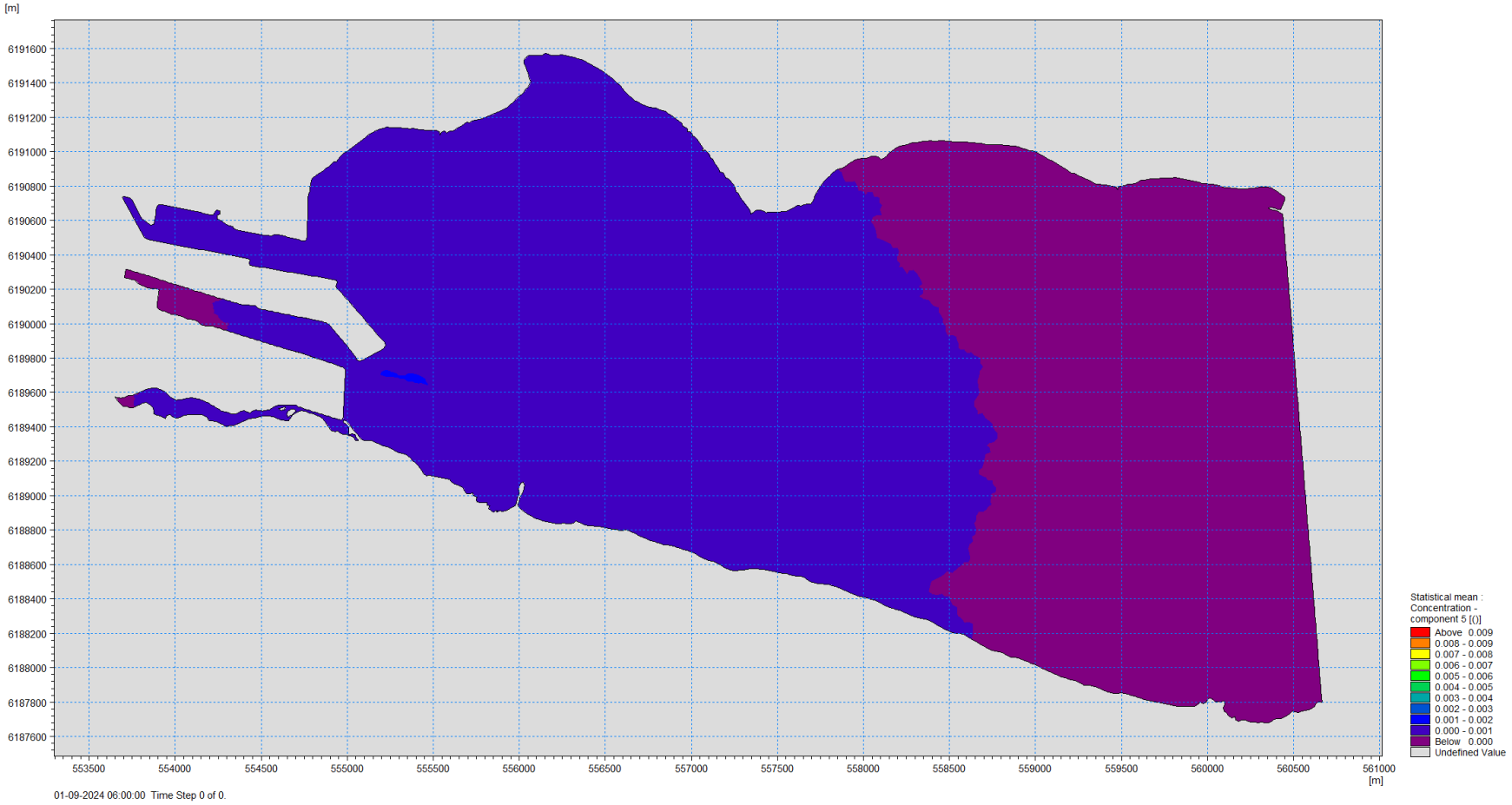
Figur 4-17 Maksimum koncentration af tracer fra regnvandsbassin 3 og 4 med dæmning. Års middel scenario.



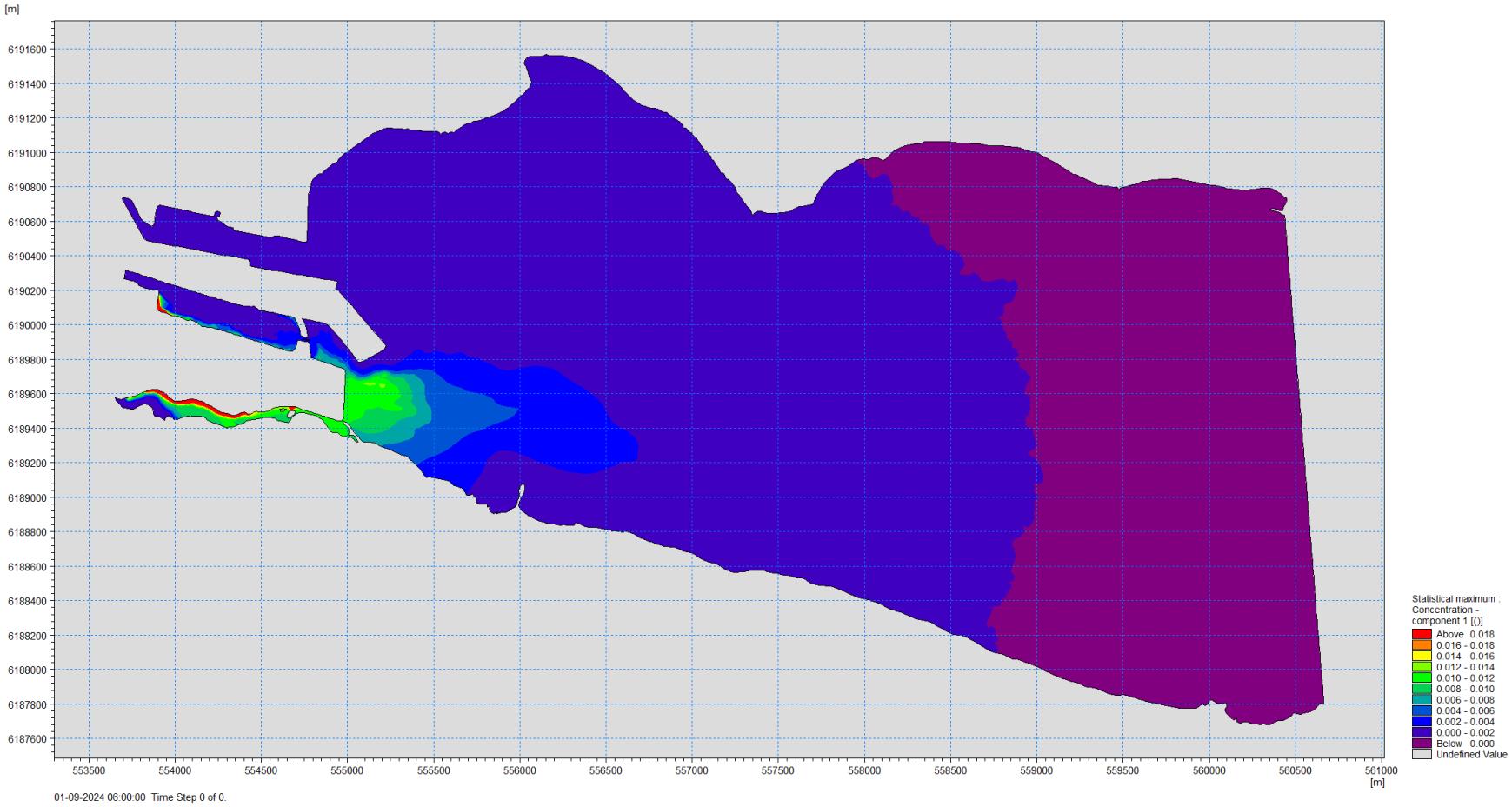
Figur 4-18 Maksimum koncentration af tracer fra regnvandsbassin 3 og 4 uden dæmning. Års middel scenario.



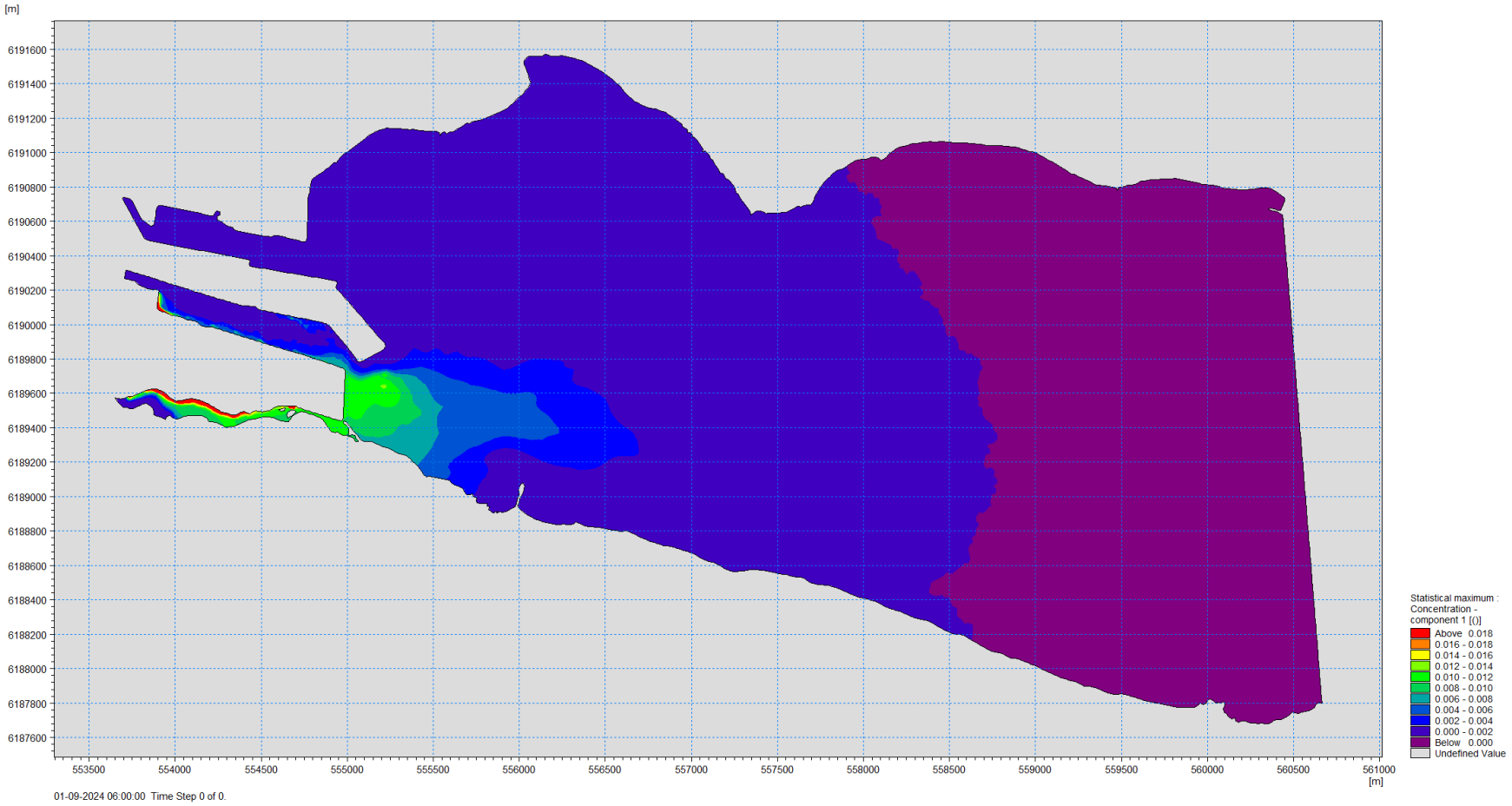
Figur 4-19 Middel koncentration af tracer fra regnvandsbassin 3 og 4 med dæmning. Års middel scenario.



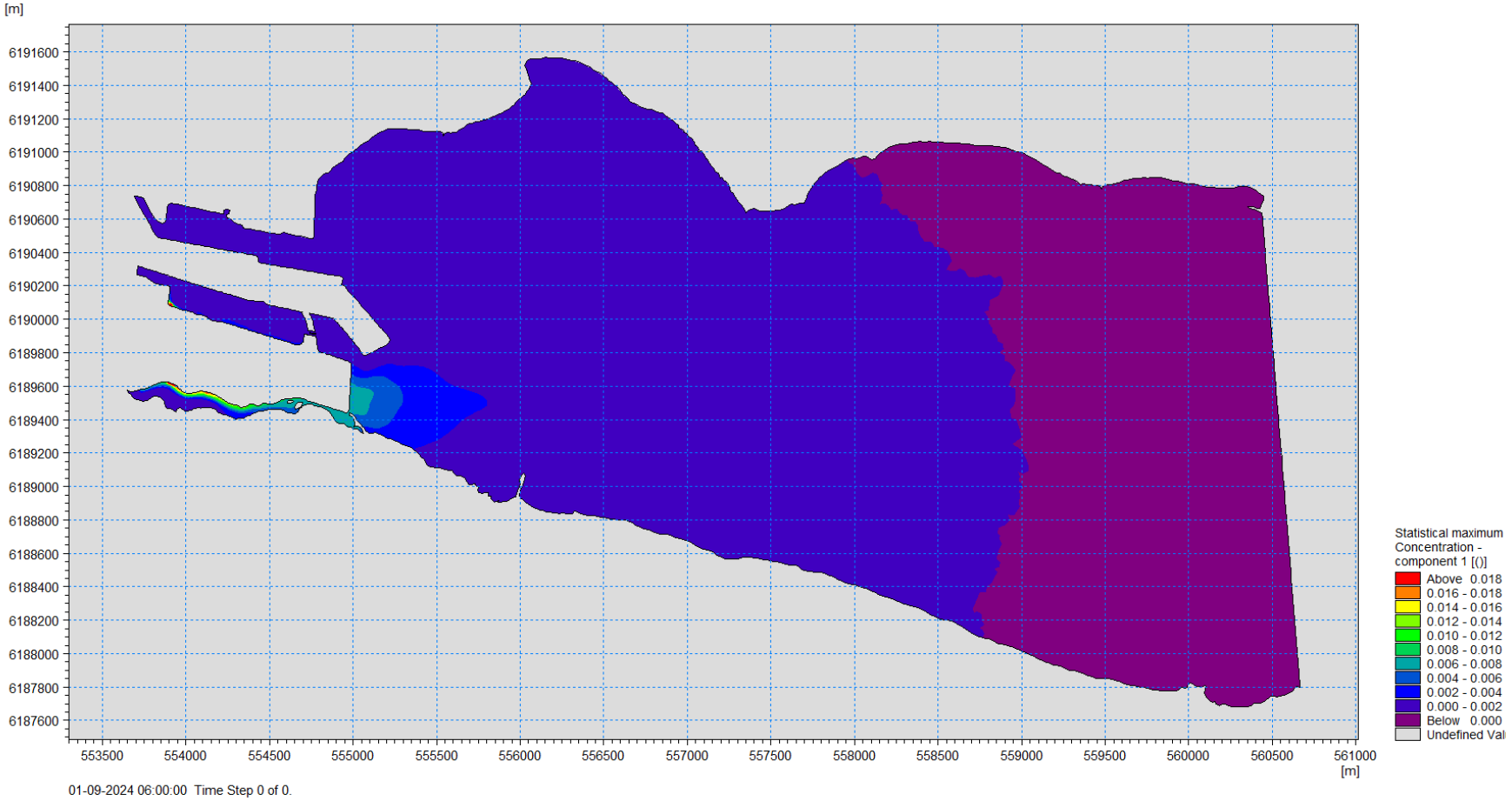
Figur 4-20 Middel koncentration af tracer fra regnvandsbassin 3 og 4 uden dæmning. Års middel scenario.



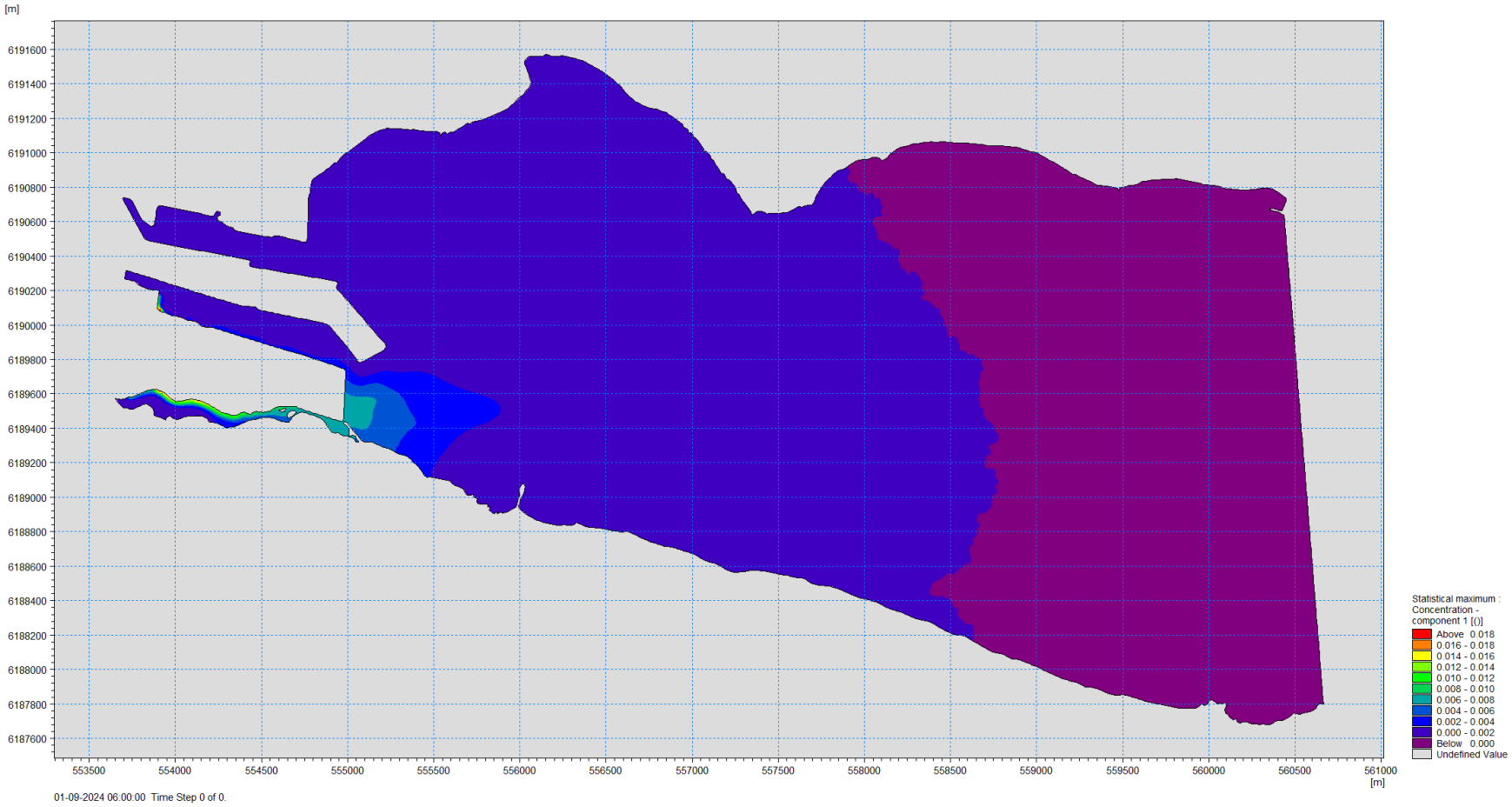
Figur 4-21. Maksimum koncentration af sporstof fra perkolat udsivning med dæmning fra deponi, fra Bygholm Å, Dagnæs Bæk og regnvandsbassin 3 og 4. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



Figur 4-22 . Maksimum koncentration af sporstof fra perkolat udsivning uden dæmning fra deponi, fra Bygholm Å, Dagnæs Bæk og regnvandsbassin 3 og 4. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



Figur 4-23 Middel koncentration af sporstof fra perkolat udsivning med dæmning fra deponi, fra Bygholm Å, Dagnæs Bæk og regnvandsbassin 3 og 4. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.



Figur 4-24 Middel koncentration af sporstof fra perkolat udsivning uden dæmning fra deponi, fra Bygholm Å, Dagnæs Bæk og regnvandsbassin 3 og 4. Års middel scenario. Bemærk ændret farveskala.

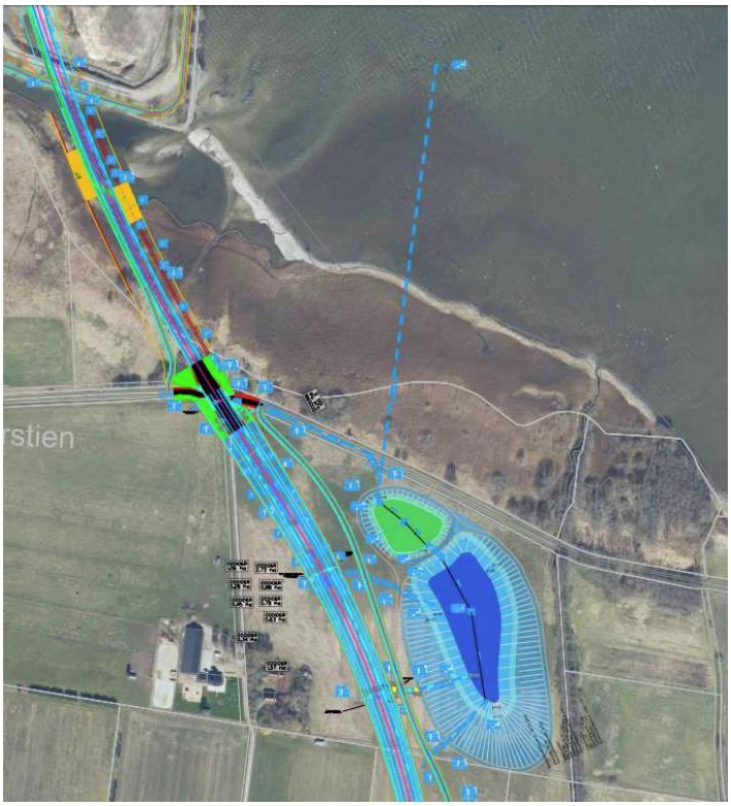
5 UDLEDNING FRA BASSIN 3 OG 4

5.1 FORMÅL

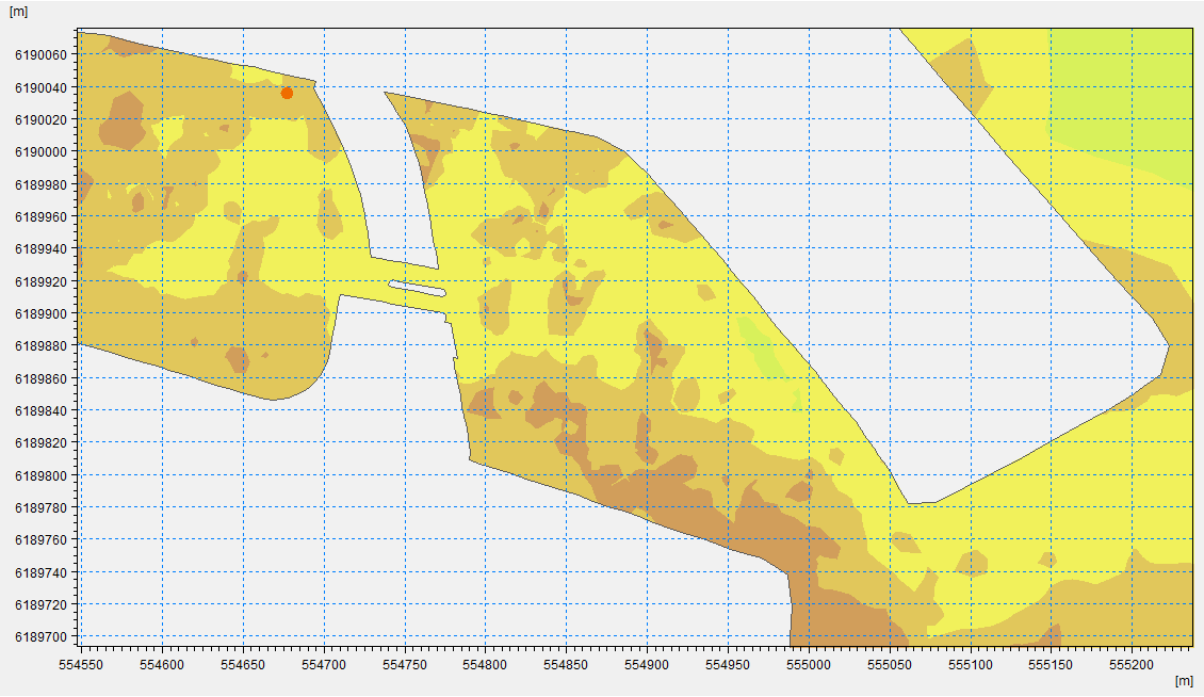
Som et tillæg til beregning af spredningen af perkolat i Horsens Fjord er der foreslået en beregning af spredningen af stoffer fra regnvandsbassin 3 og 4, der anlægges på hver side af Horsens Havn.

WSP har tidligere beskrevet udløbet fra regnvandsbassin 3 i notat [5]. Der er angivet den omtrentlige beliggenhed af udløbsledningen, som vist på Figur 5-1. Men længden af udløbet og dermed dybden, hvor ledningen udmunder, er ikke fastlagt. I den forbindelse er det vigtigt at bestemme en placering af udløbspunktet således, at der opnås en fortynding på 200 gange inden for rimelig afstand af udløbspunktet samtidig med, at det så vidt muligt undgås, at der sammenblandes miljøfremmede stoffer fra Bygholm Å og regnvandsbassinet.

Placeringen af udløbet fra regnvandsbassin 4 er kendt og vist på Figur 5-2. Det er placeret i den nordlige side af Horsens Havn på bagsiden af den nye dæmning.



Figur 5-1: Foreløbig placering af udløbsledning fra bassin 3. Figur er fra [5].



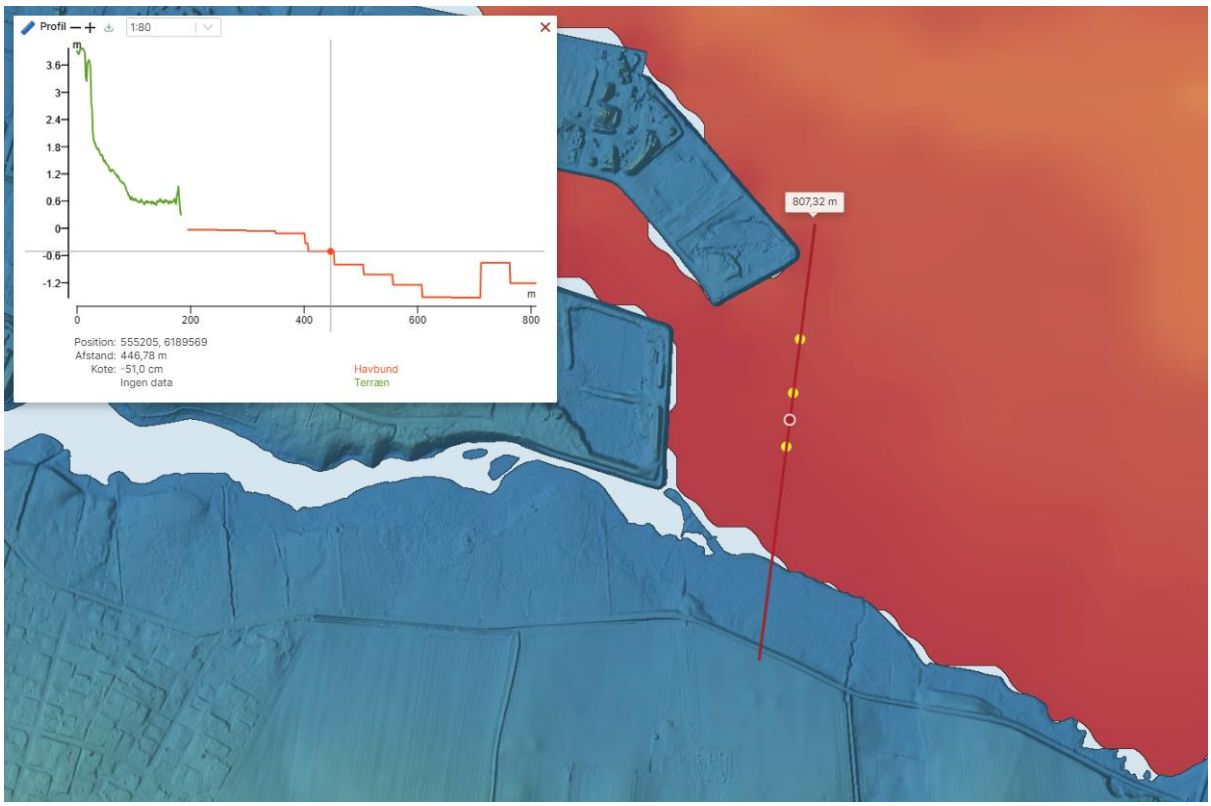
Figur 5-2: Placering af udløb fra regnvandsbassin 4, som placeret i modellen og vist som en rød prik øverst på figuren.

5.2 MODELSCENARIER

Der opstilles 3 scenarier til beregning af fortyndingen omkring udløbspunktet for regnvandsbassin 3 med varierende placering af udløbspunktet langs den foreslåede retning på udløbsledningen fra [5].

Som det fremgår af [5] er der nær udmundingen fra Horsens Havn en stejl skråning, hvor det giver mening at placere udløbspunktet. For at finde det fulde spænd på, hvilken indvirkning placeringen af udløbspunktet har, vælges toppen og bunden af skråningen samt midten af skråningen som placering af udløbspunktet for de 3 indledende scenarier.

Da der ønskes en minimumfortynding på 200 gange omkring udløbspunktet, regnes der for alle 3 indledende scenarier på sommerscenariet fra Tabel 3-1, hvor der er mindst opblanding pga. den lave strømning fra Bygholm Å.



Figur 5-3: Terræn/batymetri langs retningen for udløbsledningen. Grøn linje er terræn fra Danmarks højdemodel. Orange linje er batymetri fra Danmarks dybdemodel. De tre gule prikker angiver de valgte udløbspunkter til modelberegningerne.

Når udløbspunktet for regnvandsbassin 3 er fastlagt, laves der 4 beregninger ud fra scenarierne som beskrevet i Tabel 3-1. Som tilføjelse til de tidligere beregninger medtages der udledningen af stof fra regnvandsbassin 3 og 4 som en tracer med koncentration på 1 mg/l. Ud fra udleverede data fra Sweco oplyses, at der gennemsnitligt udledes 0,69 l/s fra regnvandsbassin 3 og 0,27 l/s fra regnvandsbassin 4. Dette er baseret på årsmiddelnedbøren.

5.3 MODELOPSÆTNING

Som ændringer til modelopstillingen beskrevet i afsnit 3 er der tilføjet 2 kilder, som angiver udledningen af stoffer fra regnvandsbassin 3 og 4. Placeringen af disse er som følger. Placeringen for kilde 3 ændres efter de 3 indledende scenarier:

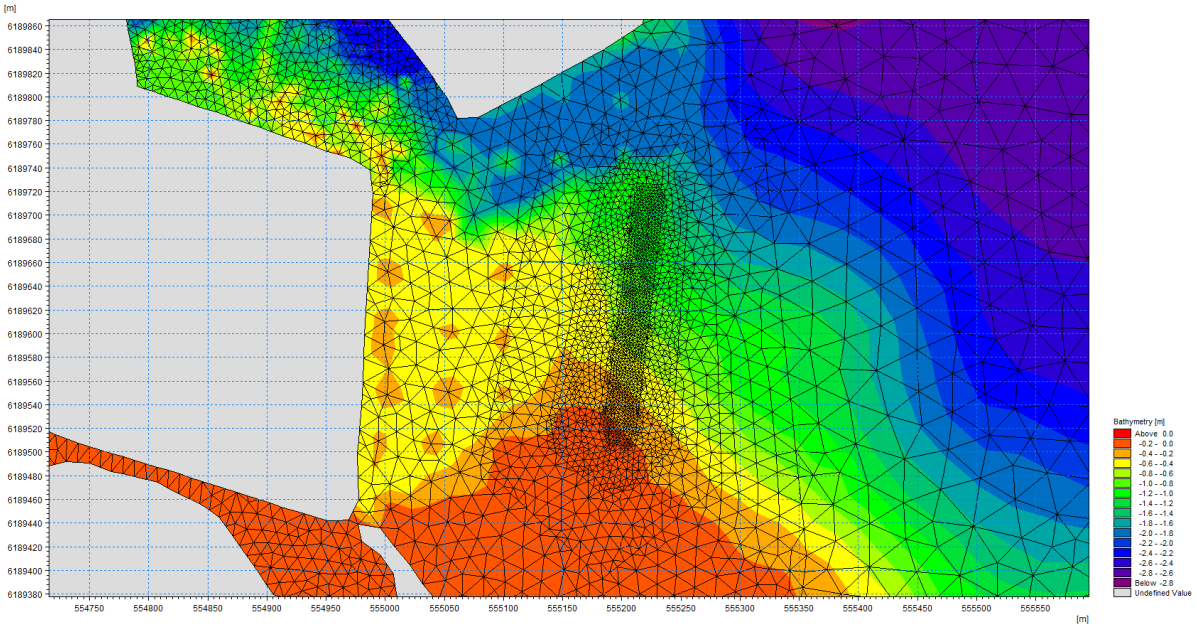
- Kilde 3 (scenarie 1) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555199 m
  - Y: 6189518 m
- Kilde 3 (scenarie 2) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555211 m
  - Y: 6189617 m
- Kilde 3 (scenarie 3) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555224 m
  - Y: 6189716 m

- Kilde 4 – Regnvandsbassin 4 (UTM 32):
    - X: 554677 m
    - Y: 6190036 m

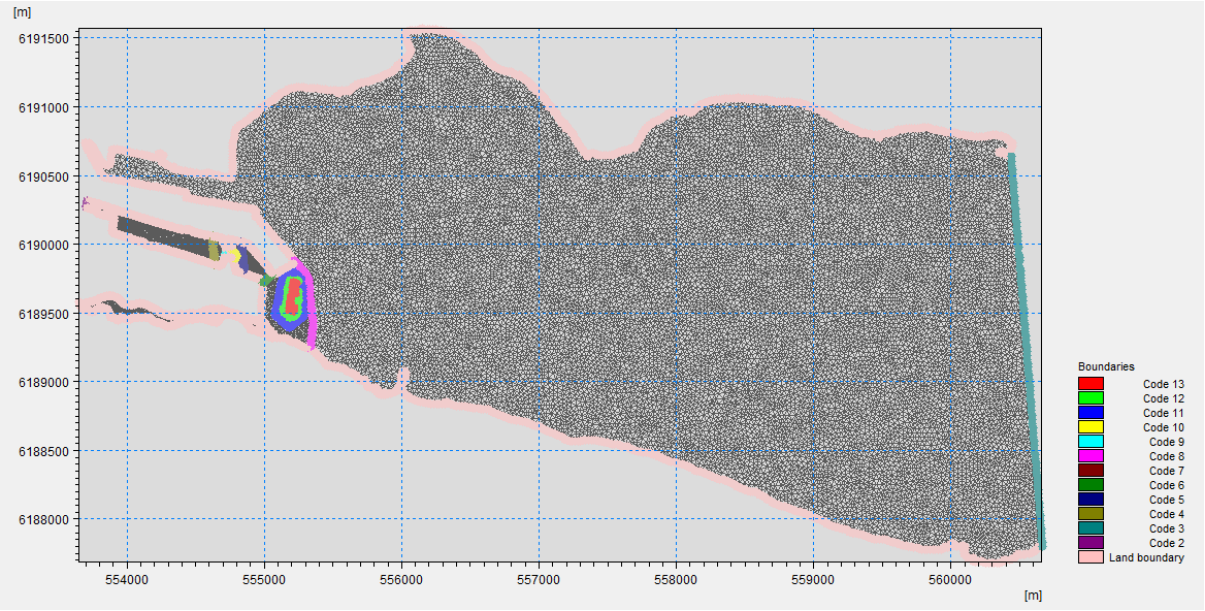
Derudover er modelnettet lokalt forfinet for mere præcist at kunne beskrive fortyndingen af stoffer omkring udledningspunktet for regnvandsbassin 3 bedre. Der sker en initial fortynding ved den celle, hvor udledningspunktet er placeret, derfor er det vigtigt at modelnettet er så fint som praktisk muligt omkring selve udløbe idet koncentrationen på 1 mg/l bliver opblandet i det fulde volumen ved den givne celle. Dermed har cellestørrelsen omkring udledningspunktet stor betydning for den endelige fortynding. Jo mindre celler ved udledningspunktet, jo mindre initial fortynding.

Det oprindelige net har haft store celler uden for Horsens Fjord, da de største hastigheder forekom igennem dæmningen, og den indre del af Horsens Fjord har været det mest interessante område for spredning af perkolat. Som set af Figur 5-4 er der varieret i cellestørrelsen fra de store celler i den ydre del af Horsens Fjord til området omkring udledningspunkterne for regnvandsbassin 3 for de 3 indledende scenarier. Inderst har cellerne en størrelse på omkring 5 m², hvorimod de længere ude har en størrelse på 200 m². Dermed vil den initiale fortynding være 40 gange mindre end, hvis simuleringen var opsat efter det oprindelige net

Modelrande for det nye net er vist i Figur 5-5.



Figur 5-4: Ændringer i modelnettet omkring det varierende udledningspunkt for regnvandsbassin 3.

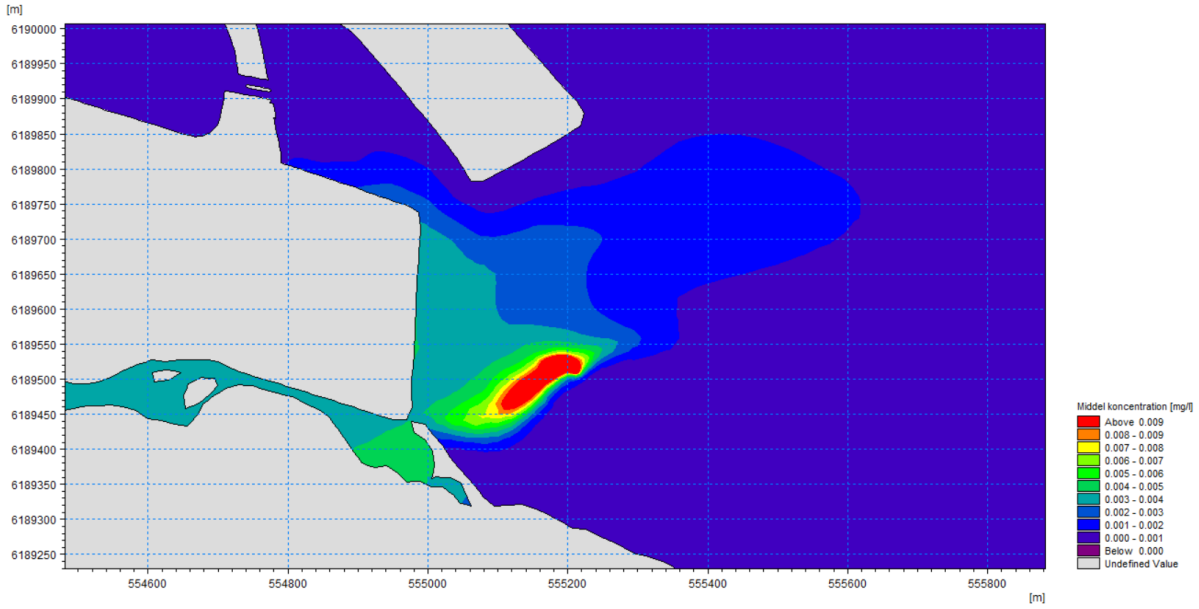


Figur 5-5: Fuld net opstilling med ændringer omkring udledningspunkt for regnvandsbassin 3. Der er tilføjet 3 ekstra modelrande, hvor vand frit kan løbe igennem. Dette er for at variere cellestørrelsen omkring udledningspunktet.

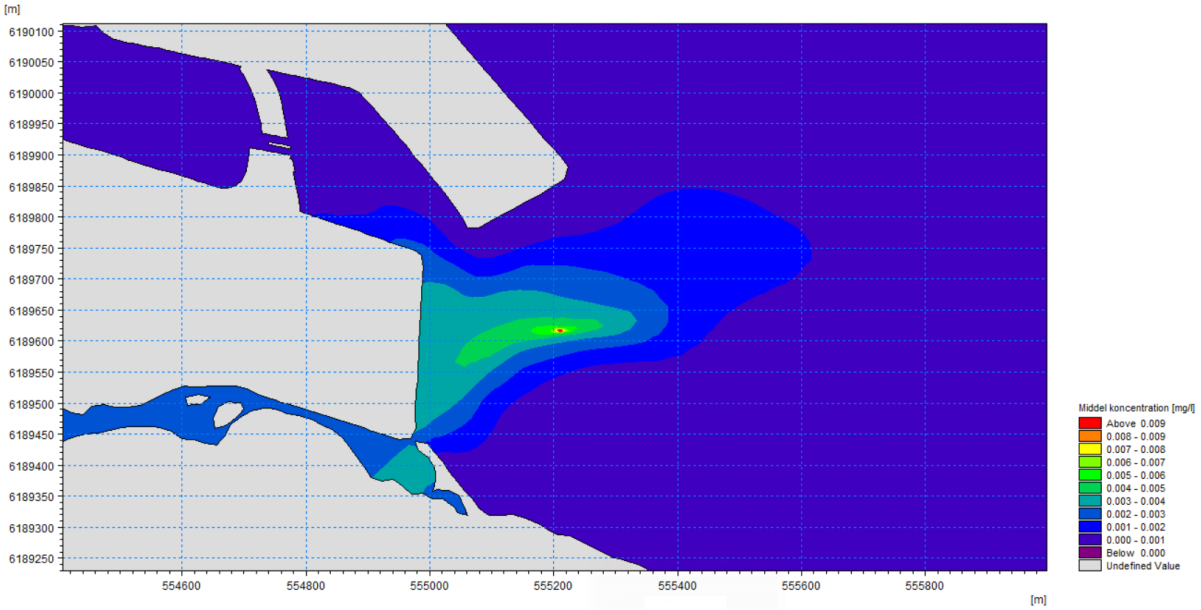
5.4 RESULTATER

Fra den samlede beregning på en måned er der udtrukket middelværdien for koncentrationen af tracer fra regnvandsbassin 3. På Figur 5-6, Figur 5-7 og Figur 5-8 vises fortyndingen af traceren fra regnvandsbassin 3 med varierende placering af udløbspunktet. Der ses, at der sker en større fortynding af traceren, jo længere ud udløbspunktet placeres. Desuden spredes traceren mere ved et udløbspunkt tættere på land.

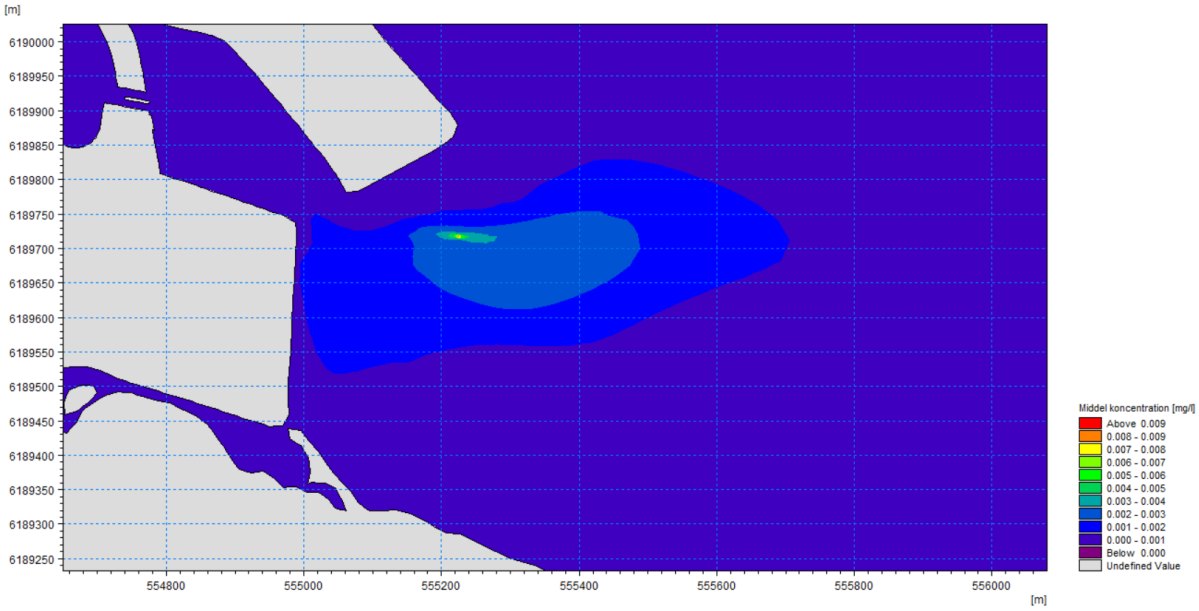
For sommerscenariet ses der også, at Horsens Havn bliver påvirket mest af et udløb tæt på land. Sammenholdes dette med resultaterne fra Figur 4-11og Figur 4-12for fortyndingen af perkolat for vinterscenariet med høj vandføring i Bygholm Å ses det, at der vil være en større sammenblanding af stoffer fra Bygholm Å og regnvandsbassin 3 ved, at udløbspunktet ligger tættere på land. Hvis udløbspunktet omvendt ligger ud for udmundingen af Horsens Havn vil der være en minimal sammenblanding, da perkolat vil lægge sig langs kysten i syd. Dette skal vurderes i forhold til omkostningerne ved at udlægge en længere udløbsledning.



Figur 5-6: Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 1 med placering af udløbspunkt tættes på land. Middelværdier er fundet over en periode på en måned. Min sommervandføring (0,3 m3/s) og tidevand.



Figur 5-7: Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 2 med placering af udløbspunkt midt på skråningen ud for Horsens Havn. Middelværdier er fundet over en periode på en måned. Min sommervandføring (0,3 m3/s) og tidevand.



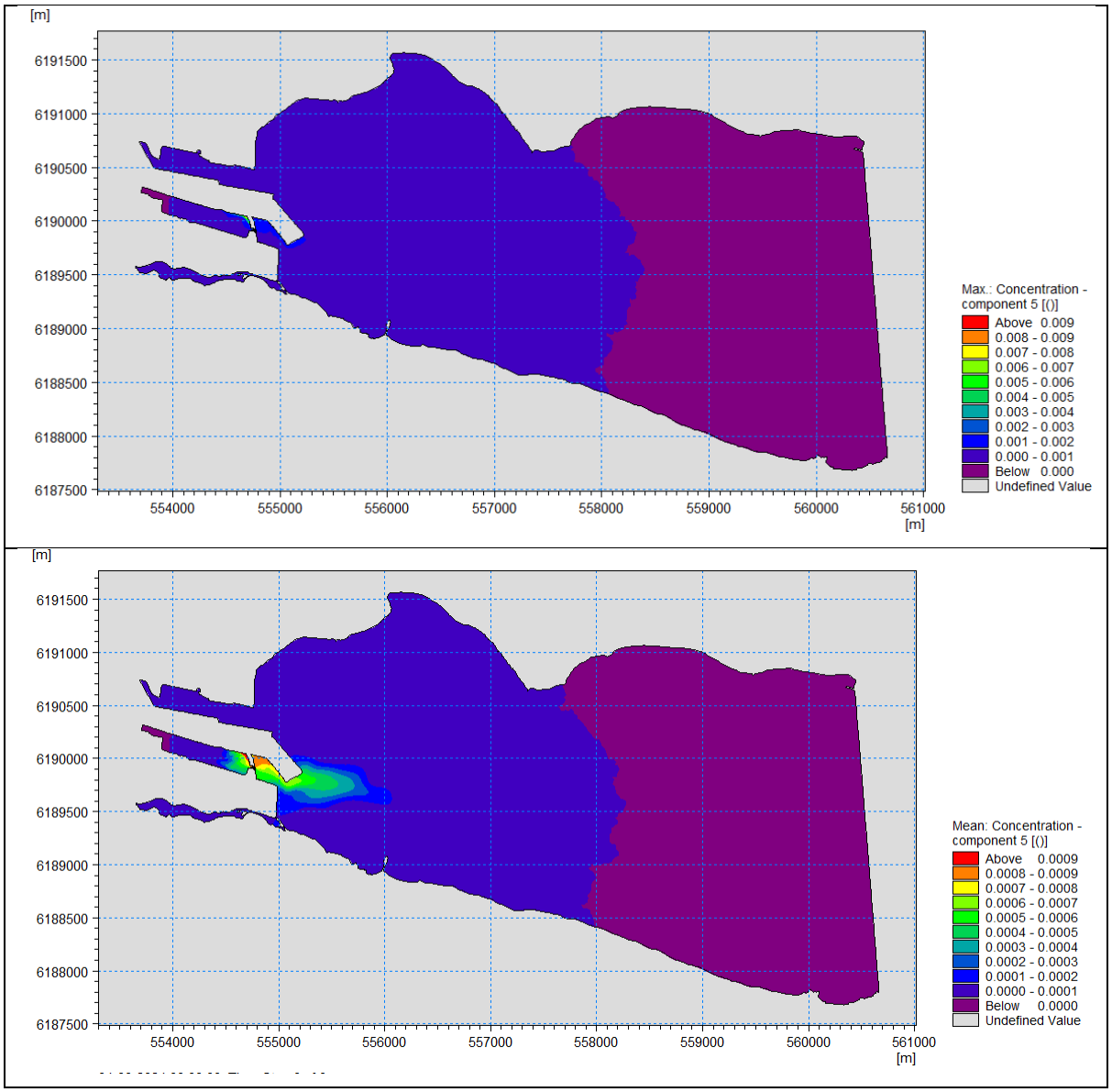
Figur 5-8: Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 3 med placering af udløbspunkt længst væk fra land. Middelværdier er fundet over en periode på en måned. Min sommervandføring (0,3 m3/s) og tidevand.

Ud fra middelværdierne for tracer fra regnvandsbassin 3 er der fundet den grænse omkring udløbspunktet, hvor stofferne fortyndes 200 gange. Dette er vist i Figur 5-9. Der er en betydelig fane omkring udløbspunktet, som ligger tættest på land, der kan nå 189 m væk fra udløbspunktet. Ved at placere udløbspunktet længere væk kan man komme ned på at der fortyndes 200 gange inden for hhv. 48 m og 11 m. Desuden kommer fanen til at bevæge sig primært i øst-vestlig retning, hvorimod udløbspunktet tættest på land trækker en fane mod sydvest ind mod land.



Figur 5-9: Udbredelsen af tracer med koncentration over 0,005 mg/l, som sætter grænsen for 200 gange fortynding. Der er vist for scenarie 1-3 mht. placering af udløbspunkt for regnvandsbassin 3. På figuren er vist den strækning udbredelsen længst kommer fra udløbspunktet.

Sammen med beregningerne for bassin 3 er der også fundet max- og middelværdier for udledningen fra bassin 4. Figurer over fortyndingen af tracer fra bassin 4 er vist i Figur 5-10. Der ses, at regnvand holder sig primært inden for havneområdet, og på samme måde som for perkolat i Figur 4-6 når middelkoncentrationerne et stykke ud fra havneudmundingen. Dog er koncentrationerne uden for havnen af traceren fra bassin 4 lavere end for regnvandet fra bassin 3, for alle scenarier af placeringen af udløbsledningen.



Figur 5-10 Fortynding af tracer for bassin 4 over en periode på en måned for sommerscenariet. Øverst maxværdi, nederst middelværdi. OBS! bemærk at koncentrationsskalaen er formindsket med en faktor 10 for middelværdierne på grund af den større fortynding.

5.5 VALG AF UDLØBSPUNKT FRA BASSIN 3 TIL ENDELIGE FORTYNDINGSBEREGNINGER

5.5.1 MODELSCENARIER

Der opstilles 3 scenarier til beregning af fortyndingen omkring udløbspunktet for regnvandsbassin 3 med varierende placering af udløbspunktet langs den foreslåede retning på udløbsledningen.

Gennemsnitligt udledes 0,69 l/s fra regnvandsbassin 3. Der er regnet med en enhedstracer med koncentrationen 1mg/l i udløbsvandet.

5.5.2 MODELOPSÆTNING

Som ændringer til modelopstillingen beskrevet i afsnit 3 er der tilføjet 2 kilder, som angiver udledningen af stoffer fra regnvandsbassin 3 og 4. Placeringen af disse er som følger. Placeringen for kilde 3 ændres efter de 3 indledende scenarier:

- Kilde 3 (scenarie 1) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555199 m
  - Y: 6189518 m
- Kilde 3 (scenarie 2) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555211 m
  - Y: 6189617 m
- Kilde 3 (scenarie 3) – Regnvandsbassin 3 (UTM 32):
  - X: 555224 m
  - Y: 6189716 m

- Kilde 4 – Regnvandsbassin 4 (UTM 32):
  - X: 554677 m
  - Y: 6190036 m

Derudover er modelnettet lokalt forfinet for mere præcist at kunne beskrive fortyndingen af stoffer omkring udledningspunktet for regnvandsbassin 3 bedre.

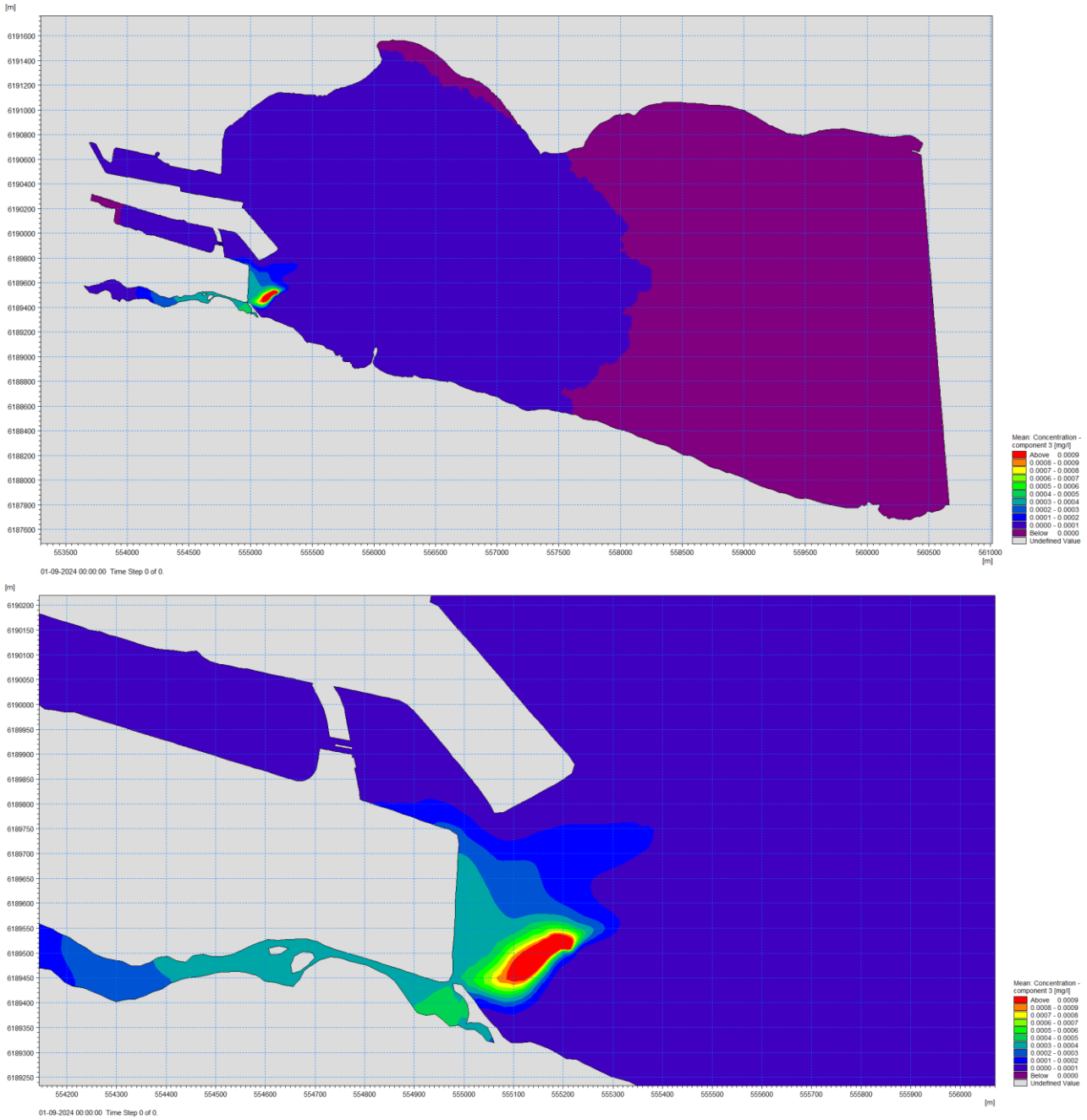
Der er anvendt et hydrodynamisk scenarie som svarer til et års gennemsnit. Simuleringen er kørt over 1 måned med vandstandsvariationer som vist på Figur 3-7

Der opstår ret hurtigt en steady state situation hvor tracerens koncentration ikke længer stiger som funktion af tiden. Derfor kan der med god tilnærmelse anvende et scenarie med en længde på 30 dage.

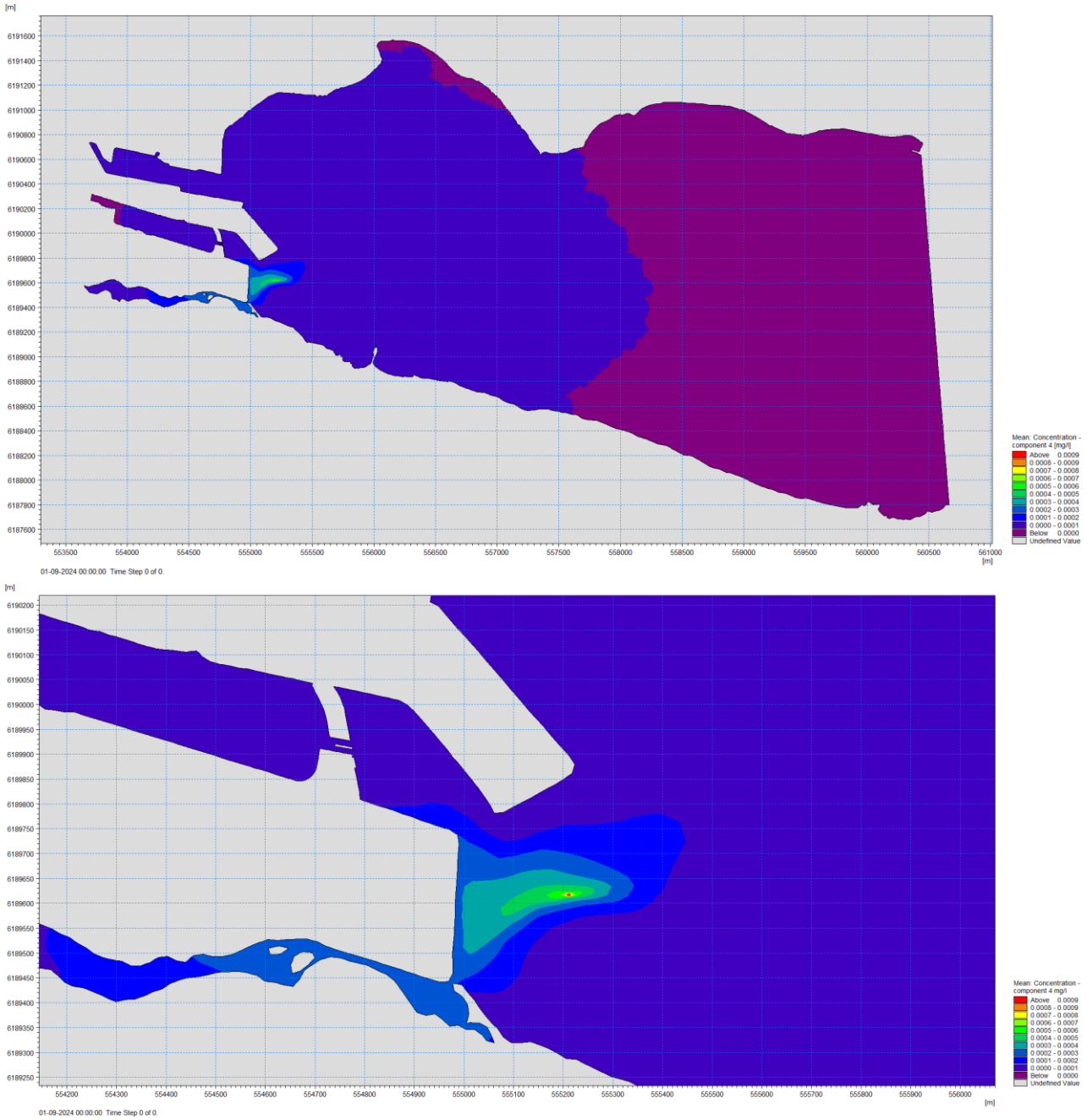
5.5.3 RESULTATER

Fra den samlede beregning på en måned er der udtrukket slut værdien for koncentrationen af tracer fra regnvandsbassin 3 efter 30 dage. På Figur Figur 5-6, Figur 5-7 og Figur -4 vises fortyndingen af traceren fra regnvandsbassin 3 med varierende placering af udløbspunktet. Der ses, at der sker en større fortynding af traceren, jo længere ud udløbspunktet placeres. Desuden spredes traceren mere ved et udløbspunkt tættere på land. På baggrund af ovenstående er udløbspunkt vist på Figur 3-8 og med koordinaterne X: 555199 m, Y: 6189518 m valgt af Horsens Kommune.

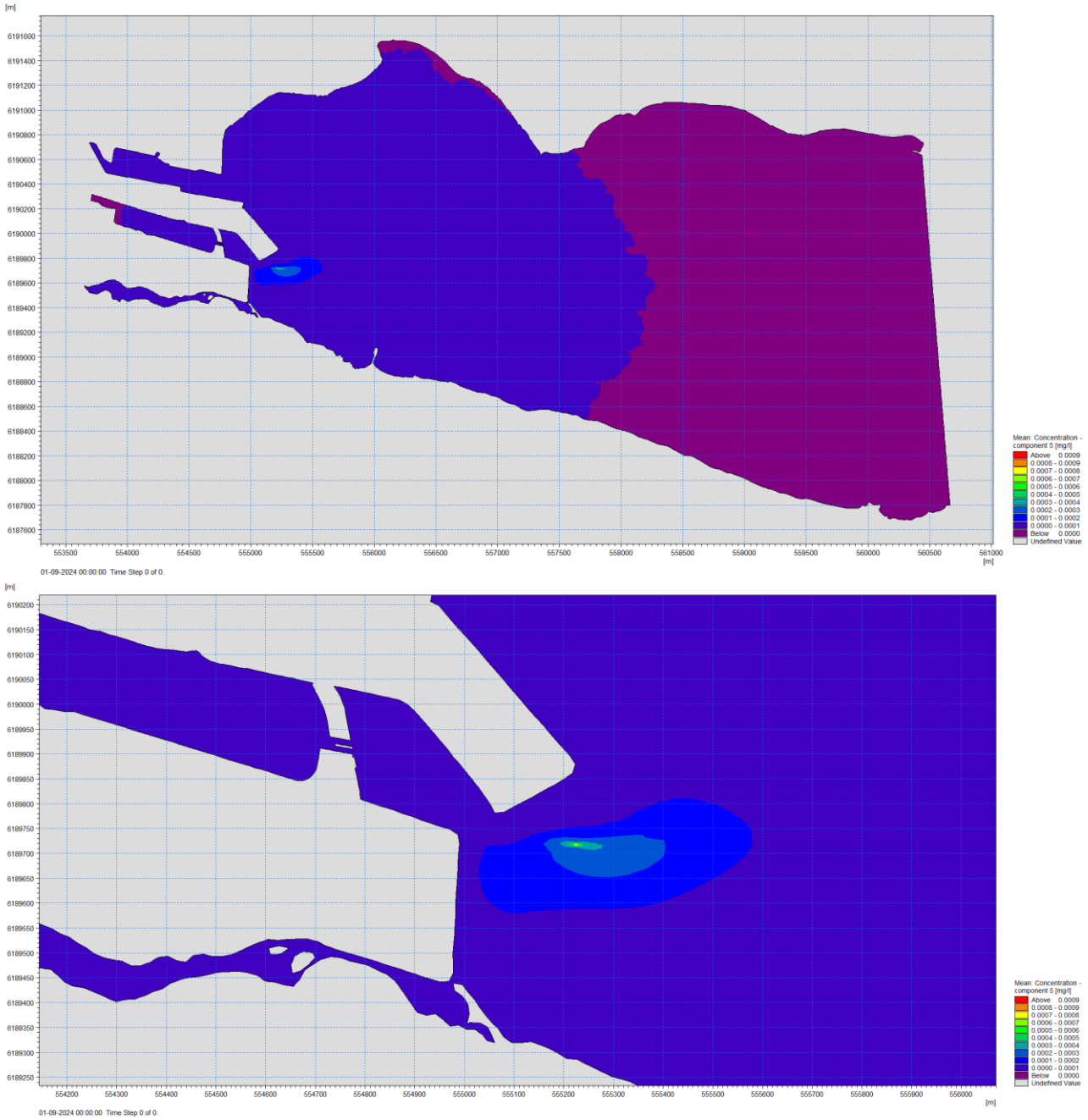
o Y: 6189518 m



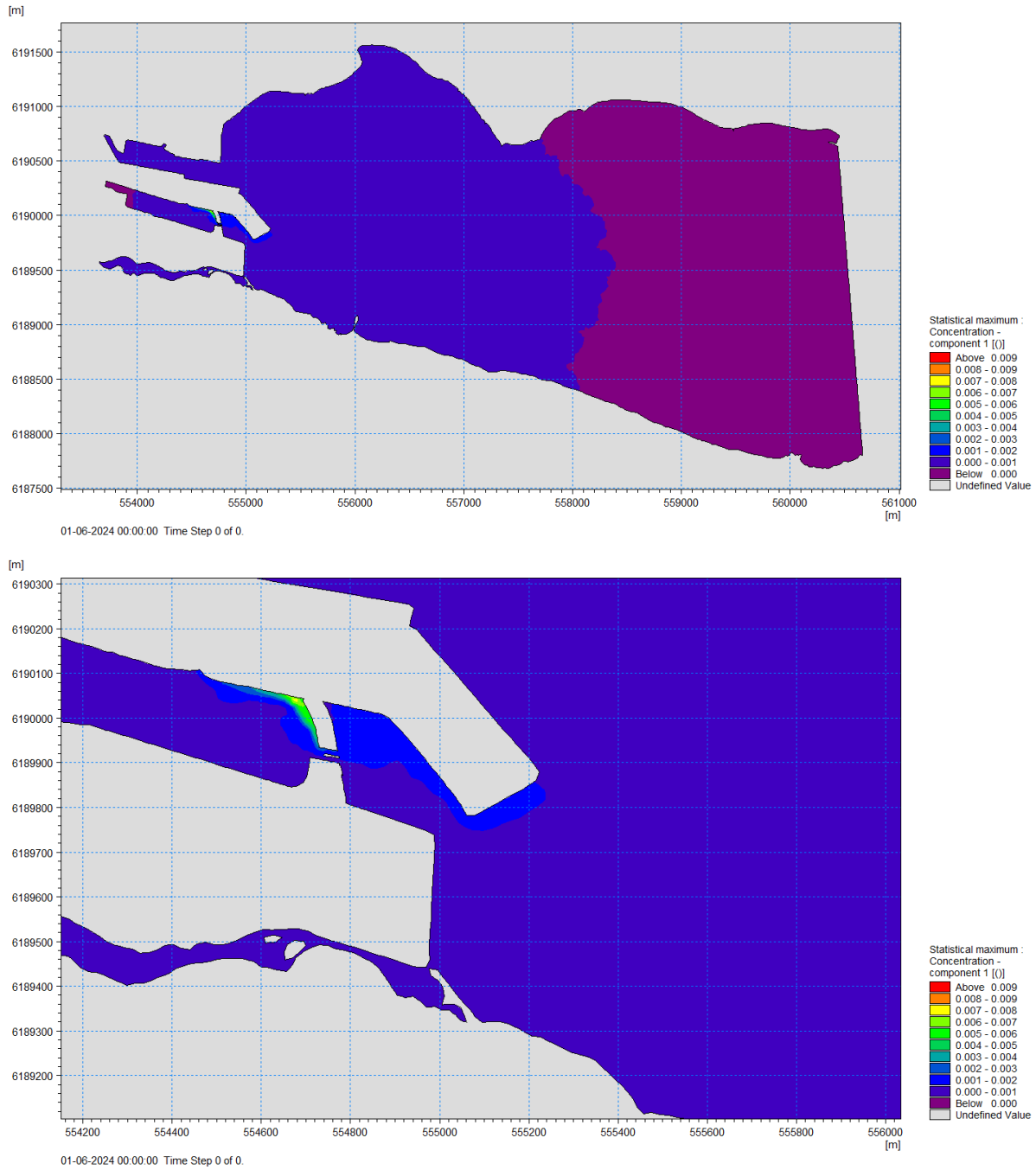
Figur 5-11 Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 1 med placering af udløbspunkt tættest væk fra land. Øverst det fulde billede nederst et zoom.



Figur 5-12 Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 2 med placering af udløbspunkt midt på skråningen ud for Horsens Havn. Øverst det fulde billede nederst et zoom.



Figur 5-13 Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 3 for scenarie 1 med placering af udløbspunkt længst væk fra land. Øverst det fulde billede nederst et zoom.



Figur 5-14 Middelværdier for fortynding af en tracer fra regnvandsbassin 4 Øverst det fulde billede nederst et zoom.

6 REFERENCER

[1] Orbicon | WSP, Ringvej Syd - Flowmodellering af indre Horsens Fjord ved udløbet af Bygholm Å, 2020.

[2] DHI, »MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM,« 2017. [Online]. Available: https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_FM_HD_2D.pdf.

[3] DHI, »MIKE 21 & MIKE 3 Flow Model FM, transport module,« 2017. [Online]. Available: https://manuals.mikepoweredbydhi.help/2017/Coast_and_Sea/MIKE_FM_TR_2D.pdf.

[4] Orbicon | WSP, Miljøkonsekvensrapport Ringvej Syd, etape 2 og 3, 2020.

[5] WSP, Udløbsledning fra Bassin 3, 2024.

[6] Orbicon , C2C CC - C14 Sikring af Horsens By imod oversvømmelse, 2019.