



Atmosfärsdeposition och retentionsberäkningar i SMED-HYPE

Johanna Tengdelius Brunell, SMHI

Joel Dahné, SMHI

Charlotta Pers, SMHI

Avtal: 4-2013-7

På uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten

Publicering: www.smed.se
Utgivare: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
Adress: 601 76 Norrköping
Startår: 2006
ISSN: 1653-8102

SMED utgör en förkortning för Svenska MiljöEmissionsData, som är ett samarbete mellan IVL, SCB, SLU och SMHI. Samarbetet inom SMED inleddes 2001 med syftet att långsiktigt samla och utveckla den svenska kompetensen inom emissionsstatistik kopplat till åtgärdsarbete inom olika områden, bland annat som ett svar på Naturvårdsverkets behov av expertstöd för Sveriges internationella rapportering avseende utsläpp till luft och vatten, avfall samt farliga ämnen. Målsättningen med SMED-samarbetet är främst att utveckla och driva nationella emissionsdatabaser, och att tillhandahålla olika tjänster relaterade till dessa för nationella, regionala och lokala myndigheter, luft- och vattenvårdsförbund, näringsliv m.fl. Mer information finns på SMEDs hemsida www.smed.se.

Innehåll

INNEHÅLL	4
SAMMANFATTNING	5
INLEDNING	6
SYFTE	7
BAKGRUND	8
METODIK	9
Anpassning av atmosfärsdeposition	9
Anpassning av HYPE-koden i SMED-HYPE	9
Deposition av fosfor	9
Deposition av kväve	10
Retentionsberäkningar	10
Retentionen i SMED-HYPE	10
SAP-HYPE	12
RESULTAT	14
Anpassning av atmosfärsdeposition	14
Torrdeposition SRP (löst fosfor)	14
Torrdeposition IN (oorganiskt kväve)	15
Våtdeposition IN (oorganiskt kväve)	15
Retentionsberäkningar	16
DISKUSSION	20
KÄLLFÖRTECKNING	21

Sammanfattning

En följd av SMED Vattens anpassningar till beräkningar i finare geografisk skala är att ersätta HBV-NP-modellen med HYPE-modellen. I syfte att bibehålla samma noggrannhet och upplösning i framförallt beräkningen av läckaget från jordbruksmark jämfört med den äldre metoden har HYPE-modellen anpassats så att markläckaget (kväve och fosfor) motsvarar det som användes i HBV-NP-modellen. Denna anpassade modell kallas SMED-HYPE.

För att SMED-HYPE ska kunna hantera atmosfärsdeposition på motsvarande sätt som den tidigare beräkningsmetoden, behöver HYPE-modellen anpassas ytterligare. Modellen förändras så att atmosfärsdepositionen bara sker på en markklass, *sjö*. Detta eftersom atmosfärsdepositionen på övriga markklasser kommer in implicit genom läckagekoefficienterna. Modellen måste även anpassas till att hantera månadsvis atmosfärsdeposition på sjöar, vilket HBV-NP tidigare hanterade.

Under utvecklingen av SMED-HYPE kopplades det markläckage som HYPE beräknar bort. Förändringen innebar att SAP (Source Apportionment Program)-HYPE inte får tillgång till all den information som krävs för att beräkna retentionen. För att SAP-HYPE ska kunna beräkna retentionen krävs att kopplingar från de nya markläckagen (typhalter och läckagekoefficienter) upprättas.

SMED-HYPE och SAP-HYPE har anpassats med avseende på retentionssammansättning och atmosfärsdeposition, så att hanteringen påminner om den i HBV-NP i så stor utsträckning som möjligt. De resultat som modellberäkningarna ger har kontrollerats för att se att hanteringen sker på önskat sätt men någon annan utvärdering av resultaten har inte skett inom detta projekt. En större utvärdering av modellen i sin helhet genomförs istället inom ramen för projektet Validering av SMED-HYPE.

Inledning

I samband med krav på finare geografisk indelning har SMED Vatten genomfört en översyn av metodiken för de olika beräkningsstegen som ligger till grund för HELCOM PLC Periodical-rapporteringen. Beräkningsmetoden används även i den fördjupade uppföljningen av miljömålet ”Ingen övergödning”. En följd av anpassningar till finare geografisk skala är att ersätta HBV-NP-modellen med en SMED-anpassad variant av HYPE-modellen, eftersom HYPE till sin uppbyggnad är anpassad för ett stort antal beräkningsområden. Den nya modellen heter SMED-HYPE.

I syfte att bibehålla samma noggrannhet och upplösning i framförallt beräkningen av läckaget från jordbruksmark jämfört med den äldre metoden har SMED-HYPE anpassats så att markläckaget (kväve och fosfor) motsvarar det som användes i HBV-NP-modellen. Härigenom förenklas spårbarheten i de beräkningar, som ligger till grund för tidigare rapporteringar. Av samma anledning anpassas atmosfärsdepositionen i SMED-HYPE så att den efterliknar den som finns i HBV-NP.

Från modellberäkningen med SMED-HYPE erhålls avrinning, koncentration och transport av kväve och fosfor i avrinnande vatten. Belastningen av kväve och fosfor från olika källor såsom diffus belastning och punktkällor (bruttobelastning) är indata till modellen och avskiljningen (retentionen) som sker längst vattnets väg beräknas i SMED-HYPE.

Den genomsnittliga retentionen mellan två valda punkter i vattensystemet erhålls av SAP-HYPE (Source Apportionment Program-HYPE). SAP-HYPE är ett källfördelningsprogram som sammanställer bland annat retentionen. Markprocesserna i HYPE används inte i SMED-HYPE utan ersätts av externt beräknade läckagekoefficienter på motsvarande sätt som i HBV-NP. Förändringen bidrog till att SAP-HYPE inte erhöll den information som krävdes för retentionsberäkningarna.

HYPE är en högupplöst hydrologisk modell för modellering av vattenföring och vattenkvalitet. Den är anpassad att hantera ett stort antal beräkningsområden och är bland annat med avseende på detta en vidareutveckling i förhållande till HBV-NP.

S-HYPE är en modelluppsättning av HYPE som är framtagen och kalibrerad för Sverige inom ramen för vattenmyndigheternas vattenförvaltning. Områdesindelningen i S-HYPE baseras på SVAR (Svenskt Vattenarkiv).

SMED-HYPE är den modellversion som istället för att använda HYPE:s egna markläckageberäkningar använder typhalter och läckagekoefficienter enligt den metodik som SMED tar fram. SMED-HYPE är utvecklad utifrån HYPE version 4.3.1. Alla referenser till HYPE i rapporten avser denna version.

Syfte

Syftet är att anpassa SMED-HYPE-modellen så att atmosfärsdepositionen hanteras enligt den metodik som tidigare använts i samband med HELCOM PLC Periodical rapporteringar samt att synkronisera SAP-HYPE med SMED-HYPE så att retentionen erhålls.

Bakgrund

För att den uppdaterade modellen SMED-HYPE ska kunna hantera atmosfärsdeposition på motsvarande sätt som den tidigare beräkningsmetoden, behöver modellen anpassas. SMED-HYPE-modellen kompletteras så att atmosfärsdepositionen på en specifik markklass *sjö* inkluderas i beräkningen. I läckagekoefficienter och typhalter som används inom TBV (Tekniskt beräkningssystem Vatten) och beräknas utanför SMED-HYPE är atmosfärsdepositionen redan inkluderad. Detta gäller inte för sjöar och till viss del inte heller för hyggen. När det gäller hyggen används atmosfärsdepositionen som en parameter i beräkningen av typhalten men för markanvändningen sjö måste atmosfärsdepositionen tillföras separat. Därför görs en anpassning i SMED-HYPE så att månadsvis atmosfärsdeposition styrs till markanvändningen sjö på motsvarande sätt som i HBV-NP. Denna funktion saknas i HYPE.

Under utvecklingen av SMED-HYPE kopplades det markläckage som HYPE beräknade bort och ersattes av externt beräknade typhalter och läckagekoefficienter. Förändringen innebar att SAP (Source Apportionment Program)- HYPE inte fick tillgång till all den information som krävs för att sammanställa retentionen. För att SAP-HYPE ska kunna erhålla retentionen krävs att kopplingar från de nya markläckagen (typhalter och läckagekoefficienter) upprättas.

Metodik

Anpassning av atmosfärsdeposition

Anpassning av HYPE-koden i SMED-HYPE

Atmosfärsdepositionen av kväve och fosfor i SMED-HYPE anpassades för att så långt som möjligt efterlikna den deposition som används i HBV-NP-modellen. I och med det ersattes HYPE:s egna depositionsberäkningar. Den nya metodiken innebär förändringar i hur depositionen av kväve och fosfor anges och läses in i modellen men ingen förändring i processbeskrivningen.

Deposition av fosfor

Våtdepositionen av SRP (soluble reactive phosphorus) i HYPE har samma värde på alla markanvändningar, över hela landet och kan inte styras till endast *sjö*. Torrdepositionen av PP (particulate phosphorus) anges i [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$] medan våtdepositionen anges som en koncentration av SRP i enheten [$\mu\text{g}/\text{L}$]. Torrdepositionen av PP kan styras med avseende på markanvändning men då deposition av PP inte har använts i HBV-NP har detta inte kunnat utnyttjas. Inget årstidsberoende finns för fosfordepositionen förutom den som ges av nederbörden med vilken våtdepositionen multipliceras.

Deposition av fosfor i SMED-HYPE läggs på som torrdeposition av SRP (soluble reactive phosphorus) i enheten [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$]. Den anges separat för var och ett av delavrinningsområdena inom SMED-HYPE:s modelluppsättning. Ett långtidsmedelvärde, detsamma för hela uppsättningen om 0,011 [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$] används, vilket är detsamma som användes i HBV-NP under PLC5 (Brandt, m.fl., 2008). Eftersom värdet anges per delavrinningsområde finns det en möjlighet att låta fosfordepositionen variera i rummet i beräkningarna utförda med SMED-HYPE. Depositionen är styrd så att den endast faller på markanvändningen *sjö*. För övriga markanvändningar ingår depositionen i läckagekoefficienterna som är indata till modellen. Fosfordepositionen till *sjö* anges i den indatafil som innehåller information på delavrinningsområdesnivå, GeoData.txt, i kolumnen *lakesrp*.

Deposition av kväve

I HYPE finns möjligheten att lägga på kvävedepositionen både som torr- och våtdeposition, båda typerna avser depositionen av oorganiskt kväve. Våtdepositionen som anges som en koncentration [$\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$] multipliceras med nederbörden den aktuella dagen och läggs till alla markanvändningar. Torrdepositionen [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$], kan läggas på tre olika klasser som ska avspegla skillnaden i deposition på sjö, öppen mark och skog. Både våt- och torrdepositionen anges per delavrinningsområde men har ingen variation i tiden förutom den som ges av variation i nederbörden för våtdepositionen.

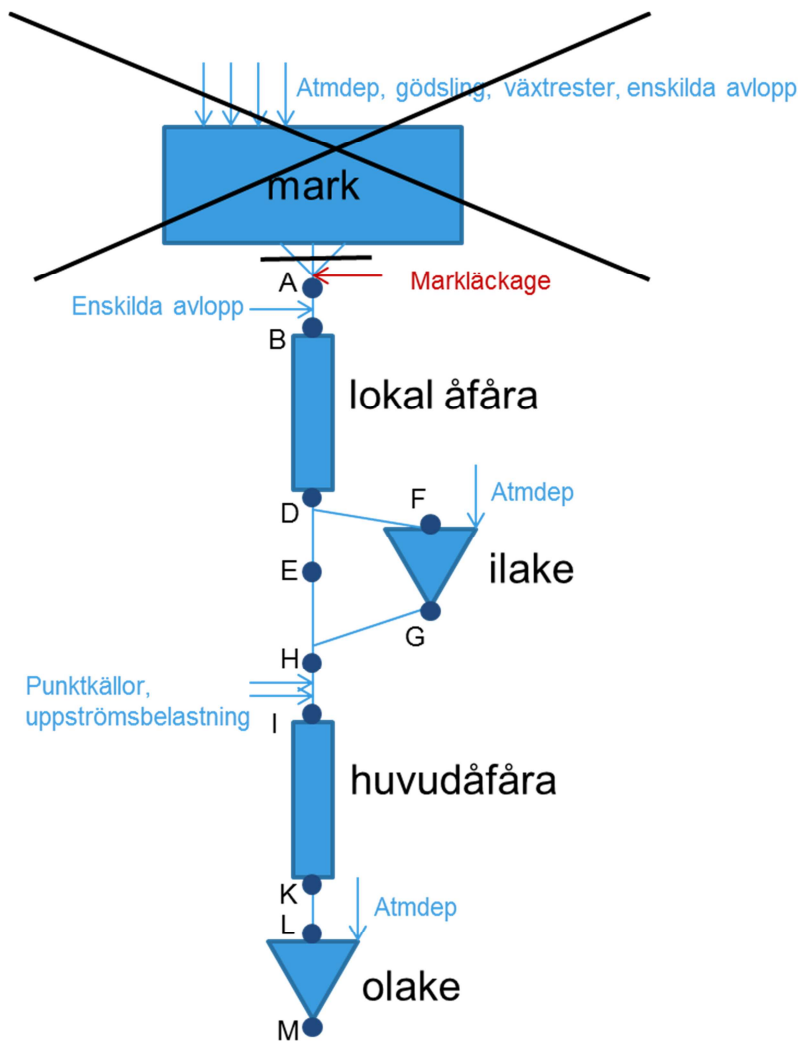
I SMED-HYPE finns två möjligheter för kvävedeposition; torr (oorganiskt kväve), och våt (oorganiskt kväve). Torrdepositionen läggs på som en mängd kväve per dag [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$], med en årsvariation beroende på månad (12 värden). Våtdepositionen, som också är månadsberoende, anges som en koncentration [$\mu\text{g}/\text{L}$] och blir därmed också beroende av nederbörds mängden. Båda typerna av kvävedeposition anges per delavrinningsområde. Depositionen är styrd så att den endast faller på markanvändningen *sjö*. Idag används inte våtdepositionen i beräkningarna med SMED-HYPE då både våt- och torrdeposition är sammanräknande på samma sätt som i HBV-NP och läggs på som torrdeposition. Mängden kväve som faller som deposition har en variation i rummet och varierar mellan 0,3 och 3,5 [$\text{kg}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{dag}^{-1}$] som årsmedel för de olika delområdena i modellen. Värdena anges i filen Geo-Data.txt i kolumnerna *lakedin_1* till *lakedin_12*, där 1-12 motsvarar de 12 månaderna.

Retentionsberäkningar

Retentionen i SMED-HYPE

I HYPE-koden sätts variabler med belastning vid olika punkter inom modellen, Figur 1. Dessa belastningar skrivs ut från HYPE och fungerar som indata till SAP-HYPE där källfördelning och retentioner beräknas. I SMED-HYPE används samma punkter men eftersom tidigare markberäkningar har nollställts med avseende på kväve och fosfor har tidigare koppling mellan befintliga belastningsvariabler och belastningar brutits. Belastningsvariablerna har på nytt tilldelats värden från de externt beräknade läckagekoefficienterna.

Figur 1 visar belastningar och transporter i SMED-HYPE inom ett delavrinningsområde. Bokstäverna som identifierar punkterna i transportkedjan är desamma som återfinns i HYPE-koden och i SAP-HYPE. I de blåa figurerna (boxar/trekanter) kan retention ske, men också produktion. I fall produktionen är större än retentionen kallas nettobelastningen för internbelastning.



Figur 1 Belastningar och transporter inom ett delområde i SMED-HYPE. Ilake är en intern sjö, här passerar all lokal avrinning. Olake är en utloppssjö där allt vatten samlas upp innan det lämnar området.

Markläckaget som beräknas i SMED-HYPE ersätter HYPE:s transport i punkt A (Figur 1). Kedjans transporter sparas i variabeln *Lpathway* och A motsvarar den första punkten i kedjan. Transporten i punkt A beräknas som:

$$Lpathway(1,:) = cin(:) * qin * seconds_per_timestep * 0.001$$

där *cin* och *qin* är de variabler i SMED-HYPE som innehåller det totala markläckaget. Den beräknas för den lokala åfåran och före adderandet av enskilda avlopp.

Övriga transporter i å-sjö-kedjan beräknas på samma sätt som i HYPE. I SMED-HYPE läggs allt utsläpp från enskilda avlopp i den lokala åfåran. I HYPE finns en funktion för att lägga delar av utsläppet från enskilda avlopp på marken men detta är inte intressant för beräkningarna med SMED-HYPE. I fallet då enskilda avlopp endast belastar åfåran behöver hanteringen inte ändras i SMED-HYPE.

Markläckaget beräknas till en summa av bidraget från de olika markanvändningarna innan de läggs till vattendraget. Det innebär att källfördelning, för de olika markanvändningarna inte är möjligt då belastningen hanteras som ett gemensamt läckage. I HBV-NP erhålls endast en avrinning per delavrinningsområde och det går inte att spåra från vilken markanvändning vattnet kommer.

SAP-HYPE

SAP-HYPE beräknar källfördelad belastning och retention för hela modellen (inklusive mark) och/eller för ytvatten. Det senare är aktuellt i detta fall.

Belastningen i de punkter som knyter samman SMED-HYPE och SAP-HYPE uppdaterades varpå retentionen på nytt kunde erhållas. Retention för varje belastning inom ett delområde hela vägen till POI (Point Of Interest, i detta fall havet) beräknas från lokala retentioner och summerad retention nedströms varje delområde till havet. Beroende på typ av belastning passeras olika många av de blå figurerna i Figur 1 och därför fås olika retention inom delområdet. Efter delområdets utlopp och till havet har alla källor lika stor ytterligare retention. Den retentionen motsvaras alltså av den totala retentionen som sker nedströms det aktuella delområdet.

Det finns 5 punkter inom ett delområde där retentionen beräknas för olika källor; markläckage och enskilda avlopp (Gr01 och rural), atmosfärsdeposition ilake (Gr02), punktkällor (Urban 1,2,3) och atmosfärsdeposition olake (Gr03) samt retentionen för den eventuella interna belastning som sker (Internal), se Tabell 1. I TBV användes två olika retentioner för kväve och en för fosfor i PLC5. TTS (Total To Sea) togs fram för kväveretentionen och motsvarade sträckan från utsläppen en bit upp på land till havet medan PLR (Pathdown+Lakes+River) beräknades för fosfor och kväve och motsvarade sträckan från och med att övrigt markläckage lades i vattendraget till att det nådde havet. I SMED-HYPE motsvarar alltså TTS retentionen för markläckage och enskilda avlopp, medan PLR motsvarar retentionen för punktkällor, se Figur 5.

För att kunna använda motsvarande uppdelning av retentionerna måste retentionen för atmosfärsdepositionen approximeras med retentionen för TTS och PLR. Retentionen för atmosfärsdepositionen kommer dock att beräknas och finnas tillgänglig i fall det blir aktuellt för att göra mer lokala studier. Även fast endast en retention har beräknats för fosfor tidigare är fosforberäkningarna i TBV förberedda för att kunna hantera två olika retentioner. Ekvationerna behöver därför inte skrivas om med avseende på förändringen.

Tabell 1 Retentioner i resultatfilen RetTWPOI_XXX.

Kolumnrubrik	Belastning vilken retentionen avser
Gr01	för alla markläckage
Gr02	för atmosfärsdeposition på sjö (på ilake)
Gr03	för atmosfärsdeposition på utloppssjö (olake)
Rural	för enskilda avlopp
Urban1	för avloppsreningsverk
Urban2	för dagvatten
Urban3	för industrier
Internal	för intern belastning i åar och sjöar

Resultat

Någon validering av ändringarna i modellen ingår inte i projektet. En större utvärdering av modellen i sin helhet genomförs istället inom ramen för projektet Validering av SMED-HYPE. Här redovisas ett urval av de tester som genomförts för att kontrollera att ändringarna från HYPE till SMED-HYPE fungerar som avsett.

Anpassning av atmosfärsdeposition

Testerna är genomförda i ett område som har tagits fram just för dessa tester. Området består av enbart *sjö* med en meters djup och en area på 1 km^2 , det existerar inget tillflöde till området. På området faller ett konstant regn 10 mm/dag och de biologiska och geokemiska processerna är avstängda. Exemplet är renodlat för att enkelt kunna kontrollera att depositionen hanteras rätt av SMED-HYPE.

Torrdeposition SRP (löst fosfor)

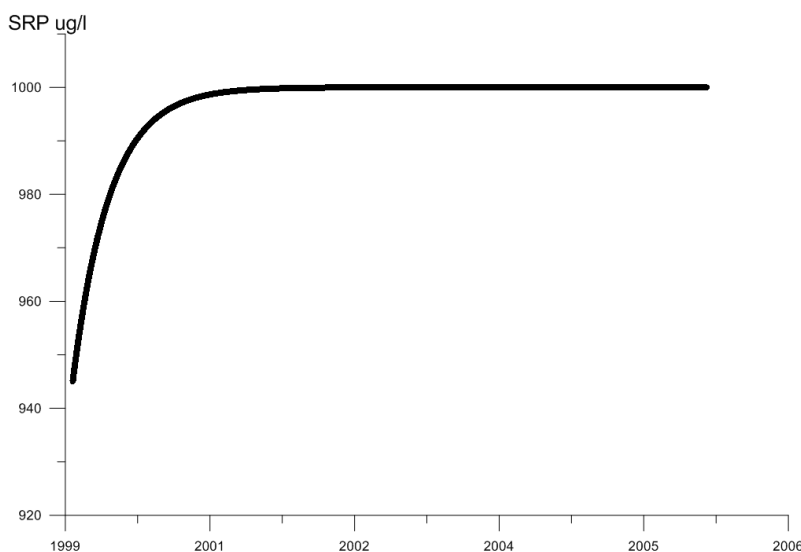
Depositionen sker i form av löst fosfor via nederbörd, här satt till $10 \text{ [kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{dag}^{-1}]$. Då området når sin jämvikt kommer koncentrationen ut från sjön vara den samma som koncentrationen som kommer till området vilket här motsvarar den angivna atmosfärsdepositions-koncentrationen i nederbörden. Denna ges som och beräknas till $1000 \text{ } \mu\text{g/l}$, se Figur 2.

$$\text{Volym}_{in} = \text{nederbörd} * \text{area}$$

$$10 \text{ mm} * 1 \text{ km}^2 = 10000 \text{ m}^3$$

$$\text{SRP}_{in} = 10 \text{ kg SRP/km}^2 \rightarrow 10000 \text{ } \mu\text{g/m}^3$$

$$\text{Koncentration} = \text{SRP}_{in}/\text{volym} = 1000 \text{ } \mu\text{g/l}$$



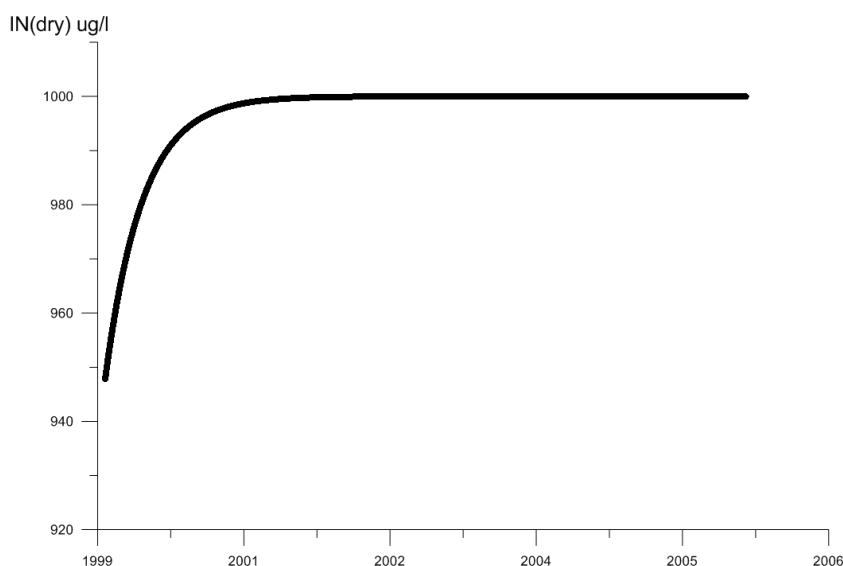
Figur 2 Koncentration simulerad med SMED-HYPE (1999-2006) i området utgående vatten. Då jämvikt har nåtts är koncentrationen $1000 \text{ } \mu\text{g/l}$.

Torrdeposition IN (oorganiskt kväve)

Depositionen sker i form av oorganiskt kväve via nederbörd, här satt till $10 \text{ [kg} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{dag}^{-1}]$. Då området når sin jämvikt kommer koncentrationen ut från sjön vara den samma som koncentrationen som kommer till området vilket här motsvarar den angivna atmosfärsdepositions-koncentrationen i nederbörden. Denna ges som och beräknas till $1000 \text{ } \mu\text{g/l}$, se Figur 3.

$$\begin{aligned} \text{Volym}_{in} &= \text{nederbörd} * \text{area} \\ 10 \text{ mm} * 1 \text{ km}^2 &= 10000 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

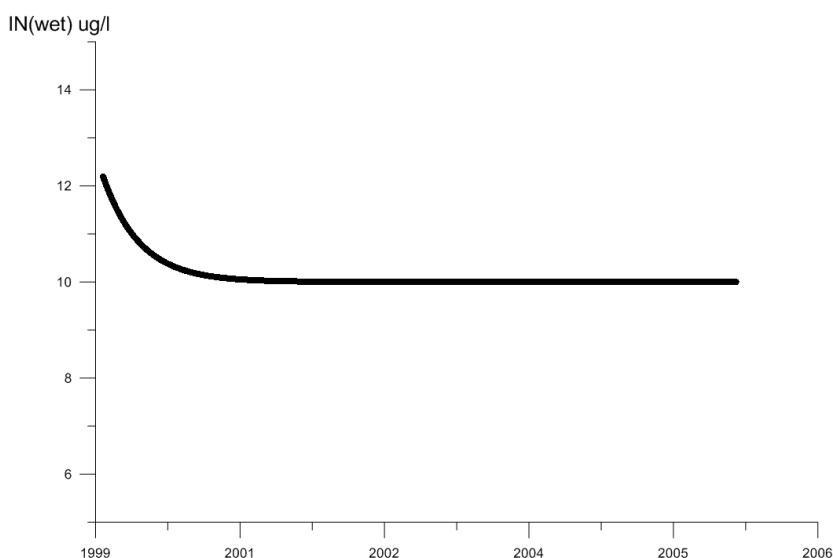
$$\begin{aligned} IN_{in} &= 10 \text{ kg IN/km}^2 = 10000 \text{ } \mu\text{g/m}^3 \\ \text{Koncentration} &= IN_{in}/\text{volym} = 1 \text{ } \mu\text{g/m}^3 = 1000 \text{ } \mu\text{g/l} \end{aligned}$$



Figur 3 Koncentration simulerad med SMED-HYPE (1999-2006) i området utgående vatten. Då jämvikt har nåtts är koncentrationen $1000 \text{ } \mu\text{g/l}$.

Våtdeposition IN (oorganiskt kväve)

Depositionen sker i form av oorganiskt kväve via nederbörd, här satt till $10 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$. Tanken är att sjön och utflödet ska få samma koncentration som regnet efter att jämvikt uppnåtts (då inget annat vatten når sjön). Koncentrationen i regnet och den beräknade koncentrationen i vattnet ut från sjön är $10 \text{ } \mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$, se Figur 4.



Figur 4 Koncentration simulerad med SMED-HYPE (1999-2006) i området utgående vatten. Då jämvikt har nåtts är koncentrationen 10 µg/l.

Retentionsberäkningar

Genom att välja utskrift av retentionerna som listas i Tabell 1 erhålls följande värden i Tabell 2 och Tabell 3 från SAP-HYPE. Resultaten är framtagna för två godtyckliga områden som ett exempel för att kontrollera beräkningarna.

Område 1 och 2 är ca 1 km² och har 10 % olake och 8 % ilake. Område 1 ligger uppströms område 2 som mynnar till havet.

Tabell 2 Retention till havet för område 1

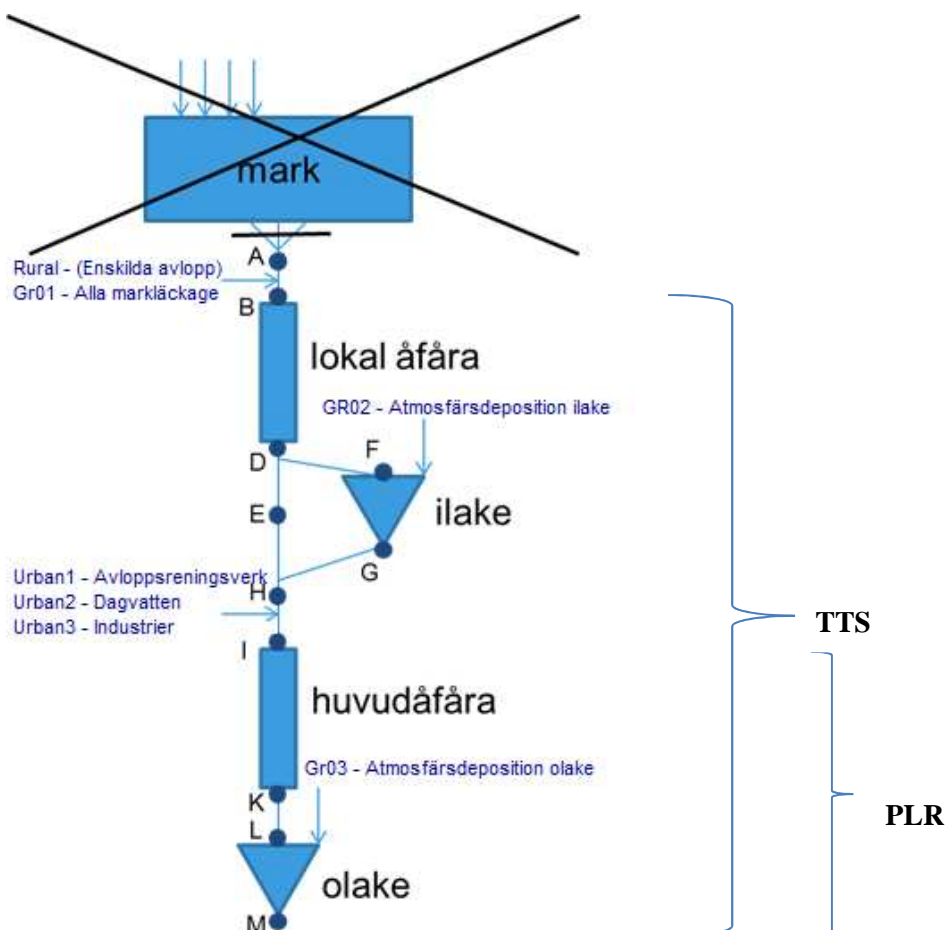
Kolumnrubrik	Beräknad retention TN (%)	Beräknad retention TP (%)
Gr01	0.152	0.144
Gr02	0.433	0.417
Gr03	0.011	0.009
Rural	0.152	0.144
Urban1	0.012	0.009
Urban2	0.012	0.009
Urban3	0.012	0.009
Internal	0.006	0.005

Tabell 3 Retention till havet för område 2 (utloppsområde)

Kolumnrubrik	Beräknad retention TN (%)	Beräknad retention TP (%)
Gr01	0.145	0.139
Gr02	0.425	0.411
Gr03	0.005	0.005
Rural	0.145	0.139
Urban1	0.006	0.005
Urban2	0.006	0.005
Urban3	0.006	0.005
Internal	0	0

Av de beräknade resultaten i Tabell 2 och

Tabell 3 framgår att retentionen för GR01 (markläckage) och rural är lika stora, eftersom att de läggs till systemet på samma ställe. Denna retentionssiffra motsvarar TTS (Total To Sea). För punktkällorna Urban 1, 2 och 3 beräknas samma retention och det är denna som motsvarar PLR (Pathd+lakes+rivers), se Figur 5.



Figur 5 De olika belastningarna som retentioner kan skrivas ut för. Figuren visar endast ett delområde. Om flera områden följer innan havet så adderas retentionen från dessa områden till TTS och PLR.

Diskussion

SMED-HYPE och SAP-HYPE har anpassats med avseende på retentionssammansättning och atmosfärsdeposition, så att hanteringen påminner om den i HBV-NP i så stor utsträckning som möjligt. De resultat som modellberäkningarna ger har kontrollerats för att se att hanteringen sker på önskat sätt men någon utvärdering av resultaten ingår ej i detta projekt. En större utvärdering av modellen i sin helhet kommer att genomföras av modellen inom projektet Validering av SMED-HYPE som pågår under hösten 2013.

För den kommande modellutvärderingen har den geografiska indelningen hämtats från S-HYPE 2012. I denna modelluppsättning har atmosfärsdepositionen beräknats för varje delavrinningsområde. Under PLC6 behöver modelluppsättningen göras om då beräkningarna ska utföras på en annan skala (vattenförekomstsskala). Då kan det också bli aktuellt att uppdatera värdena för atmosfärsdepositionen men för detta inväntas PLC6 guidelines.

Källförteckning

Brandt, M., Ejhed, H., Rapp, L., 2008. Näringsbelastning på Östersjön och Västerhavet 2006. Sveriges underlag till HELCOMs femte Pollution Load Compilation. Naturvårdsverket rapport 5815.