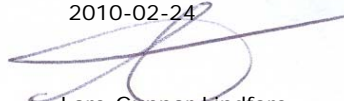


Tillgängliga Modellverktyg
för beräkning av
belastning, åtgärdseffekt
och retention - kväve och
fosfor

Slutrapport

Sam Ekstrand Tony Persson Peter Wallenberg
B1915
Oktober 2009

Rapporten godkänd
2010-02-24



Lars-Gunnar Lindfors
Senior Advisor

Organisation IVL Svenska Miljöinstitutet AB	Rapportsammanfattning
Adress Box 21060 100 31 Stockholm	Projekttitel Tillgängliga modellverktyg för beräkning av belastning, åtgärdseffekt och retention - kväve och fosfor
Telefonnr 08-598 563 00	Anslagsgivare för projektet Naturvårdsverket
Rapportförfattare Sam Ekstrand Peter Wallenberg Tony Persson	
Rapporttitel och undertitel Tillgängliga modellverktyg för beräkning av belastning, åtgärdseffekt och retention - kväve och fosfor Slutrapport	
Sammanfattning Projektet har utvärderat avrinningsområdesmodeller för beräkning av kväve- och fosforbelastning, åtgärdseffekter och retention, utifrån av Naturvårdsverket definierade krav. Svenska såväl som utländska modeller har utvärderats. Dessutom har efter önskemål från Naturvårdsverket ett tillvägagångssätt för framtagning av underlag för åtgärdsprioritering tagits fram.	
Nyckelord samt ev. anknytning till geografiskt område eller näringsgren Fosformodeller, kvävemodeller, kväve, fosfor, övergödning, retention	
Bibliografiska uppgifter IVL Rapport B1915	
Rapporten beställs via Hemsida: www.ivl.se , e-post: publicationservice@ivl.se , fax 08-598 563 90, eller via IVL, Box 21060, 100 31 Stockholm	

Innehållsförteckning

1	Introduktion	3
2	Tidigare modelljämförelser	3
3	Kategorisering av modeller	4
4	Metodik	5
5	Modeller utvalda för fördjupad utvärdering.....	6
6	Övriga modeller	7
7	Sammanfattning av fördjupad utvärdering.....	9
7.1	AVGWLF-PRedICT	9
7.2	FYRISQ-FYRISNP	10
7.3	HSPF	10
7.4	HYPE-HOME VATTEN.....	11
7.5	MIKE BASIN	12
7.6	ArcSWAT	12
7.7	WARMF	13
7.8	WATSHMAN.....	13
8	Diskussion	14
8.1	Rekommendationer – beslutsstödssystem för RU 13	16
8.2	Kostnadsbedömning.....	19
9	Slutsatser	22
10	Referenser	22
	Bilaga 1	24
	Bilaga 2 Modellbeskrivningar.....	25

1 Introduktion

Projektets syfte var att gå igenom och beskriva de modellverktyg som idag finns tillgängliga för beräkning av kväve- och fosforbelastning, åtgärdseffekter i recipienten samt åtgärdseffekter ute i havsbassängen. Med åtgärdseffekt avses effekt på belastning på i vatten, det vill säga mängd transporterade näringsämnen till recipient och till utlopp i hav, i kg.

Enligt uppdragsspecifikationen ska modellverktygen kunna göra en belastningsberäkning, införa en åtgärd och beräkna effekten av den i recipienten samt slutligen också bedöma vilken effekt åtgärden kommer att få ute i havsbassängen. För att den behöriga myndigheten ska kunna hantera modellverktyget bör det vara relativt okomplicerat. Driftskostnaden får heller inte vara för hög. Verktöget ska kunna hantera både fosfor och kväve på avrinningsområdesnivå, på lokal nivå och i regional skala. Det innebär i sin tur att vissa schablonberäkningar kan ingå. Fokus ligger på att behörig myndighet behöver beräkningar som visar hur effektiv en åtgärd är.

2 Tidigare modelljämförelser

Wallin et al., 2004, redovisade befintliga verktyg och modeller för att klara databehovet i Vattendirektivets första analys av påverkan och dess effekter på vattenstatus. Rapporten togs fram inom ramen för SMED&SLU-samarbetet. Rapporten fokuserade på övergödning och fysisk påverkan, och på modeller som var direkt avpassade för svenska förhållanden och hade använts i Sverige. De modeller som utvärderades med avseende på N- och P-belastning samt retention var HBV-N (som tillsammans med SOIL-N utgjorde TRK-systemet), Fyriså-modellen och WATSHMAN. De befanns teoretiskt sett vara relativt likartade men de två senare var utvecklade för mindre skala än TRK-systemet. Utvärderingen resulterade i följande bedömning: För stora delar av norra Sverige räcker sannolikt TRK-projektets data för att kunna gruppera vattenförekomster med liten närsaltspåverkan. För regioner med betydande närsaltspåverkan, framförallt i landets södra del, måste sannolikt TRK-projektets data kompletteras med källfördelningsmodellering med högre geografisk upplösning. Detta gäller specifikt för ytvattenförekomster som riskerar att omfattas av Vattendistriktets åtgärdsprogram.

Brandt et al., 2006 koncentrerade sig på fosformodeller. Även detta var ett SMED-projekt och hade syftet att gå igenom tidigare modellapplikationer för att lära av dessa erfarenheter vid utvecklingen av SMEDs beräkningssystem. Vad gäller avrinningsområdesmodeller studerades förutom de ovan nämnda (nu HBV-NP istället för HBV-N) även MESAW, AVSWAT (Arcview SWAT), AVGWLF, PolFlow och MIKE BASIN. Man drog slutsatsen att MESAW inte kunde användas för åtgärdsstudier. Övriga modeller beskrivs med styrkor och svagheter men utan att ranka dem m.a.p användbarhet för olika syften.

I EU-projektet Euroharp beskrevs och testades nio modeller; NL-CAT, REALTA, NLES, MONERIS, TRK, SWAT, EVEN-FLOW, NOPOLU, INCA och SOURCE-AP. (Shoumans and Silgram, 2003). Vissa av dessa modeller har vidareutvecklats avsevärt, som SWAT och TRK, för andra finns ingen uppdaterad information på nätet och de har därför, eller på grund av att de inte kan hantera faktorer som är viktiga i Sverige, t.ex. snö och snösmältning, uteslutits från djupare utvärdering i denna studie.

3 Kategorisering av modeller

Det finns många sätt att kategorisera de modellverktyg som används för kväve- och fosforbelastning från punktkällor och diffusa källor, och gränsen mellan modellkategorierna är ofta flytande. Gemensamt för de modellverktyg som finns tillgängliga för belastningsmodellering för avrinningsområden är dock att beräkningsgången är densamma, vilket innebär att innan några belastningsberäkningar utförs så krävs att avrinningen från det modellerade området (modelldomänen) är beskriven. Denna kan beskrivas genom uppmätta tidsserier av vattenflöde eller genom kalibrering av modellen mot uppmätta tidsserier. Om inga mätningar finns kan även avrinningen modelleras direkt med hjälp av klimatdata och avrinningsområdets egenskaper. Hur avrinningen hanteras i modellen är avgörande för vilken rumslig och tidsmässig upplösning man kan förvänta sig av belastningsberäkningarna.

Klassificering av avrinningsområdesmodeller

Ett vanligt sätt är att dela in avrinningsområdesmodeller efter hur:

- i) slumpmässighet hanteras. De modeller som kommer i fråga för avrinningsområdesmodellering är i huvudsak *deterministiska*, d.v.s. givna indata ger alltid samma utdata, till skillnad mot *stokastiska* modeller.
- ii) rumslig variation hanteras. När det gäller hanteringen av rumslig variation så skiljer man ofta på modeller med *distribuerade* eller *sammanslagna parametrar*. En modell med distribuerade parametrar löser modellekvationerna inom modelldomänen för punkter beskriva i rummet till skillnad från en modell med sammanslagna parametrar där dessa hanteras som medelvärden som gäller för hela modelldomänen.
- iii) tidsmässig variation hanteras. De tidsmässiga variationerna hanteras antingen genom att flödet är *stationärt* eller att flödet tillåts variera med tiden. Modeller för avrinningsområdesmodellering är uteslutande av den senare typen, d.v.s. *icke-stationära*.

De avrinningsområdesmodeller som studeras här ska kunna modellera både områdets hydrologi, d.v.s. vattnets flödesdynamik över tiden, och näringsämnestransporten. Uppdelningen av avrinningsområdesmodeller ger trots att den är ganska strikt upphov till olika tolkningar av hur modellen i fråga skall klassificeras främst med avseende på hur distribuerade dess indata och parametrar är inom modelldomänen. Vanligt är att en modell med sammanslagna parametrar sätts upp för en modelldomän (avrinningsområde) med flera delavrinningsområden, där vart och ett av dessa beskrivs med olika karaktäristiska parameteruppsättningar för att reflektera olikheter i hydrologisk funktion inom modelldomänen. I dessa fall brukar man tala om semi-distribuerade modeller. En modell som ska klara att beräkna belastning och retention av näringsämnen samt simulera effekter av åtgärder bör vara deterministisk, distribuerad eller semidistribuerad, och icke-stationär.

Flera av de modeller som idag finns tillgängliga delar statistiskt in delavrinningsområdena genom en gruppering av heterogent fördelade kombinationer av markanvändning och jordarter med olika hydrologisk funktion, så kallade HRU (Hydrological Response Units).

Konceptuell eller fysikaliskt baserad modell?

Förutom den ovan beskrivna indelningen av hydrologiska modeller används ytterligare två modellbegrepp som ofta förekommer när det gäller modellkategorisering och dessa är *konceptuell* modell och *fysikaliskt baserad* modell. En konceptuell modell ger en förenklad beskrivning av en viss

hydrologisk process medan en fysikaliskt baserad modell gör anspråk på att så långt som möjligt beskriva de relevanta processerna på ett fysikaliskt korrekt sätt. Begreppet fysikaliskt baserad modell används ofta i samband med distribuerade avrinningsområdesmodeller på grund av att om en modell ger anspråk på att vara fysikaliskt baserad så bör den också vara kapabel att beskriva variationen i indata och parametrar i modelldomänen och därmed blir en sådan modell i de allra flesta fall distribuerad. Det som talar emot att använda indelningen av modeller som konceptuella eller fysikaliskt baserade är att många samband som rutinmässigt används i en fysikaliskt baserad modell är så pass förenklade att de kan anses vara konceptuella. Ett exempel är beräkning av snösmältning som är en dominerande hydrologisk process på högre breddgrader och som är en komplicerad energiutbytesprocess som kräver mycket indata och är svår att modellera på ett fysikaliskt korrekt sätt. Snösmältning kan dock ofta med gott resultat approximeras med graddagmetoden som är en förenklad beskrivning med betydligt färre parametrar men som i gengäld kräver ett kalibreringsförfarande.

Begreppen konceptuell och fysikaliskt baserad modell med avseende på hur hydrologin hanteras är dock användbara för en praktisk indelning av avrinningsområdesmodeller. Av angreppssättet att hantera hydrologin följer detaljnivån med avseende på belastningsberäkningarna. En mer processbaserad beskrivning av snösmältning, avdunstning, ytavrinning, infiltration, grundvattenbildning och slutligen avrinning som är kopplad till de parametrar som numeriskt beskriver mark-, vegetations- och jordegenskaper ger större utrymme för att i detalj följa vatten- och andra massflöden exv. kväve och fosfor. En konceptuell modell använder betydligt färre parametrar och samband för att beskriva vattnets väg från nederbörd, via transport genom avrinningsområdet och slutligen till recipienten och ger därför ingen eller mindre möjlighet att detaljstudera en enskild process. En fysikaliskt baserad modell ger också större möjligheter för en processbeskrivning av en belastningsminskande åtgärd vilket gör dessa mer lämpade för utvärdering av åtgärdseffekter. De fysikaliska modellerna är utvecklade för att ge en så detaljerad beskrivning av flödet av vatten och föroreningar genom mark och i vattendrag som möjligt, och är alltså anpassade för lokal skala, från några km² till 5000-6.000 km². Mer detaljerade indata behövs för dessa modeller än för konceptuella modeller för att de ska komma till sin rätt. Belastningsberäkningar med en konceptuell modell bygger ofta på principen att man använder en specificerad typhalt på läckaget från delavrinningsområdet som multipliceras med avrinningen för att ge belastningen på recipient. Åtgärdseffekter beskrivs också oftast med ändrade typhalter.

Indatabehov

Den stora skillnaden mellan konceptuella och fysikaliskt baserade modeller i avrinningsområdesskalan är behovet av indata för att kunna genomföra en simulering. Många av de parametervärden som behövs till en fysikaliskt baserad modell finns ibland inte tillgängliga för en region som ska modelleras och då får parametervärden ansättas av erfarenhet eller sökas i litteraturen. Arbetar man med en konceptuell modell är det lättare att hitta indata (läs: typhalter) på avrinningsområdesskalan men resultaten blir svårtolkade på grund av en förenklad beskrivning av både transportprocesser och åtgärdseffekter.

4 Metodik

Utifrån de kriterier som specificerats av Naturvårdsverket studerades inledningsvis ett stort antal modeller med koppling till övergödning genom informationssökning på Internet eller genom inläsning av tidigare utvärderingsstudier (se ovan). Totalt studerades ett drygt tjugotal modeller i denna fas. Åtta valdes ut som särskilt intressanta och blev föremål för djupare utvärdering.

Ytterligare fyra befanns vara potentiellt intressanta men informationsmaterialet efter den första mer översiktliga genomgången var otillräckligt och ytterligare informationsökning därför nödvändig.

5 Modeller utvalda för fördjupad utvärdering

För att kunna beräkna både belastning och åtgärdseffekt i recipienten och i havet krävs att modellen kan beräkna inte bara belastning utan även retention i vattendrag samt internbelastning i sjöar. Retention, d.v.s. fastläggning, i vattendrag reducerar nämligen transporten av näringsämnen till havet, och därmed blir också effekten av uppströmsåtgärder mindre ute i havet. Är retentionen stor, till exempel om flera större sjöar ligger mellan åtgärdsplatsen och havet, blir åtgärdseffekten i havet liten. Generellt är därför åtgärder nära havet mer effektiva när det gäller att minska transporten av näringsämnen till havet än åtgärder längre uppströms. I avrinningsområden utan sjöar är dock skillnaden relativt liten. Internbelastning innebär att fosfor återförs till vattenmassan från sjöbottensediment vilket inträffar vid syrefria bottenförhållanden. Internbelastning kan göra att fosfortransporten till havet då ökar betydligt och kanske helt neutraliserar de åtgärder som implementerats.

Det finns modeller som beräknar belastning och retention även om retentionsberäkningen ofta är förenklad, men få klarar också av att beräkna internbelastning i sjöar. US EPA som delfinansierat framtagning av flera av de ledande modellerna delar in dem i avrinningsområdesmodeller som beräknar bl.a. belastning, och i vattenkvalitetsmodeller som modellerar vattenkvaliteten i vattendrag, dammar och sjöar inkluderande retention och interbelastning. Någon enstaka amerikansk modell hanterar både belastning och dynamiken i vattendragen. I flera fall är det nödvändigt att kombinera två olika modeller för att kunna beräkna både belastning och åtgärdseffekt.

Följande modeller har valts ut som särskilt intressanta:

WARMF – Watershed Analysis Risk Management Framework: Kombinerar avrinningsområdesmodellering och modellering av vattenkvalitet, retention och dynamik i sjöar inkluderande internbelastning. Även habitatlämplighet som resultat av belastning modelleras. Med habitatlämplighet avses en vattendragssträckas lämplighet som uppehållsplats för olika organismer, t.ex. fiskarter, under olika livsfaser. WARMF gör också en jämförelse mellan belastning, åtgärdseffekt och vad som krävs för att uppnå specificerade statusnormer, vilket är intressant ur ramdirektivperspektiv. Modellen klarar av att följa föroreningar (BOD, växtnäringsämnen m.m.) baklänges i vattendragen så att ett diffust läckage kan lokaliseras i förhållande till markanvändning och läge. Programvaran är fritt tillgänglig och kan laddas ner från US EPA:s hemsida.

SWAT – Soil Water Assessment Tool (är kopplad till BASINS): Beräknar belastning och åtgärdssimuleringar för diffusa källor och punktkällor. Särskilt utvecklat för jordbruksåtgärder. Retentionsberäkningarna är behäftade med svagheter som vi inte funnit i de andra modeller som beräknar retention, samt höga krav på indata, och därför bör modellen ev. användas i kombination med t.ex. Aquatox eller WASP. BASINS är en GIS-plattform för datahantering och sammanlänkning av flera olika modeller. Vi väljer här att inte presentera BASINS som ett eget modellalternativ, eftersom de krav som Naturvårdsverket ställer gör att en eller flera undermodeller måste användas. En äldre version av SWAT fanns kopplad till BASINS 3.1. SWAT2005 kommer att kopplas till BASINS 4.0 men detta är ännu inte klart. Programvaran är fritt tillgänglig och kan laddas ner från US EPA:s hemsida.

HSPF – Hydrological Simulation Program - Fortran (är kopplad till BASINS): Samma typ av modell som SWAT, beräknar belastning, retention, internbelastning och åtgärdseffekter. Programvaran är fritt tillgänglig och kan laddas ner från US EPA:s hemsida.

WATSHMAN – Watershed Management System: beräknar belastning baserat på hydrologisk modellering och läckagekoefficienter. Bör användas i kombination med en vattenkvalitetsmodell som beräknar internbelastning. Modellägare: IVL

AVGWLF-PREDICT – Arview Generalized Watershed Loading Function – Pollutant Reduction Impact Comparison Tool: AVGWLF beräknar total belastning inom ett delavrinningsområde. Modellen är avsedd för relativt stora områden, vilket ger en låg rumslig upplösning. Retention och internbelastning beräknas i modellen med hjälp av en grov förenkling. Används AVGWLF tillsammans med PREDICT som är ett avancerat åtgärdssimuleringsprogram kan åtgärdseffekter analyseras. Programvaran är fritt tillgänglig och kan laddas ner från Pennsylvania State University.

FYRISQ-FYRISNP: Beräknar belastning och effekter av åtgärder. Läckagekoefficienter hämtas från körningar med ICECREAM/SOILNDB. Åtgärdsscenarioer för brukningsmetoder körs genom att nya läckagekoefficienter beräknas i ICECREAM/SOILNDB. Modellen beräknar retention men inte internbelastning. Modellägare: SLU.

HYPE Hydrological Predictions for the Environment: – Bygger på en central nationell databas på SMHI. Belastning och retention beräknas, men inte internbelastning. Åtgärdsscenarioer kan köras för utvalda delavrinningsområden. Modellägare: SMHI

MIKE BASIN: Beräknar belastning och retention. Utvecklas och saluförs av DHI. Inköp och drift kostar avsevärt mer än för ovannämnda modeller. Modellägare: DHI.

För WARMF, SWAT, HSPF, AVGWLF-PREDICT och MIKE BASIN har manualer införskaffats och studerats. WATSHMAN är IVL's eget modellsystem och följaktligen väl känt. För FYRIS, HYPE och MIKE BASIN har möten med halvdagspresentationer hållits. För utvärderingen utvecklades en mall som följdes för samtliga dessa modellsystem. De ifyllda mallarna finns bilagda för de åtta ovan nämnda modellerna.

Med ett undantag, HSPF beräknas *inte* internbelastning. Internbelastningen kan dock beräknas med en extern sjömodell, t.ex. LEEDS, Biola eller någon av de amerikanska modellerna, och resultatet kan läggas in som belastning i en punkt i ett delavrinningsområde. Detta kan göras i alla de modeller som inte beräknar internbelastning.

6 Övriga modeller

Följande fyra modeller befanns vara potentiellt intressanta, men det var svårt att hitta tillräcklig information för att kunna göra en bedömning. Ytterligare informationssökningar genomfördes vilket gav mer information. Ingen av dessa fyra modeller befanns likväl inte vara så intressanta att den inkluderades i den grupp av modeller som valts ut för fördjupad utvärdering. Nedan beskrivs dessa fyra modeller.

MONERIS (Modelling Nutrient Emissions into River Systems): Tysk belastningsmodell som kan jämföras med TRK och har använts för hela Tyskland. Den används nu för Donau av Institute

of Freshwater and Inland Fisheries, Leibniz, och har bland annat använts för Wisla, Oder, Daugava, Elbe, Rhen och Po. MONERIS beräknar punktkällor och diffusa källor för näringsämnen men kan också anpassas för tungmetaller och prioriterade ämnen. Modellen kan köras för avrinningsområden större än 50 km². Retention beräknas men vad vi kan se inte internbelastning. MONERIS har jämförts med HBV i projektet EuroHarp, men rapporten kunde inte laddas ner.

WAMview: Rasterbaserad belastningsmodell, fokuserar på fosfor men inkluderar även kväve, utvecklad av ett amerikanskt konsultbolag (Soil and Water Engineering Technology Inc.). Sökningar efter dokumentation har utförts med magert resultat. – någon enstaka konferensartikel. Vi har inte kunnat hitta information om hur kväveberäkningarna utförs, inte heller hur retention beräknas, eller huruvida internbelastning beräknas. Användning har dokumenterats bara för några enstaka avrinningsområden i Florida och Nya Zeeland. Sammantaget är den dokumentation som finns att tillgå alltför mager för att modellen ska vara av intresse. Det är något förvånande att en modell med så få användningsfall och så kortfattad dokumentation ligger ute på EPA's hemsida, vilket var anledningen till att den i ett tidigt skede bedömdes vara intressant.

LSPC: Avrinningsområdesmodell som ursprungligen byggdes för gruvrelaterade frågor. Modellen har byggts för att klara stora avrinningsområden med upp till 1000 delavrinningsområden. Den beräknar belastning för nitrit plus nitrat, löst kväve, ortofosfater, och totalt organiskt fosfor. Modellen använder HSPF's algoritmer för hydrologisk modellering, sediment, vattenkvalitet på land och temperatur. Skillnaden gentemot HSPF är att LSPC använder en MS Access-databas i stället för HSPF/BASINS "interna" databas. Anledningen är att det blir enklare när man har mycket stora avrinningsområden (med över 1000 st delavrinningsområden). Eftersom LSPC använder samma beräkningsfunktioner som HSPF presenteras modellen inte separat i bilaga 1. Däremot är modellen väl så intressant som HSPF för områden med fler än 1000 delavrinningsområden, och kan jämföras med HYPE-HOME VATTEN.

MODSIM: Beslutsstödsmodell utvecklad av experter kopplade till Colorado State University. Informationen på hemsidan är mycket begränsad. Fokus ligger på vattenresurser i avrinningsområden. Modellen är uppbyggd som ett flödesnätverk där vattenresurskomponenter representeras av noder för inflöden och utflöden, vattenuttagpunkter, reservoarer och observationspunkter och förbindelselinjer för kanaler, pipelines och ostörda vattendrag. Verktöget används i första hand för vattenresursoptimering men modellen kan kopplas till US EPA's modell för ytvattenkvalitet, QUAL2E. MODSIM beräknar inte N- och P belastning och kan därför avskrivas.

Utöver de ovan nämnda modellerna beskrivs nedan ytterligare ett antal modeller kortfattat, antingen på grund av att de inledningsvis befanns potentiellt intressanta, eller för att de kan vara kända till namnet för läsaren som modeller vilka används inom övergödningsområdet. Vi förklarar därför kort varför de inte är aktuella för belastnings-, retentions- och åtgärdsberäkningar.

ANIMO: Beräknar läckage i en en-dimensionell jordkolonn. Modellen ger en bra beskrivning av de kemiska processerna men är inte ämnad som en avrinningsområdesmodell. Modellen lämpar sig mer för att få ökad förståelse om processerna i marken.

CE-QUAL-W2: God beskrivning av de akvatiska processerna men modellen beräknar inte belastning utan är begränsad till vad som sker när näringsämnena har nått vattendragen.

ICECREAMDB: Modellen tar fram fosfor-läckagekoefficienter för typfält baserat på väder- och växtodlingsgeneratorer. Resultatet används som input till bland annat FYRIS-modellen. Modellen kan inte användas separat för belastnings- och retentionsberäkningar.

INCA: Modellen hanterar endast förluster av kväve, kan möjligen användas med andra system men eftersom många andra modeller hanterar både kväve och fosfor ligger den inte med bland de som är mest intressanta.

NLeCCS (Nutrient Leaching Coefficient Calculation System): System som integrerar ICECREAMDB och SOILNDB och tar fram läckagekoefficienter för kväve och fosfor, baserat på indata från de två modellerna och en väder- samt växtodlingsgenerator. NLeCCS används bland annat av FYRIS-modellen. Modellen kan inte användas separat för belastnings- och retentionsberäkningar.

P-index: Riskbedömningsprogram som riktar sig till lantbrukare. Programmet beräknar riskerna för fosforförluster på fältnivå. Modellen beräknar inte belastning eller retention.

QUAL2K: Modellerar enbart processer i vattendragen. Kan användas tillsammans med en modell som beräknar belastning.

SOILNDB: Modellen syftar till att beskriva kväveförluster från marksystem och beräknar läckagekoefficienter som kan användas av andra modeller för belastningsberäkningar. ingår i NLeCCS och används bland annat av FYRIS.

SWIM: Hydrologisk modell som saknar koppling till vattenkvalitetsberäkningar.

SMED:s Beräkningssystem: En beräkningsmetodik som bygger på SOILNDB, ICECREAM, HBV och HBV-NP (baserad på den tidigare metodiken TRK). Systemet beräknar nationell belastning av kväve och fosfor på omkringliggande hav, med delavrinningsområden som minsta beräkningsenhet. Ett komplicerat beräkningssystem som inte kan användas för åtgärdssimuleringar i avrinningsområden. Indata är i flera avseenden för grova för lokal belastningsberäkning och åtgärdssimulering.

WASP: Enbart fokuserad på det akvatiska systemet, ingen koppling till landbaserade processer. Kan användas tillsammans med en modell som beräknar belastning, t.ex. SWAT.

7 Sammanfattning av fördjupad utvärdering

7.1 AVGWLF-PRedICT

Ytvattenavrinning beräknas med SCS – Curve Numbermetodiken, som t.ex. Watshman. Erosion och sediment beräknas med USLE-algoritmen. N och P beräknas med läckagekoefficienter. AVGWLF är alltså en konceptuell modell. Det kan noteras att en stream bank erosion-algoritm har lagts till. Vidare har en modul för att beräkna effekter av att använda BMPs, Best Management Practices. Nya rutiner har också lagts in för att beräkna utsläpp från djurgårdar. Modellen är utvecklad för stora avrinningsområden (original exemplet är 32 områden för Pennsylvania). Den gör ingen geografisk distribution av källområden (t.ex. jordbruk) utan håller bara reda på en areal inom det stora avrinningsområdet. Teoretiskt sett borde modellen kunna sättas upp med fler delområden, alltså bättre geografisk upplösning, men generellt sett fungerar modeller utvecklade för få områden dåligt när upplösningen höjs, och den måste höjas ganska drastiskt i detta fall. För att veta säkert om modellen fungerar med bättre upplösning måste den köras för ett sådant pilotfall. Det finns

ingen retentionsberäkning för vattendrag och endast en mycket enkel beräkning för sjöar. Internbelastning beräknas inte.

Scenarieverktyget för åtgärder; PRedICT, är mycket väl utvecklat och ger möjlighet att simulera effekter av både tekniska förändringar i punktkällor och brukningsmetoder m.m. i jordbruket. PREDICT ger också grov kostnadsinformation för ett antal åtgärder, men utifrån amerikanska förutsättningar.

7.2 FYRISQ-FYRISNP

FYRISQ-FYRISNP är en konceptuell modell som beräknar läckage från diffusa källor med hjälp av läckagekoefficienter. Den ger liksom de andra konceptuella modellerna en god approximering av belastning och retention (i de fall de beräknar retention, vilket FYRISQ-FYRISNP gör) på vecko-, månads- och årsbasis. Detta tillåter identifiering av vilka källsektorer som bör prioriteras för åtgärder inom ett avrinningsområde. Internbelastning modelleras inte.

Åtgärder i form av tekniska ändringar för punktkällor kan bara simuleras genom att utsläppen i kg ändras. Användaren måste alltså själv veta vilken skillnaden i kg är, jämfört med originalutsläppen. Simulering av åtgärder för jordbruket görs genom att nya läckagekoefficienter beräknas i NLECCS. Denna åtgärdshandling ger mer omfattande simuleringsmöjligheter för jordbruket än de andra konceptuella modellerna (MIKE BASIN, WATSHMAN, AVGWLF, och HYPE, den sista kan betecknas som semikonceptuell), men ger osäkrare effektskattningar än de fysikaliska modellerna ArcSWAT, HSPF-LSPC, WARMF. Det är framförallt den förenklade beräkningen av flödesdynamiken, på vecko-, månads- och årsbasis som ger osäkra skattningar av åtgärdseffekter. Vidare tas t.ex. ingen hänsyn till marklutning vilket är viktigt för åtgärder riktade mot yterrosion.

FYRIS har ett lättfattligt användargränssnitt men ingen GIS-koppling vilket begränsar presentationsmöjligheterna i kartform.

Belastningsberäkningarna för jordbruk är baserade på omfattande forskning och ligger långt framme i jämförelse med de andra konceptuella modellerna.

7.3 HSPF

HSPF är en fysikalisk modell, vilket gör att den har potential att ge en mycket noggrann beräkning av belastning, retention och åtgärdseffekter, i de fall omfattande indata finns i form av mätningar, markegenskaper, brukningsmetoder och punktkällor. Nackdelen är att modelluppsättning och kalibrering är tidskrävande, åtminstone de första gångerna modellen sätts upp i en region (t.ex. Mälardalen eller Skåne).

Modellen LSPC använder HSPF's beräkningsfunktioner men har en databaslösning som bättre lämpar sig för stora områden med många delavrinningsområden (>1000).

Vid utvärdering av bland annat HSPF som utfördes som ett samarbetsprojekt mellan IVL och Uppsala Universitet (examensarbete) befanns HSPF vara ett intressant alternativ till ArcSWAT som IVL har långvarig erfarenhet av. Medan SWAT har svagheter i retentionsberäkningen har ännu inga sådana problem återfunnits i HSPF. HSPF beräknar också internbelastning, och är därmed den enda modellen som har inbyggda funktioner för detta, vilket förbättrar möjligheterna att förstå fall

där implementerade åtgärder inte har önskad effekt i kustvatten och hav. Modellen har en välutvecklad åtgärdsmodul vilket ger kapacitet att modellera åtgärdseffekter på detaljnivå för jordbruk såväl som punktkällor.

En skillnad mellan HSPF och SWAT är att för HSPF *bör* nederbörd på timbasis användas, medan SWAT *kan* använda nederbörd på timbasis. Detta gör att eftersom timdata sällan är tillgängliga från SMHI, kan det uppstå problem med att använda HSPF, även om det går att undvika problematiken genom att använda dygnsdata fördelade jämnt på timmar. För framtiden kan konstateras att användning av timdata kommer att avsevärt förbättra framtagningen av kostnadseffektiva åtgärder i jordbruket eftersom timdata ger kunskap om läckaget vid hög nederbörd, och huruvida ytavrinning, makroporflöde eller matrixflöde (långsamt flöde genom jordkolumnen) dominerar i olika små beräkningsområden (HRU:n som kan vara något eller några få km² stora). Timdata ger också möjlighet att beräkna hur stora de olika fraktionerna av näringsämnen är vid hög nederbörd, framförallt partikulärt och löst fosfor. Detta är centralt för att kunna dra slutsatser om åtgärderna bör vara inriktade på att förhindra yterosion på fältet, eller om t.ex. dikesåtgärder som stoppar löst fosfor från dräneringsrör är ett bättre alternativ. Timdata kommer också att ge bättre noggrannhet i modelleringen av belastning, eftersom det är den enda möjligheten att rätt beräkna flöde och näringsläckage vid nederbördstoppar, och dessa står enligt erfarenheten för en mycket stor del av framförallt fosforbelastningen i många år. Ett kort slagregn under vintern eller våren kan ge mer fosforläckage än mycket långa perioder med normal nederbörd varvat med uppehåll.

7.4 HYPE-HOME VATTEN

HYPE kan ses som en ersättare till HBV-NP-systemet. Det gamla systemet var tungrovt och hade ett antal icke självklara kopplingar mellan modeller. I den nya modellen är den hydrologiska modelleringen och näringsberäkningarna integrerade på ett mer logiskt sätt (SMHI:s kommentar).

Det finns idag ingen tillgänglig beskrivning av modellen. Vi har därför inte kunnat utvärdera modellen självständigt, utan bygger utvärderingen på den information som erhöles vid ett presentationsmöte med SMHI, och den information som SMHI tillhandahöll genom att fylla projektets mall för modellbeskrivning (se bilaga 1). HYPE kan sägas ha en fysikalisk ansats i hydrologiska modelleringen, men vissa förenklingar som t.ex. att avrinningen i slutsteget beräknas med avrinningskoefficienter från de olika markskikten, gör att vi väljer att kalla den semi-fysikalisk (eller semikonceptuell). Modellen kan heller inte köras på timdata för nederbörd, utan körs med dygnsdata (se HSPF ovan).

Eftersom HYPE bygger på ett nytt angreppssätt i förhållande till SMED-systemet (HBV-NP samt SOILNDB och ICECREAMDB) är det viktigt att modellresultat från HYPE jämförs med det tidigare systemet. Indata till de HYPE-tillämpningar som finns idag är de samma som för PLC-5, d.v.s regional statistik för brukningsmetoder i jordbruket, och nationell statistik för enskilda avlopp, reningsverk och andra källor.

SMHI är i färd med att ta fram nya hydrologiska kalibreringsdata med hjälp av 25 mobila mätstationer. Detta, och att själva den hydrologiska modelleringen kan antas ha förbättrats jämfört med HBV, gör att SMHI kommer att kunna leverera tydligt förbättrad hydrologisk modellering på några års sikt. HYPE beräknar retention men inte internbelastning i sjöar.

HYPE har inget eget användargränssnitt, men ett sådant tillhandahålls i HOME VATTEN. Där finns också möjlighet att välja ut delavrinningsområden och i dessa simulera ett antal fördefinierade

åtgärder. I nuläget körs därefter modelleringen på nytt för hela modelluppsättningen, inte bara de utvalda delavrinningsområdena, vilket kan ta flera timmar. HOME VATTEN lämpar sig alltså väl för att testa väl genomtänkta, omfattande åtgärdspaket, men mindre väl för att simulera enstaka åtgärder när användaren vill ha en snabb bedömning, t.ex. för förändringar i reningsverk etc. För att få separata resultat för ett antal åtgärder måste HOME VATTEN köras många gånger, vilket alltså tar lång tid. Vissa av åtgärdsgränssnitten är inte färdigutvecklade ännu, till exempel gränssnittet för jordbruksåtgärder. Enligt SMHI kan Åtgärder som tidpunkt för gödsling och givans storlek, fånggrödor, datum för sådd och skörd, och tidpunkt för plöjning simuleras.

Beräkningsfunktionerna i HYPE är inte öppet tillgängliga och därför kan HYPE inte granskas av externa experter, i motsats till de andra modeller som utvärderats här. Jordbruksexperter från SLU eller IVL har inte deltagit i modellutvecklingen trots att SMHI har ambitionen att göra HYPE till ett verktyg för nationella beräkningar och har därför ingen insyn i beräkningsfunktionerna.

7.5 MIKE BASIN

MIKE BASIN beräknar avrinning och belastning på i stort sett samma sätt som de andra konceptuella modellerna, t.ex. FYRIS och WATSHMAN. Retentionsberäkningen är betydligt enklare, men det är å andra sidan möjligt att koppla MIKE BASIN till t.ex. MIKE 11, MIKE 21 eller MIKE 3, vilket ger mer avancerade retentionsberäkningar (för MIKE 11 likvärdiga med FYRIS och WATSHMAN enligt vår bedömning). MIKE BASIN beräknar inte internbelastning, vilket inte heller någon av de andra konceptuella modellerna gör. Möjligheterna till åtgärdssimulering inbegriper punktkällor och markanvändning, men inte bruknings- och gödslingsåtgärder i jordbruket.

Modellen har en fördel i att den har full support från en internationell mjukvaruleverantör. Kostnaden för MIKE BASIN och MIKE 11 är dock betydande, 150 000 – 200 000 kr för en enanvändarlicens.

7.6 ArcSWAT

SWAT (ArcSWAT vilket är den senaste versionen) är en fysikalisk modell. Den kan jämföras med HSPF. Även SWAT har potential att ge en mycket noggrann beräkning av belastning och åtgärdseffekt i det närmaste vattendraget om det finns omfattande indata i form av mätningar, markegenskaper, brukningsmetoder och punktkällor. För att göra modellen rättvisa bör extra indata från lantbrukare och i form av flödesproportionella mätdata samlas in. IVL har gjort så i de tre senaste tillämpningarna med ArcSWAT.

ArcSWAT klarar av att simulera åtgärder som; tidpunkt och teknik för gödsling, givans storlek, modifiering av gödslets innehåll, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, datum för sådd och skörd, tidpunkt för plöjning etc.

Det har förekommit problem med retentionsberäkningarna i SWAT, vilka tidvis ger orimliga värden. Framförallt gäller det beräkningsfunktionerna för upptag och frigörelse av näringsämnen i och från plankton. Dessa funktioner kan nollställas, men SWAT's kapacitet att beräkna retention och internbelastning, och därmed möjligheterna att beräkna åtgärdseffekter längre ner i systemet och i kustvatten, ter sig ändå osäker. Åtgärdseffekterna på belastning och effekterna i det närmaste vattendragssegmentet kan dock beräknas.

Beräkningstiden vid modellkörningar är 10-20 minuter för områden av ca 1000 km² storlek. För större områden, t.ex. hela landskap vilket HYPE arbetar med, skulle tidsåtgången för både modellering och åtgärdssimulering vara relativt stor, jämförbar med HYPE.

IVL har efter ett stort antal SWAT-tillämpningar i Mälardalen nått en hög noggrannhetsnivå i modelleringen. Men när modellering nyligen utfördes i ett område inom Lagans avrinningsområden blev resultaten inte av tillräckligt hög noggrannhet, troligtvis på grund av att jordarna i Halland har ett högre sand-silt-inslag även i jordarter som betecknas som leror. Vid modellering i nya regioner kräver SWAT alltså rekalkibrering vilket tar relativt mycket tid i anspråk.

7.7 WARMF

WARMF är en fysikalisk modell med användarvänlig grafik och karthantering. För beräkning av retention och internbelastning krävs att andra modeller körs t.ex. CE-QUAL-W2. Sådana kopplingar finns, men det går inte att bedöma hur arbetskrävande det är att ordna indata för CE-QUAL-W2 och sedan köra den modellen, utan att ha utfört ett praktiskt test.

Simuleringar med åtgärder (BMPs – Best Management Practices) kan enkelt köras, men urvalet av BMPs är begränsat. Kärnmodulen guidar användaren till att beräkna belastningar för N, P och andra ämnen, som är acceptabla för vattenförekomsten. Därefter kan vissa BMP's testas för att se om man når ner till den acceptabla nivån; ett intressant och lite annorlunda tillvägagångssätt. Belastningar på en vattenförekomst kan spåras tillbaka i systemet så att det går att se var de kommer ifrån.

Modellen är utvecklad för områden dominerade av boskapsskötsel. För gödsling sätts enbart mängden 'animal droppings', sopor, och bilavgaser. Gödslingsrutiner för spannmål och andra grödor ingår inte. Boskapsperspektivet kombinerat med ett urbant perspektiv avspeglas också i de fördefinierade åtgärder som kan simuleras: 'fencing' (inhägnad för boskap), direkt tillgång till vattendrag för boskap, volym för retentionsdammar, gatusopning och kantzoner (procent av marken som har kantzon, bredd, 'roughness', lutning). Alltså ett litet antal åtgärder som inte är tillräckliga för svenska förhållanden.

Dokumentationen ger inte möjlighet att utvärdera huruvida belastningsberäkningarna är tillräckligt noggranna för odlad mark till skillnad från betesmark. Eftersom fokus ligger på betesmark ligger det nära till hands att anta att den fysikaliska beskrivningen för odlad mark inte är lika genomarbetad.

Sammantaget kan WARMF inte riktigt konkurrera med vissa av de andra modeller som utvärderas här.

7.8 WATSHMAN

WATSHMAN är en konceptuell modell. N- och P-läckage från diffusa källor beräknas med läckagekoefficienter, t.ex. PLC-koefficienter. Modellen kan dock ta hänsyn till säsongsvariationer i läckagekoefficienterna, genom regressionsanalys av N- och P-koncentrationer i mätdata. Punktkällor och enskilda avlopp läggs på exakta koordinater. Belastningen beräknas på månads- och årsbasis. Retention beräknas med en funktion som tar hänsyn till vattendragets/sjöns yta och vattnets temperatur. Internbelastning beräknas däremot inte.

En åtgärdsmodul möjliggör snabb beräkning av effekter av ändrad reningsteknik i reningsverk och enskilda avlopp. Användaren behöver alltså inte känna till vilken effekt uppgradering till bättre reningsteknik ger, det finns inlagt i systemet. Effekter av förändrad markanvändning kan beräknas, inkluderande nya våtmarker, men inte förändrade brukningsmetoder i jordbruket. Även vad gäller WATSHMAN vill vi påpeka att de konceptuella modellernas läckageberäkningar på vecko-, månads- och årsbasis ger osäkra skattningar av åtgärdseffekter (se diskussion nedan). WATSHMAN's styrka är användarvänlighet och ett lättanvänt GIS-integrerat gränssnitt för modellkörning, databashantering och åtgärdssimuleringar.

8 Diskussion

De konceptuella modellerna; FYRIS, WATSHMAN, AVGWLF, MIKE BASIN och även det nuvarande SMED-systemet, ger alla likartade och goda approximeringar av belastning och retention på månads- och årsbasis, ner till delavrinningsområdesnivå. De ger också en god källfördelning. Detta tillåter identifiering av vilka källsektorer som bör prioriteras för åtgärder, men resultaten kan inte användas för specificering av vilka åtgärder som är mest effektiva (läs kostnadseffektiva), åtminstone inte för diffusa källor, det vill säga främst jordbruket. Orsaken är den följande:

De konceptuella modellerna använder läckagekoefficienter vilka är årsmedelvärden eller i bästa fall säsongmedelvärden. Utdata beräknas vecko- månads- eller årsvis. Kalibrering sker nästan undantagslöst mot månads- eller som bäst veckomätningar. Det gör att läckaget jämnas ut, den verkliga dynamiken med höga toppar vid hög nederbörd eller snösmältning, och lägre nivåer övrig tid, kommer inte fram. Den dynamiken är viktig för att förstå läckaget och dess orsaker, och därmed också för att identifiera åtgärder. Ett läckage som även i verkligheten är utjämnat över tiden tyder på att punktkällor dominerar. Ett läckage som till 80-90% kommer i några få extremtoppar, vilket inte är ovanligt, domineras av ytavrinning på jordbruksmark. Ett läckage som kommer något fördröjt efter nederbörd domineras av transport genom makroporer ner till dräneringsrör. Är topparna lägre och mer fördröjda är transporten genom marken långsammare. Olika åtgärder är påkallade för dessa olika situationer. Vidare är fördelningen på de olika fraktionerna viktiga, t.ex. för fosfor på partikulärt och löst fosfor. Även detta har avsevärd betydelse för vilka åtgärder som är lämpligast. De fysikaliska modellerna kan med flödesproportionella mätdata som stöd beskriva flödesdynamiken på ett mycket mer detaljerat sätt, samt ge resultat som kvantifierar fraktionerna och som kompletterar kunskapen från mätningarna rörande läckagetransporten genom/på marken; ytavrinning, makroporflöde eller matrisflöde. Vidare ger de fysikaliska modellerna möjlighet att uppskatta effekterna av åtgärder som syftar till att förhindra ytavrinning, makroporflöde och matrisflöde, vid just de markförhållanden som förekommer i varje HRU.

I de fysikaliska modellerna finns bättre möjligheter för känslighets- eller osäkerhetsanalys vilket ger förutsättningar för att analysera hur osäkra eller känsliga vissa parametrar är, och därmed också bidrag till analysen av osäkerheter i beräkningar av åtgärdseffekter. Känslighets- och osäkerhetsanalyser finns inte i de konceptuella modellerna, och är heller inte lika meningsfulla eftersom beräkningarna i dessa baseras på koefficienter för avrinning från olika marktypsklasser och koefficienter för näringsämnesläckage från marktypsklasserna. Analys av hur osäkra dessa koefficienter är kräver en utvärdering av bakomliggande forskningsresultat snarare än en analys av modellosäkerhet. En känslighetsanalys är mer meningsfull för hundratals fysikaliska parametrar som i de fysikaliska modellerna, än för ett fåtal koefficienter knutna till olika marktyper som i de konceptuella modellerna. Det kan dock noteras att för FYRIS kan ett stort antal läckagekoefficienter tas fram i den bakomliggande NLECCS-modellen. En känslighetsanalys av dessa koefficienter (d.v.s. vilka koefficienter är det som verkligen styr modellresultatet) och en

osäkerhetsanalys för de viktigaste koefficienterna, skulle kunna ge värdefull information. Det kan troligen göras men verktyg som stödjer en sådan analys finns inte i FYRIS-modellen.

För samtliga konceptuella modeller är skattningarna av åtgärdseffekter för jordbruket mycket osäkra, eftersom modellerna beräknar läckage på vecko-, månads- eller årsbasis, med års- eller som bäst säsongskonstanter för läckage. Modellerna tar därför inte hänsyn till dygnsvis flödesdynamik och snabba förändringar i näringskoncentrationer och fraktionsfördelning (partikulärt-löst), vilket är viktigt för att förstå läckagedynamiken och för att beräkna effektiviteten för olika typer av åtgärder. Med fysikalisk modellering reduceras dessa osäkerheter i hög utsträckning.

Samtliga modeller kan simulera åtgärdseffekter för punktkällor. I FYRIS måste dock användaren själv lägga in reduktionen i kilo, modellen kan alltså inte beräkna effekten av olika tekniska alternativ för punktkällor och enskilda avlopp. MIKE BASIN, WATSHMAN, WARMF och HYPE kan simulera effekterna av ett mindre urval av åtgärder riktade mot jordbruket, i flera fall t.ex. våtmarker och buffertzoner, men enligt vår bedömning är urvalet otillräckligt för RU 13 om jordbruket ska ingå i åtgärdsmarknadssystemet. ArcSWAT, HSPF, AVGWLF-PRedICT och FYRIS kan simulera åtgärdseffekter för i stort sett alla de jordbruksåtgärder som idag är aktuella. AVGWLF-PRedICT har dock andra nackdelar, t.ex. låg geografisk upplösning, ingen retentionsberäkning, vilket gör modellen mindre lämplig för syftet med RU 13. FYRIS har också hittills satts upp med lägre geografisk upplösning än som är lämpligt för identifiering av optimala åtgärder, men möjligen kan upplösningen förbättras. Återstår alltså två modeller; HSPF och ArcSWAT.

Endast en av modellerna, HSPF beräknar internbelastning, d.v.s. avgång av fosfor från sjöbottensediment vid syrefria förhållanden. För övriga modeller är beräkningar av åtgärdseffekter i havet förknippade med osäkerheter om avrinningsområdet innehåller sjöar med risk för internbelastning. Om internbelastning förekommer kan den nämligen neutralisera effekten av åtgärderna.

Den nationella modelleringen i SMED-systemet, och den regionala i HYPE, använder nationell statistik för punktkällor och enskilda avlopp, och regional statistik för brukningsmetoder i jordbruket. Vidare används jordartsdata och höjddata som har låg geografisk upplösning (högre upplösning finns inte tillgängligt för närvarande). Det gör att identifieringen av delavrinningsområden som bör prioriteras för åtgärder blir mycket approximativ. Resultaten från nationell och regional modellering är bra som underlag för mer noggrant, lokalt arbete, men om de används för beslut om implementering av olika åtgärder kommer dessa ofrånkomligen att bli suboptimerade. Vår slutsats är att nationell/regional modellering inte kan användas för RU 13 syftet, det vill säga för utvärdering av åtgärder på åtgärdsmarknaden, eftersom modellering på den skalan i alltför många fall skulle orsaka felprioritering och därmed ekonomiska och ekologiska förluster. Resonemanget utvecklas nedan.

Flödesproportionella mätdata från två av IVLs studieområden (Ekstrand och Mancinelli, 2009) och åtta SLU-drivna observationsområden (Stjernman-Forsberg et al, 2009) visar att det föreligger stora skillnader i det verkliga läckaget inom områden som enligt nationella data är relativt homogena. Några av områdena ligger i Mälardalen och där kan mätresultaten jämföras även med regional modellering, vilken även den ger en relativt jämnt läckage, för fosfor ca 0,3-0,4 kg/ha, medan flödesproportionellt uppmätta årsvärden varierar från område till område mellan 0,22 och 0,65 kg/ha, vilket är en avsevärd variation eftersom det handlar om relativt stora områden, upp till 88 km²). Tittar man över hela Sverige varierar läckaget mätt med flödesproportionella mätningar på de totalt 10 studieområdena från 0,07 till 1,16 kg/ha, alltså betydligt kraftigare variationer än vad som framkommer genom nationell/regional modellering.

Orsakerna till större variationer i flödesproportionellt uppmätta data än i nationell/regional modellering är att 1) jordbrukslandskapets karaktär skiftar mer och snabbare än vad grova jordarts- och höjddata ger vid hand, och 2) lantbrukarnas möjlighet och vilja att anpassa brukningsmetoder och gödslingsförfarande till miljömål är högst diversifierade. Den regionala statistiken för brukningsmetoder stämmer i vissa områden snarare i undantagsfall än som regel.

Det är därför omöjligt att med modellering identifiera de delavrinningsområden som särskilt måste prioriteras för åtgärder, det gäller nationell såväl som regional och lokal modellering, och det gäller både konceptuell och fysikalisk modellering. De områden som är verkligt högläckande, och där åtgärder bör prioriteras, är där lantbrukarna inte följer de rekommendationer som skulle ge ett acceptabelt läckage. Dessa områden kan inga modeller hitta. De kan identifieras endast med mätningar. Dessutom är det ofta delar av delavrinningsområden, det vill säga grupper av fastigheter, som är särskilt viktiga att adressera, ofta områden som är 10-20 km² stora. Åtgärder kan mycket väl vara en tiopotens mer kostnadseffektiva där än i andra närliggande områden.

Värt att notera är också att flödesproportionella mätningar ger betydligt högre årsläckage (21-71% högre) än månadsmätningar (Stjernman-Forsberg et al., 2009). I stort sett all svensk modellering hittills, utom IVLs SWAT-modellering i Mälardalen, har byggt på kalibrering mot månadsmätningar. Resultaten från Stjernman-Forsberg et al. (2009) tyder alltså på att i stort sett all modellering hittills har underskattat läckagen, inkluderande svenska nationella utsläppsberäkningar som PLC-5. Det är dock för tidigt att säga om den underskattning månadsmätningar ger är lika stor i flodmynningsdata som i de små observationsområdena. Detta bör utredas så snart som möjligt.

8.1 Rekommendationer – beslutsstödssystem för RU 13

De kriterier som modellerna ska uppfylla har preliminärt satts upp i NV's uppdragsspecifikation. Enligt den ska modellverktygen kunna göra en belastningsberäkning, införa en åtgärd och beräkna effekten av den i recipienten samt slutligen också bedöma vilken effekt åtgärden kommer att få ute i havsbassängen. För att den behöriga myndigheten ska kunna hantera modellverktyget bör det vara relativt okomplicerat. Driftskostnaden får heller inte vara för hög. Verktyget ska kunna hantera både fosfor och kväve på avrinningsområdesnivå, på lokal nivå och i regional skala.

Dessa kriterier är inte möjliga att förena, om jordbruksåtgärder ska ingå. De konceptuella modellerna kan betecknas som okomplicerade, och de kan simulera effekter av punktkällaåtgärder, men med ett undantag (FYRIS, se nedan) klarar de inte att simulera mer än en mycket liten del av de jordbruksåtgärder som är aktuella. De klarar heller inte att simulera effekten i de avrinningsområden där risk för internbelastning finns.

För att kunna simulera jordbruksåtgärder med tillräcklig noggrannhet krävs fysikalisk modellering. De två modeller som klarar det är HSPF och ArcSWAT. HSPF beräknar dessutom internbelastning, medan en särskild modell för internbelastning måste kopplas till ArcSWAT, t.ex. WASP. FYRIS är den enda av de konceptuella modellerna som kan modellera tillräckligt många jordbruksåtgärder, men FYRIS kan vad vi kan se inte återge flödesdynamiken på ett så detaljerat sätt att åtgärdssimuleringen kan ta tillräcklig hänsyn till hur läckaget verkligen sker lokalt, med yterosion, makroporflöde eller långsammare genom marken. I FYRIS utförs åtgärdssimuleringen på ett förenklat sätt, genom att nya årliga läckagekoefficienter tas fram för nya kombinationer av

gröda, jordart och bruksmetoder. Vidare tas inte hänsyn till t.ex. marklutningen vilken är viktig för erosionsrisken. I konceptet vi föreslår nedan ingår ensemblemodellering med HSPF och ArcSWAT. Möjligen skulle gruppen kunna utökas med FYRIS, för att utröna om den ger tillräckligt noggrann modellering jämfört med HSPF och SWAT, men vår bedömning är alltså att den inte gör det.

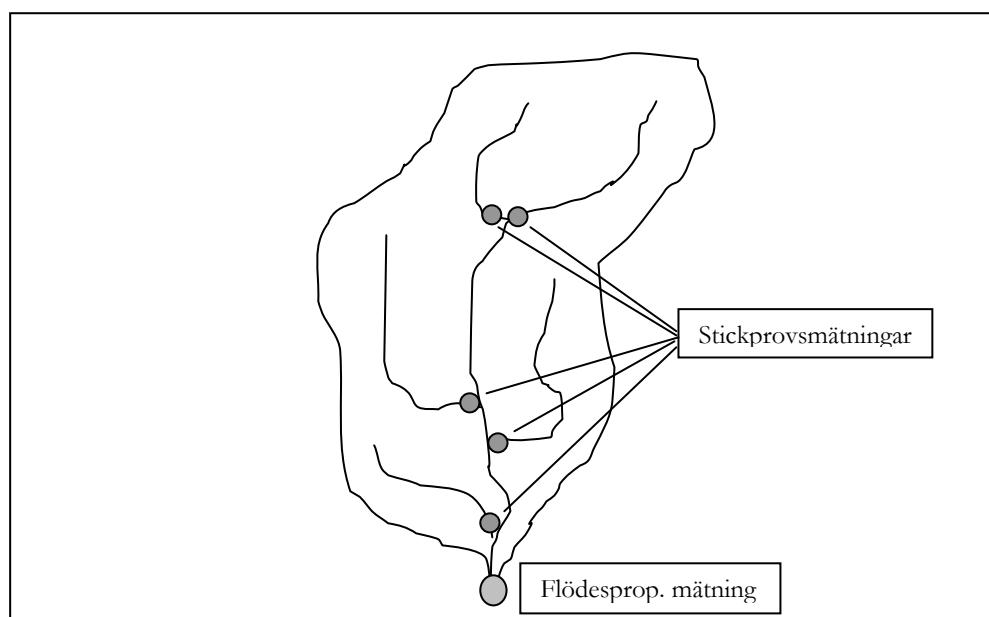
Rekommenderat koncept för beslutsstödssystem

För att identifiera VAR åtgärder ska prioriteras krävs alltså mätningar. För identifiering av VILKA åtgärder som är mest kostnadseffektiva, så att det går att välja mellan dem, ger flödesproportionella mätningar viss grundläggande information, men informationen behöver kompletteras med lokala, detaljerade modellberäkningar av åtgärdseffekter. Nedan presenteras ett koncept som bygger på en kombination av mätningar och detaljerad modellering.

1. Vart och ett av de stora jordbruksområden, Skåne, Halland, Västgötaslätten Östgötaslätten-Sörmland, Mälardalen-Uppsalaslätten delas in i tillrinningsområden av en storlek som lämpar sig för flödesproportionell provtagning vid mynningspunkten, d.v.s 100-200 km². Flödesproportionella mätningar utförs parallellt på 20 av dessa mynningslokaler per år, från oktober till juni. Därefter flyttas mätarna till 20 nya lokaler. På det sättet erhålls flödesproportionella data som i stort sett täcker alla dessa stora jordbruksbygder på en period av fem år. Resultat från HYPE/HOME-Vatten kan användas för att få ett grepp om bidrag från punktkällor och enskilda avlopp i tillrinningsområdena.

Mätningarna utnyttjas för att identifiera högläckande tillrinningsområden. Med hjälp av resultat om vilka fraktioner som dominerar, för fosfor partikulärt kontra löst fosfor, och hur läckagedynamiken vid nederbördstoppas och snösmältning ser ut, erhålls indikationer på hur läckaget sker; genom yterosion, makroporflöde eller långsammare flöde genom marken. Detta är viktigt för att förstå hur åtgärderna bör fokuseras. För att förstå dynamiken vid nederbördstoppas sätts också automatiska nederbördsmätare för timdata upp.

2. Med de flödesproportionella mätningarna beskrivna i punkten ovan som underlag identifieras alltså de högläckande tillrinningsområdena. För dessa högläckande tillrinningsområden genomförs tre stickprovskampanjer med mätningar uppströms, på 4-8 platser beroende på hur stort tillrinningsområdet. Även här är underlag från HOME-Vatten användbara, eftersom information om punktkällor och enskilda avlopp från HOME-Vatten kan avslöja om höga läckage i de flödesproportionella mätningarna huvudsakligen beror på punktkällor och enskilda avlopp. I sådana tillrinningsområden behöver ingen stickprovskampanj genomföras för att få grepp om jordbruksutsläppen i uppströms områden, och heller ingen senare detaljerad jordbruksmodellering. Där är det punktkällor och enskilda avlopp som dominerar, och åtgärder bör riktas mot de sektorerna. I tillrinningsområden där läckaget av näringsämnen är högt och bidraget från punktkällor och enskilda avlopp lågt genomförs alltså stickprovskampanjer. Två av stickprovskampanjerna genomförs vid tillfällena med hög nederbörd, en av kampanjerna vid ett tillfälle med lägre flöde. Dessa stickprovsanalyser identifierar de delområden där jordbruket läcker mest och bör prioriteras för åtgärder. Vart och ett av dessa uppströms delområden för vilka stickprovsmätning genomförs är ca 25 km² stort (i snitt ca 10 jordbruksfastigheter).



Figur 1: Skiss över ett tillrinningsområde av storlek 100-200 km², Flödesproportionell mätning vid utloppet och stickprovsmätningar uppströms för att identifiera de områden som läcker mest näringsämnen.

3. Nästa steg är att sätta upp fysikalisk modellering. Långsiktigt sett vore det lämpligt att sätta upp modellerna så att de helt täcker vart och ett av de fem stora jordbruksområdena, eftersom det då skulle gå snabbt att senare detaljmodellera tillrinningsområden som ligger längre ner på prioriteringslistan, vilket kan bli nödvändigt om de åtgärder som genomförs under de första 5-6 åren inte räcker. Kostnaden för att helt täcka de fem stora jordbruksområdena blir dock relativt hög, ca 9 milj kr, och till det kommer detaljmodellering i de prioriterade tillrinningsområdena, kostnad ca 5 milj kr, totalt 14 milj kr. Under rubriken 'Kostnader' nedan presenteras grunderna för kostnadsbedömningen.

Ett alternativ är modelluppsättning endast för de tillrinningsområden (100-200 km² stora) vilka identifierats som högläckande med de flödesproportionella mätningarna, och där bidraget från punktkällor och enskilda avlopp enligt HOME-Vatten är jämförelsevis lågt.

Två fysikaliska modeller sätts upp för vart och ett av de fem stora jordbruksområdena (Skåne, Östgötaslätten etc.). Två modeller ger möjlighet till ensemblemodellering med jämförelser av resultat och stärkt säkerhet rörande modellresultatens riktighet. De modeller som kan hantera detaljdata och simulera effekten i vattendraget av alla de åtgärder som berör jordbruket är ArcSWAT och HSPF. Dessa modeller är likartade, men för ArcSWAT finns osäkerheter i retentionsmodelleringen. ArcSWAT är å andra sidan beprövad i Sverige, för flera avrinningsområden. HSPF beräknar även internbelastning vilket är en fördel. Modellering med båda dessa modeller rekommenderas – d.v.s ensemblemodellering. Modellerna kalibreras och valideras mot de flödesproportionella mätningarna som beskrivs under punkt 1 ovan (vid mynningar i 100-200 km² stora områden). Tidigare resultat har visat att modellkalibreringen kräver ett utvecklingsmoment, eftersom en fysikalisk modell som kalibrerats in i ett jordbruksområde och sedan sätts upp och körs med samma parametervärden i ett annat område inte nödvändigtvis ger bra resultat. Som exempel kan

nämnas att körning av SWAT gett dåliga resultat i Halland, trots att den efter kalibrering i flera projekt i Mälardalen ger bra resultat där. Detta beror på att jordarna i Halland är annorlunda med större mo-mjåla inslag i lerjordar, vilket SWAT inte kan hantera utan en relativt omfattande rekaleringsprocess. Rekaleringsprocessen behövs dock inte för varje tillrinningsområde (storlek 100-200 km²), utan när modeller sätts upp för första gången i en ny jordbruksregion.

4. När uppströmsområden, ca 25 km² stora, identifierats som prioriterade för jordbruksåtgärder med hjälp av stickprovskampanjerna insamlas detaljerade data rörande jordarter och markförråd av fosfor och kväve, brukningsmetoder och genomförda åtgärder från lantbrukarna. Det kan noteras att de flödesproportionella mätningarna och stickprovskampanjerna tillsammans avslöjar om lantbrukarnas information om brukningsmetoder och gödsling i vissa fall utgör skönmålningar.

I detta skede, om ett par år, finns troligen bättre höjddata från laserkartläggning tillgänglig. Sådana data läggs in för de prioriterade uppströmsområdena. Därefter simuleras åtgärdseffektivitet för aktuella åtgärder. Urvalet av åtgärder bygger bland annat på de flödesproportionella mätningarna och kunskap om läckagedynamiken vid nederbördstoppar och snösmältning.

5. Beräkningar av retention och internbelastning bör utföras samlat för ett stort jordbruksområde, eftersom det görs mest effektivt på det sättet. HSPF är den enda avrinningsområdesmodellen som har förutsättningar att klara detta. Retention och internbelastning kan också beräknas med hjälp av en separat vattendragsmodell, som CE-QUAL-W2. Retention kan möjligen beräknas med tillräcklig noggrannhet med HYPE, men vi har inte insyn i beräkningsfunktionerna för retention i HYPE-modellen. I vilket fall som helst krävs då separat sjömodellering för sjöar med eventuell internbelastning med t.ex. Biola eller Leeds. HOME-Vatten som kopplar till HYPE har bland annat satts upp för Östergötland, Skåne-Blekinge, Småland och Norra Östersjön.
6. Kostnadseffektivitet för de aktuella åtgärderna beräknas med hjälp av modellresultaten, med avseende på effekten i recipienten och vid utloppet i havet. De bäst lämpade åtgärderna för respektive prioriterat uppströmsområde väljs ut.

8.2 Kostnadsbedömning

För flödesproportionella mätningar i mynningar för 20 tillrinningsområden av 100-200 km² storlek görs följande kostnadsbedömning: IVL har från och med hösten 2010 tillgång till ca 15 mätare och provtagare för automatisk flödesproportionell provtagning från pågående projekt som då avslutas. Därmed kan en investeringskostnad på drygt en miljon kr undvikas. Dessa kompletteras lämpligen med utrustning för ytterligare fem stationer till en kostnad av ca 400 tkr. Installation av utrustning, skötsel, provhämtning, laboratorieanalyser och utvärdering för mätningar oktober-juni beräknas kosta ca 65 tkr per station. För 20 tillrinningsområden blir kostnaden 1,3 milj kr per år. Stickprovskontrollerna uppströms i *prioriterade* tillrinningsområden (kanske 6-7 områden av 20) kostar ca 15 tkr per tillrinningsområde. Fem års mätningar kommer att täcka alla de fem stora jordbruksområdena. Totalt blir kostnaden alltså 1,4 milj kr per år, i fem år, plus en investeringskostnad på 400 tkr första året.

Fysikalisk modellering har tidigare satts upp för Mälarens närområde (4900 km² varav Mälaren täcker 1120 km²). Närområdet består av de bäckar och krandiken som inte rinner till de tolv Mälåraarna utan direkt till sjön. Dessutom har fysikalisk modellering satts upp för fem av de tolv åarna; Hedströmmen, Köpingsån, Svartån, Sagån och Örsunda, samt för ett mindre delområde i Lagans avrinningsområde (Halland). De fem Mälåraarna täcker ett område som är ca 3900 km² stort. För Mälardalen-Uppsalaslätten finns alltså en fysikalisk modell uppsatt för huvuddelen av området. Fyrisåns, Eskilstunaåns, Arbogaåns och ytterligare några mindre avrinningsområden täcks inte.

Med erfarenheterna från Mälardalen, både med avseende på flödesproportionella mätningar och uppsättning av fysikalisk modellering gör vi följande kostnadsbedömning:

Uppsättning av två fysikaliska modeller i fyra stora jordbruksområden samt delar av Mälardalen-Uppsalaslätten inkluderande kalibrering och validering mot mätdata beräknas kosta ca 1 miljon kr för ett delområde av 2000-2500 km² storlek. Större än så bör modelluppsättningarna inte vara med tanke den alltmer komplexa kalibreringen då områdesstorleken ökar. Skåne (dock inte den skogsdominerade norra delen) delas in i tre delområden, Hallands kustbyggd blir ett område, Västgötaslätten delas in i två områden, Östgötaslätten i två områden, Fyrisån blir ett område och nedre delarna av Eskilstunaån och Arbogaån ett område. Totalkostnaden blir ca 9 milj kr, utslaget på fem år; 1,8 milj kr per år. I detta koncept är nästa steg insamling av detaljdata i prioriterade uppströmsområden, modellberäkningar av åtgärdseffekter, beräkningar av kostnadseffektivitet och val av bäst lämpade åtgärder i uppströmsområden. Detta beräknas kosta ca 150 tkr per tillrinningsområde (100-200 km² stort). Om 6-7 av de 20 tillrinningsområden som mäts flödesproportionellt varje år identifieras för prioritering, blir den årliga kostnaden ca 1 milj kr, det vill säga 5 milj kr för de fem stora jordbruksområdena. Totalt blir kostnaden för detta modelleringskoncept ca 14 milj kr.

Ett alternativ som ger lägre kostnader är alltså att istället genomföra fysikalisk modellering endast i de högläckande tillrinningsområdena (100-200 km² stora). Kostnaden för uppsättning av två fysikaliska modeller i ett tillrinningsområde av storlek 100-200 km² är ca 250 tkr. Detta inkluderar insamling av detaljerade data för prioriterade uppströmsområden (kan vara flera ca 25 km² stora uppströmsområden inom tillrinningsområdet) som; jordarter och markförråd av fosfor och kväve, brukningsmetoder, genomförda åtgärder som t.ex. kantzoner etc., och bättre höjddata från laserkartläggning. Det inkluderar också simulering av åtgärdseffektivitet för aktuella åtgärder, och beräkning av kostnadseffektivitet för de olika åtgärderna i recipienten. Om i genomsnitt sju av tjugotillrinningsområden identifieras som högläckande blir kostnaden ca 1,75 milj kr per år, totalt ca 8,7 milj kr under fem år.

För beräkning av kostnadseffektivitet vid utloppet i havet krävs modellering av retention. För avrinningsområden där det finns sjöar med risk för internbelastning behövs även modellering av internbelastning. Vår rekommendation här är att under de första åren modellera retention med HYPE/HOME-Vatten och internbelastning med en modell av typ Biola eller Leeds, samt med de funktioner som ingår i HSPF. Det ger möjlighet till korsvalidering, samt till att dra slutsatser om vilket alternativ som ger bäst resultat. Kostnaden bedöms vara relativt låg, eftersom både retentions och internbelastning ingår i HSPF modelleringen. Retention ingår i HYPE/HOME Vatten vilken redan satts upp för flera av områdena. Endimensionella modeller som Biola och Leeds kan köras relativt snabbt kopplat till HYPE/HOME Vatten, men i både detta och HSPF-alternativet behövs insamling av fälldata från sjöar med risk för internbelastning. Exempel på sjöar med risk för internbelastning är delar av Mälaren, Hjälmaran och Väneren, samt Yngaren, Glan, Roxen, Vombsjön, Ringsjön, Hammarsjön-Araslövssjön samt några mindre sjöar i Skåne, Västergötland

och Östergötland. Vår bedömning är att kostnaden för inhämtning av fältdata samt sjömodellering inkluderande båda de två modellalternativen ligger på ca 1,8 milj kr totalt för de nio större sjöar som nämnts.

Med dessa komponenter erhålls ett beslutsstödssystem som ger ett gott underlag vid bedömning av inkommande anbud om kompensatoriska åtgärder. Anbudsförfarandet kan inledas efter ca två år, sedan mätningar och modellering slutförts i det första stora jordbruksområdet.

Det bör noteras att kostnadsberäkningen är grov. Det finns ett antal faktorer som kan styra kostnaderna uppåt eller neråt. Till exempel; om de två fysikaliska modellerna ger i stort sett identiska resultat i de två första stora jordbruksområden som modelleras kan slutsatsen dras att det räcker med en modell, och då minskar kostnaderna (dock inte med hälften eftersom databasuppsättning för två modeller samordnas i mycket hög grad, utan snarare med 15-20%). Om information från lantbrukarna om jordar och brukningsmetoder m.m. kan erhållas automatiserat via Jordbruksverket eller NV istället för genom besök och intervjuer kan kostnaden reduceras med 10-15%. Vidare kan hantering av höjddata från laserkartering visa sig vara mer tidskrävande in vi antagit här.

Tabell 1: Sammanställning av kostnadsbedömning

Deluppgift	Kostnad (tkr), ett tillrinningsområde (100-200 km ²)	Kostnad (tkr) Totalt för de fem stora jordbruksområdena	Kostnad (tkr) per år (fem år)
Flödesproportionella mätningar och stickprovsmätningar	65, plus 15 tkr i prio-områden	7500	1400 (plus 400 år 1)
Uppsättning av fysikalisk modellering, kalibrering och modellering av åtgärdseffekt i recipienten	250	8700	1750
Beräkning av internbelastning i större sjöar med risk för internbelastning. Beräkning av kostnadseffektivitet vid utlopp i hav för sådana områden		2000	400
Totalt	320	Ca 18000	Ca 3500

Dessa rekommendationer och kostnadsberäkningar ligger utanför uppdraget, men vi har efter anmodan från NV inkluderat dem. Dessutom vill vi vederlägga en spridd uppfattning om att det med enkel eller översiktlig modellering går att identifiera lämpliga åtgärder. Med långvarig modelleringserfarenhet och med kunnande om hur varierande jordbrukslandskapet är och hur varierat de svenska lantbrukarna sköter bland annat gödsling, vill vi peka på att det inte går att identifiera var och hur åtgärder i jordbrukslandskapet ska sättas in utan mätningar och detaljerad modellering. För punktkällor och enskilda avlopp är problematiken enklare.

Vi vill understryka att den logiska slutsatsen av att 1) regional och nationell modellering inte klarar att återspegla jordbrukslandskapets variationer, och 2) modellering inte kan identifiera områden där lantbrukarna inte följer brukningsrekommendationerna, är att nationell/regional modellering inte kan användas för RU 13 syften vid utvärdering av åtgärder på åtgärdsmarknaden. Detta eftersom modellering på den skalan i alltför många fall skulle orsaka felprioritering. Dessa felprioriteringar skulle ge stora ekonomiska och ekologiska förluster i form av att målsättningen, reduktion av

fosfor- och kväveutsläpp, inte skulle nås, vilket skulle kräva nya åtgärder. De ekonomiska förlusterna skulle vida överstiga kostnaderna för det beslutsstöds-koncept vi presenterar ovan.

9 Slutsatser

Sammantaget kan konkluderas att för åtgärder rörande enskilda avlopp och punktkällor kan samtliga de enklare konceptuella modellerna ge goda åtgärdssimuleringar. De modeller som har utvecklade gränssnitt, GIS-koppling och inbyggd kunskap om effekter av olika tekniklösningar gör arbetet lättare för användaren. För åtgärder adresserande jordbruksläckage tror vi att mätningar enligt beskrivningen ovan är nödvändiga, i kombination med lokal åtgärdsmodellering med fysikaliska modeller samt modellering av internbelastning i sjöar där risk för sådan belastning föreligger. Vi har ovan presenterat ett tillvägagångssätt och ungefärliga kostnader för ett beslutsstöds-system som skulle tillgodose behovet inom RU 13, d.v.s utgöra ett verktyg för att välja ut vilka av de åtgärder som kommer in till den reglerande myndigheten via ett anbuds-förfarande som ska erhålla medel. Detta system skulle även tillgodose Jordbruksverkets behov av underlag för miljö-stöd till lantbrukare.

För att förstärka kalibreringen av HYPE är SMHI i färd med att ta fram nya hydrologiska kalibreringsdata med hjälp av mobila mätstationer. Samtidigt har IVL byggt upp en omfattande pool av automatiska provtagare styrda av flödesmätare. Dessa resurser skulle kunna samutnyttjas för genomförande av de flödesproportionella mätningar i tillrinningsområden av storlek 100-200 km² som föreslås ovan. SMHI och IVL skulle då gemensamt behöva samverka och prioritera mätningar i de fem stora jordbruksområdena, på uppdrag av NV.

Vi vill också avslutningsvis notera att modellering med endast en modell, särskilt om denna inte har öppna och granskningsbara beräkningsfunktioner, medför risker och ifrågasättanden, framförallt om intressenter åläggs eller får medel för att utföra åtgärder identifierade med en sådan modell. Ensemble-modellering, det vill säga modellering av ett område med flera modeller, med så långt möjligt samma indata, tillåter jämförelser och korsvalidering av modellresultat vilket drastiskt stärker tillförlitligheten. Detta gäller på nationell såväl som lokal nivå. Vi rekommenderar därför ensemblemodellering för den detaljmodellering i de prioriterade tillrinningsområdena som föreslås ovan. De fysikaliska modeller som lämpar sig bäst för sådan modellering är HSPF och ArcSWAT.

10 Referenser

- Ekstrand, S, Mancinelli C (editors). 2009. Twinning European and Latin American river basins for research enabling sustainable water resources management - TWINLATIN final report, short version. 250 s.
- Brandt, M., Larsson, M., Wallin, M., Rosberg, J., Pers, Charlotta, Wallenberg, P, 2006. Modellering av fosforflöden med olika modellsystem. SMED-rapport. 37 s.
- Wallin, M, Olsson, H, Zakrisson, J, 2004. Påverkansbedömning för ytvatten enligt EG's Ramdirektiv för vatten – tillgängliga metoder, verktyg, och modeller samt utvecklingsmöjligheter för SMED&SLU. SMED&SLU-rapport nr 9.
- Shoumans, O, Silgram, M, 2003. Review and Literature evaluation of quantification tools for the assessment of nutrient losses at catchment scale. (EUROHARP report 1-2003, 120 s.

Stjernman-Forsberg, L., Kynkäänniemi, P., Kyllmar, K., 2009. Växtnäringsförluster i små jordbruksdominerade avrinningsområden 2007/2008. *Ekohydrologi* 112, SLU 48 s

Samtliga modeller som beskrivits i rapporten återfinns på Internet, och sökningar på modellnamnen ger i nästan samtliga fall snabb åtkomst till manualer och/eller tekniska beskrivningar. Vi har därför valt att inte lista referenser till de olika modellernas manualer.

Bilaga 1

Modell	Modelltyp	Beräknar belastning	Beräknar retention	Beräknar internbelastning	Kan hantera lokal detaljinformation med hög geografisk upplösning	Beräknar effekter för större delen av de aktuella jordbruksåtgärderna	Beräknar effekter för åtgärder riktade mot punktkällor och enskilda avlopp
AVGWLF-PREDICT	Konceptuell	X					X
FYRISQ-FYRISNP	Konceptuell	X	X			X	(x)
HSPF	Fysikalisk	X	X	X	X	X	X
HYPE/HOME-Vatten	Semi-fysikalisk	X	X				X
MIKE BASIN	Konceptuell	X	(x)				X
ArcSWAT	Fysikalisk	X	(x)		X	X	X
WARMF	Fysikalisk	X	(x)				
WATSHMAN	Konceptuell	X	X				X

X = Ja

(x) = mycket enkel beräkning, eller beräkning i annan, kopplad modell

Bilaga 2 Modellbeskrivningar

Modellnamn

AVGWLF-PREDICT

Modellägare – utvecklingshistorik

Pennsylvania State University. Kärnan skrevs redan 1987 som en DOS-version vilken uppdaterats i Visual Basic. Fördelen är att den ”kräver mindre komplexa indataset än t.ex SWAT och HSPF etc.

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

1. Belastning
Ja
2. Retention
Nja, mycket enkel
3. Internbelastning
Nej
4. Åtgärder och scenarier
Ja

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

Ytvattenavrinning beräknas med SCS – Curve Numbermetodiken, som t.ex. Watshman. Erosion och sediment beräknas med USLE-algoritmen. N och P beräknas med läckagekoefficienter. Det kan noteras att en stream bank erosion-algoritm har lagts till. Vidare har en modul för att beräkna effekter av att använda BMPs, Best Management Practices. Nya rutiner har också lagts in för att beräkna utsläpp från djurgårdar.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

Tre filer med data om transport, näringsämnen och väderdata.

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Se ovan. Även t.ex. data om vilka månader som gödsel sprids. Många dataset som används är optionella, d.v.s användaren kan ändra dem, men default-filer kan också användas, och flaggas för att just default-filer används. BMP-scenarier kan läggas in.

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Utvecklad för stora avrinningsområden (original exemplet 32 områden för Pennsylvania). Gör ingen geografisk distribution av källområden (t.ex jordbruk) utan håller bara reda på en areal inom det stora avrinningsområdet. Bygger på regionala approximeringar för variabler som varierar mycket spatiellt.

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Tidsupplösning

Dagliga tidssteg för meteorologiska data och vattenbalansberäkning. Beräkning av näringsämnen sker månadsvis.

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarier.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

Ospecificerat inom stora avrinningsområden

För vilka tekniska modifikationer finns åtgärdseffekt listad?

PRedICT har många scenariooptioner för reningsverk och enskilda avlopp.

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skyddszoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Effekter av Best Management Practices kan beräknas.

Hänvisas till PRediCT, som kan bygga scenarier för jordbruks- och urbana BMPs, vattendragsskydd (Stream protection activities), och anslutning till KARV. PRediCT ger också grov kostnadsinformation för ett antal åtgärder.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Ingen retentionsberäkning för vattendrag.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Mycket enkel beräkning av retention i sjöar och dammar.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1-dimensionella, sjöyta ggr en koefficient.

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Ingen rums eller tidsupplösning

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Synbarligen inga sådana analyser

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Pris och driftskostnader

Freeware

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Finns inga supportfunktioner.

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Vilka riktar sig modellen till?

Tillgång till support på tio års sikt

n/a

Modellnamn

HSPF

Modellägare – utvecklingshistorik

Aqua Terra, USA

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

5. Belastning
Ja
6. Retention
Ja
7. Internbelastning
Ja
8. Åtgärder och scenarier
Ja

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

HSPF innehåller fyra applikationsmoduler. PERLND beräknar ytavrinning, lateralt markvattenflöde och grundvattenflöde. Vattenlager i marken simuleras liksom lagring och smältning av snö. Flöden av kväve och fosfor m.m. kan simuleras. Modulen IMPLND används för impermeable ytor. RCHRES simulerar hur vatten och ämnen transporteras genom vattendragssystemet. Modulen beräknar retention och internbelastning. Modulen BMPRAC är en åtgärdsmodul där effekter av olika åtgärder för belastningar kan läggas in och simuleras.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

En meteorologisk fil, markanvändning, andel impermeabel mark per klass, höjdfil, vattendragsfil, belastningsdata för punktkällor, atmosfärisk belastning, mätdata.

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Från några hektar och uppåt. Oklart om den baseras på HRU eller delavrinningsområden

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Stor

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarioer.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

Oklart

För vilka tekniska modifieringar finns åtgärdseffekt listad?

Belastning från punktkällorna ändras.

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Operatören måste känna till vilken effekt på belastningen en teknisk modifiering har.

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skydds-zoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Markanvändning kan ändras, liksom meteorologiska data. Åtgärdsmodulen BMPRAC innehåller också ett antal färdiga åtgärdsförslag som kan åsättas en valbar andel av de olika markanvändningsklasserna. Bl.a. ingår våtmarker och sedimentationsbassänger. Månadsvisa modifieringar kan ställas in. Modulen SPEC ACTIONS beräknar effekterna av ändrade brukningsmetoder som gödsling och skörd, plöjning, plantering, radkultivering, spridning av pesticider, stallgödsel och konstgödsel (N eller P).

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Hanteras/presenteras inte.

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

RCHRES simulerar hur vatten och ämnen transporteras genom vattendragssystemet. Modulen beräknar retention och internbelastning, och tar hänsyn t.ex. till temp. pH, plankton, N- och P- balanser m.m.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1 dimensionella inom segment.

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Se retention i vattendrag ovan

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1 dimensionella inom segment

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?
Kalibreringshjälpen PEST producerar en känslighetsfil som visar känsligheten för olika parametrar. Filen kan ev. användas för en känslighetsanalys.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalys?

Pris och driftskostnader

Freeware, US EPA.

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Ingen support

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Okänt

Vilka riktar sig modellen till?

Myndigheter med ett ansvar för vattenförvaltning

Tillgång till support på tio års sikt

Modellnamn

WARMF

Modellägare – utvecklingshistorik

Electric Power Research Institute, California. GIS-baserat verktyg utvecklat som ett DSS för att ta fram TMDL (total maximum daily loads). Har tillämpats på 15 avrinningsområden i USA och internationellt.

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

9. Belastning
Ja
10. Retention
Ja
11. Internbelastning
Om den körs tillsammans med CE-QUAL-W2
12. Åtgärder och scenarier
Vissa

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

Är organiserad i fem länkade moduler, med användarvänlig grafik och karthantering. Avrinning beräknas med fysikaliska principer, inte med SCS-CN-metodik. Simuleringar med åtgärder (BMPs) kan enkelt köras, men urvalet av BMPs verkar begränsat. För att beräkna retention körs andra modeller, tex. CE-QUAL-W2. Kärnmodulen guidar användaren till att beräkna belastningar för N, P och andra ämnen, som är acceptabla för vattenförekomsten. Därefter kan vissa BMP:s testas för att se om man når ner till den acceptabla nivån. Intressant tillvägagångssätt. Belastningar på en vattenförekomst kan spåras tillbaka i systemet så att man kan se var de kommer ifrån.

Det kan noteras att för gödsling sätts enbart mängden 'animal droppings', sopor, och bilavgaser. Modellen är alltså utvecklad för områden dominerade av boskapsskötsel. Gödslingsrutiner för spannmål och andra grödor ingår inte.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

Vegetation, jordarter, vattendrag/sjöar, meteorologi, punktkällor, mätdata, luftkvalitet,

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Oklart

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Utvecklad för stora avrinningsområden, med indelning i stora 'catchments'

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Oklart

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Anges ej

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Trial and error, väl beskrivet i manualen, men tidsåtgången okänd.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Anges ej

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Anges ej, troligen lång tid eftersom indata måste skapas till en separat modell som sedan körs.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Välbeskriven logik, användaren för hjälp av en 'road map' i varje modul.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarier.

Oklart

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Inga vetenskapliga studier angivna

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Anges ej

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

För vilka tekniska modifikationer finns åtgärdseffekt listad?

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skydds-zoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

De Best Management Practices som kan simuleras inkluderar boskapskötsel (te.x. 'fencing', och direkt tillgång till vattendraget), volym för retentionsdammar, gatusopning och kantzoner (procent av marken som har kantzon, bredd, roughness, lutning). Alltså ett litet antal åtgärder som inte är optimerade för svenska förhållanden.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Tycks inte beräknas

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i sjöar (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Avancerad och detaljerad beräkning om modellen CE-QUAL-W2 används.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

2-dimensionella

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Ytavrinning och ytligt grundvatten.

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Nitrat och Fosfat, ev. även totalvärden men det är oklart i manualen.

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Separat i annan modell

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Som nya beräkningsresultat, i kart och diagramform

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Ingår inte

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Pris och driftskostnader

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Vilka riktar sig modellen till?

Tillgång till support på tio års sikt

Modellnamn

WATSHMAN

Modellägare – utvecklingshistorik

IVL Svenska Miljöinstitutet

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

13. Belastning
Ja
14. Retention
Ja, en enkel beräkningsfunktion
15. Internbelastning
Nej
16. Åtgärder och scenarier
Ja, detaljerad för punktkällor, förenklad för diffusa källor.

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

Vattenbalansmodelleringen bygger på SCS-Curve Number-metodik, med dagliga värden för meteorologi och beräkningar. N- och P-läckage från diffusa källor beräknas med läckagekoefficienter, t.ex PLC-koefficienter. Punktkällor och enskilda avlopp läggs på exakta koordinater. Belastningen beräknas månadsvis. Retention beräknas med en funktion som tar hänsyn till vattendragets/sjöns yta och vattnets temperatur. Internbelastning beräknas inte. En åtgärdsmodul möjliggör snabb beräkning av effekter av ändrad reningsteknik i reningsverk och enskilda avlopp. Effekter av förändrad markanvändning kan beräknas, inkluderande nya våtmarker, men inte förändrade brukningsmetoder i jordbruket. Watsbmans styrka är användarvänlighet och ett lättanvänt gränssnitt för modellkörning, databashantering och åtgärdssimuleringar.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

Meteorologi, vattendragsskikt, markanvändning, jordarter, terrängmodell, punktkällor,

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Enskilda avlopp, hydrologiska kalibreringsdata,

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Utvecklad för små och medelstora avrinningsområden. De minsta enheterna är ofta ca 10-20 km², men kan vara mindre.

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Relativt stor flexibilitet. Beräkningstiden blir acceptabel även med små delavrinningsområden.

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Cirka en vecka

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Beräknad transport jämförs med uppmätta flödes- och vattenkvalitetsdata vid provpunkter.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Några minuter

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Sekunder

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Watsbman består av fyra olika beräkningsrutiner; avrinningsberäkning, belastningsberäkning, retentionsberäkning och transportberäkning. Ett välutvecklat gränssnitt finns för databantering, avrinning-belastnings-retentions-transportberäkningar, samt åtgärdsscenarioer. Watsbman 1.0 är uppbyggt i Visual Basic med kartkomponenter från MapObjects. Som databas används Access eller SQL-server. Watsbman kopplas till en ArcIMS-client vilket gör att externa användare kan hämta resultat och utföra enkla scenariestudier med en vanlig webbläsare. Det är också möjligt att skicka mätdata till systemet över internet.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarioer.

Förändringar i punktkällor och markanvändning anges i ett särskilt anpassat gränssnitt, därefter körs modelleringen på nytt.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Flera tekniska rapporter där jämförelser mellan modellerade och uppmätta data presenteras. En vetenskaplig artikel som jämför Watsbman med SWAT är inskickad och under granskning.

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

R² värden för månadsvärden för avrinning och N- Och P- transport ligger mellan 0,70-0,90.

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

Läggs på koordinater

För vilka tekniska modifieringar finns åtgärdseffekt listad?

Olika huvudtyper av reningsverk, olika alternativ för enskilda avlopp som enbart slamavskiljare, markbädd, infiltrationsanläggning, slutna tank.

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Kan enkelt uppdateras

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skyddszoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Våtmarker, markanvändning, gröda.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Presenteras inte i nuvarande version.

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Retention beräknas med en funktion som tar hänsyn till vattendragets/sjöns yta och vattnets temperatur.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

En dimensionell för varje segment.

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Månadsvis

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Retention beräknas med en funktion som tar hänsyn till vattendragets/sjöns yta och vattnets temperatur.

Internbelastning beräknas inte.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

En-dimensionell för varje sjö

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Månadsvis

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Avrinning och transport i vattendrag.

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Belastning, transport, TOT-P, TOT-N. Månadsvis, årsvis och för flera år.

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Presenteras inte separat

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Som ny resultatberäkning med grafisk presentation i kart- och diagramform.

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Ingår inte.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Pris och driftskostnader

Inköp ca 20.000 kr, support 10-20.000 kr beroende på avtalets karaktär.

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Fullt utvecklad support

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Styrt av ekonomi och efterfrågan

Vilka riktar sig modellen till?

Handläggare på länsstyrelser, vattenvårdsförbund och kommuner.

Tillgång till support på tio års sikt

Garanterad

Modellnamn

HYPE (HYdrological Predictions for the Environment)

Modellägare – utvecklingshistorik

SMHI – Modellen utvecklades på SMHI mellan 2005-2008 och kan ses som en ersättare/komplement till HBV-NP-systemet. I HBV-NP sammanlänkades den hydrologiska HBV-modellen med närtsaltsmodellerna SOIL-N (kväve) och ICECREAM (fosfor). I systemet läggs utdata från SOIL-N och ICECREAM i form av typkoncentrationer för rotzonsläckage för olika markanvändningar till vattnet i de olika flödesvägarna i HBV-modellen. Detta var ett relativt tungt system med ett antal icke självklara kopplingar mellan modellerna. I den nya modellen är vattnet och närtsaltsberäkningar integrerade på ett mer logiskt sätt.

Befintlig dokumentation om HYSS-HYPE

Filbeskrivning

Beskrivning av HYSS-procedurer, 2008-02-12

Dokumentation av HYPE-modellen, 2008-01-30

Vetenskapliga artiklar

Lindström, G., Pers, C. Rosberg, J., Strömquist, J. and B. Arheimer, 2009. Development and test of the HYPE (Hydrological Predictions in the Environment) model - A water quality model for different spatial scales, submitted to Hydrology Research.

Konferensbidrag

Donnelly, C., J. Dahne, G. Lindström, J. Rosberg, J. Strömquist, C. Pers, W. Yang and B. Arheimer, 2009. An evaluation of multi-basin hydrological modelling for predictions in ungauged basins, submitted to 8th IAHS Scientific Assembly, Hyderabad.

Strömquist, J., J. Dahne, C. Donnelly, G. Lindström, J. Rosberg, C. Pers, W. Yang and B. Arheimer, 2009. Using recently developed global data sets for hydrological predictions, submitted to 8th IAHS Scientific Assembly, Hyderabad.

Arheimer, B., Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J. and J. Strömquist, 2008. Development and test of a new Swedish water quality model for small-scale and large-scale applications. XXV Nordic Hydrological Conference, Reykjavik, August 11-13, 2008. NHP Report No. 50, pp. 483-492. finns i DM #75773

Pers, C., G. Lindström, J. Rosberg, B. Arheimer, and L. Andersson. 2006. Development of a new distributed hydrological model for large-scale and small-scale applications, In: Proceedings of the XXIV Nordic Hydrological Conference 2006, Eds: J.C. Refsgaard and A.L. Höjberg, NHP Report No. 49, 307-314. finns i DM #75774

Hemsidor

På nya SMHI-webben kommer en hemsida som beskriver modellen finnas.

Produktblad

E-HYPE finns i DM #74309

Balt-HYPE finns i DM #74308

Beräkningsfunktionalitet

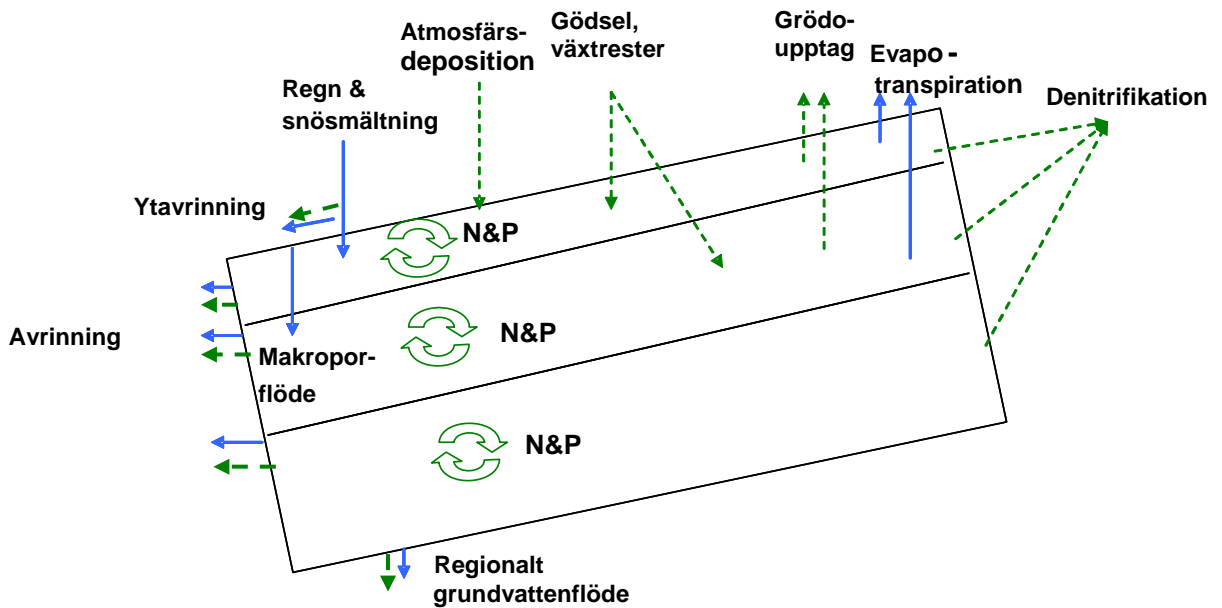
Finns beräkningsfunktioner för:

17. Belastning -Ja
18. Retention -Ja
19. Internbelastning- Nej
20. Åtgärder och scenarier - Ja

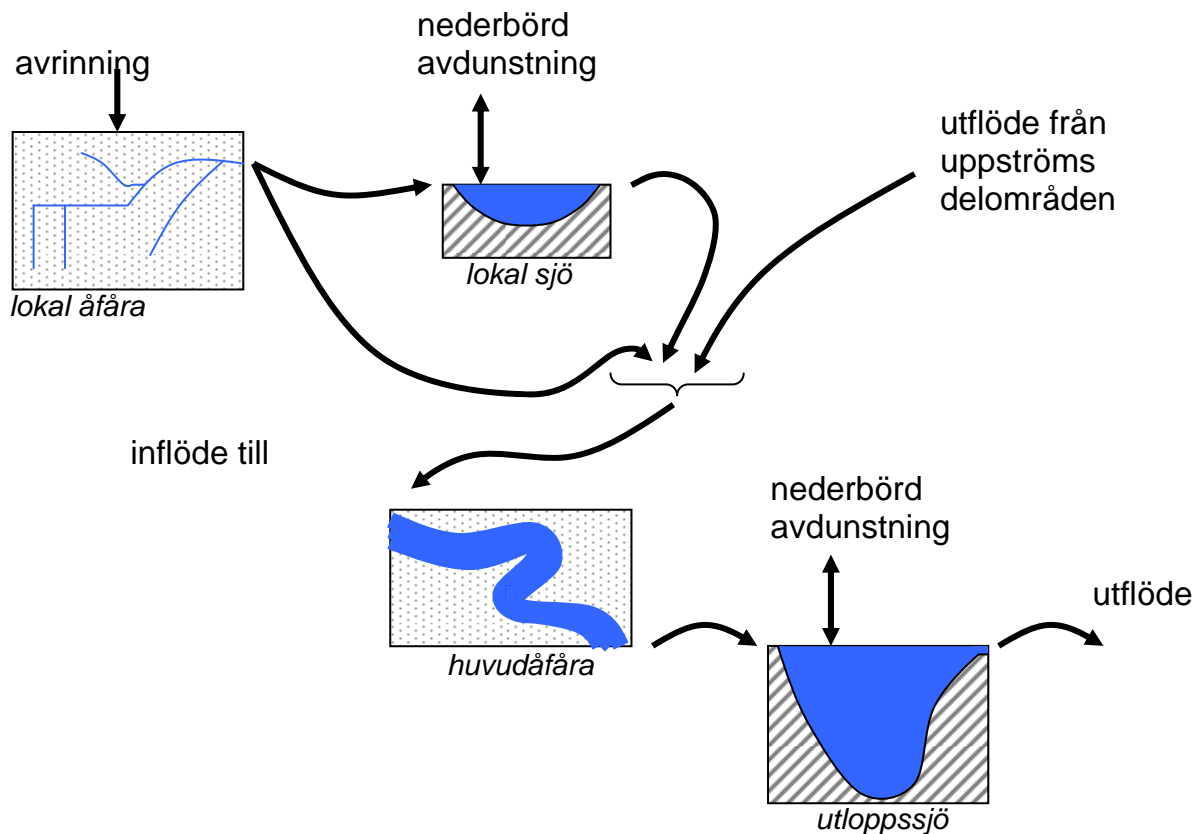
Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

HYPE har separata beräkningar av vattenflöden samt transport- och omvandlingar av närsalter i mark, vattendrag och sjöar. Det är möjligt att endast köra hydrologidelen av modellen. Parametrarna i modellen kan vara generella för det modellerade området eller knutna till markanvändning eller jordart. Det modellerade området delas in i delavrinningsområden med angivna kopplingar mellan områdena. Inom varje delavrinningsområde finns en fördelning av s.k. markanvändnings-jordartsklasser (SLC) som är den minsta beräkningsenheten i modellen. För varje SLC beräknas avrinning och uttransport av näringsämnen. Marken i varje SLC är uppdelad i 1-3 skikt med specifika djup och simulerade markvattenhalter. Regn och smält snö infiltrerar i det översta markskiktet. Inom varje markskikt finns ett antal kväve- och fosforpooler med olika egenskaper. För kväve finns en pool med snabbt och en med långsamt nedbrytbart material från vilket kväve frigörs genom nedbrytnings och mineraliserings processer. Det finns även pooler med mobilt organiskt och oorganiskt kväve. Även för fosfor finns det snabbt och långsamt nedbrytbara pooler. Löst fosfor i markvattnet regleras genom en jämvikt med markens mineralpartiklar. Kväve och fosfor tillförs till de olika poolerna genom näringskällor som atmosfärisk deposition, gödsling samt nedbrytning och återföring av växtröster. Sänkor av näringsämnen inkluderar växtupptag och denitrifikation (Figur 1). Genom erosionsprocesser kan partikulärt fosfor transporteras till vattendragen. Mobilisering markpartiklar på ytan sker genom bortslagning av erosivt regn eller genom att ytavrinnande vatten skrapar bort markpartiklar. Eroderat material transporteras till vattendragen med ytavrinnande vatten eller genom dräneringsrör (via makroporflöde). Flöde av vatten och lösta närsalter (som koncentrationer) kan ske mellan markskikten och ut från markprofilen ifrån den delen av marken som ligger under den beräknade grundvattenytan. Avrinningen från skikten bestäms av avrinningskoefficienter. Ytavrinning kan ske då det översta markskiktet blir mättat eller p.g.a. att infiltrationskapaciteten överstigs. Avrunnet vatten och närsalter hamnar i modellens sjö- och vattendragssystem (Figur 2).

Vattendrag delas in i lokala och huvudvattendrag. Lokala vattendrag tar emot lokal avrinning från samtliga SLC-klasser i delavrinningsområdet. Huvudvattendraget tar emot vatten från uppströms liggande områden samt vatten som har passerat den lokala åfäran. Även sjöarna i modellen är indelade i två typer; lokala sjöar samt utloppssjöar. Lokala sjöar kan ta emot vatten från de lokala vattendragen. Utloppssjöar ligger vid utloppet av delavrinningsområden och tar emot vatten från huvudvattendraget samt den lokala sjön/åfäran. I både sjöar och vattendrag sker processer som påverkar mängden närsalter samt fördelningen av de olika formerna (se avsnittet "Retention").



Figur 1. Vatten- och näringsflöden i modellen.



Figur 2. Schematisk bild av koppling mellan mark, sjöar och vattendrag i ett delavrinningsområde.

Beräkningarna sker med ett tidssteg på ett dygn.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

*Drivdata - Nederbörd och Temperatur (dygnsvärden).
Delavrinningsområdets storlek och koppling.
Markanvändning och jordart.
Lutning*

För närsaltsberäkningar tillkommer:

*Jordbrukdata.
Kvävedeposition (torr och våt).
Sjödjup.
Punktkällor och enskilda avlopp.*

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

*Individuella regleringsrutiner för sjöar
Huvudvattendragets längd*

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Modellen är utvecklad för delavrinningsområden. Inom varje delavrinningsområde finns en fördelning av s.k. markanvändnings-jordartsklasser som är minsta beräkningsenhet i modellen (kan jämföras med HRU). Delavrinningsområdenas storlek är flexibelt och beror på den aktuella tillämpningen.

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Det är relativt enkelt göra om indatafilerna utifall att delområdesuppdelningen ändras.

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga? *0.5 -2 dygn beroende på format på data .*

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Det föreslås att modellen kalibreras stegvis. Först kalibreras de olika delarna som påverkar hydrologin (t.ex. snösmältning, avdunstning, avrinningskoefficienter) sedan de som påverkar närsalterna. Markparametrar kalibreras innan sjö/åfare-parametrar. Detta är troligtvis en iterativ process. Funktioner för automatisk kalibrering finns inom modell systemet. Eftersom flertalet parametrar är knutna till markanvändning och jordart kan parametervärden 'flyttas' från tidigare modelluppsättningar.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen). *<1 min*

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor. 1-5 min. Åtgärdseffekter kräver att modellen körs om.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Modellen i sig har inget användargränssnitt. Modellen kräver ett antal indatafiler i ASCII-format. Särskilda färdigkalibrerade modelluppsättningar kommer att finnas tillgängliga inom HOME-Vattens användargränssnitt. I detta användargränssnitt kommer användaren att kunna simulera brutto- och nettobelastningar, källfördelning samt köra olika åtgärdsprogram.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarioer.

Detta kräver ändringar i indatafilerna. I HOME-Vatten skrivs dessa filer om automatiskt genom att användaren väljer vilka och omfattningen av åtgärder.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

De beräknas på förhand och läggs på ospecificerat inom varje delaro. Upp till tre källor (reningsverk, industri etc.) kan läggas in plus belastningen från rurala källor.

För vilka tekniska modifieringar finns åtgärdseffekt listad?

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Operatören måste själv känna till vilken effekt en åtgärd har.

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skydds-zoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Tidpunkt och givans storlek, skydds-zoner, fånggrödor, datum för sådd och skörd, tidpunkt för plöjning.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Sedimentation och resuspension modelleras som en process där partikulärt material sedimenterar (till en pool) vid låga flöden och resuspenderas vid högre flöden. Ingen permanent borttagning eller tillförsel (t.ex. bankerosion) sker. Denitrifikation beräknas också i modellen utifrån bottenarea, vattentemperatur och koncentration av oorganiskt kväve i vattnet. Omvandling sker mellan de oorganiska och organiska formerna av kväve i vattenvolymen. På våren och försommaren sker primärproduktion vilket innebär att oorg-N övergår i org-N. Senare på året sker nedbrytning av organiska föreningar varvid org-N återgår till oorg-N. Reaktionerna styrs av vattentemperatur, total-P halt i vattnet och tillgången på substrat. Liknande reaktion sker mellan de två fosforformerna.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1-dimensionella

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Beräkningarna sker för huvud- och lokala vattendrag på delavrinningsområdesnivå med tidssteget ett dygn.

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Samma processer som för vattendrag förutom att ingen resuspension från sjöbotten sker.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1- dimension

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Beräkningarna sker på delavrinningsområdesnivå med tidskalan ett dygn.

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Lateralt flöde från varje enskilt jordlager, regionalt grundvattenflöde, ytavrinning. Resultaten presenteras som tidsserier eller i kartformat.

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Löst, partikulärt P samt TOT-P (summan av de två). Organiskt, oorganiskt och TOT-N (summan av de två). Resultaten presenteras som tidsserier eller i kartformat.

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

I HOME-vatten presenteras åtgärdernas effekt i kartformat som en reduktion i procent för varje delavrinningsområde.

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Modellsystemet innehåller rutiner för osäkerhets- och sensitivitetsanalyser, t.ex. Monte-Carlo analys.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Pris och driftskostnader

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Personal på SMHI kommer att kunna svara på eventuella frågor.

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Modellen är nyutvecklad och kommer säkerligen att utvecklas efterhand som erfarenheterna av att använda den ökar och som nya forskningsrön framkommer.

Vilka riktar sig modellen till?

Vattenförvaltning, länsstyrelser, kommuner, forskare m.fl.

Tillgång till support på tio års sikt

Modellen är nyutvecklad och kommer att finnas med som en del av SMHIs produktion och forskning under lång tid framöver.

Modellnamn

ArcSWAT

Modellägare – utvecklingshistorik

SWAT är en semi-distribuerad, fysikaliskt baserad modell, utvecklad för US Department of Agriculture, den senaste versionen är byggd på ArcGIS 9.2 och därför döpt till ArcSWAT.

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

21. Belastning

Ja

22. Retention

Ja

23. Internbelastning

Ja

24. Åtgärder och scenarier

Ja

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

Minsta enhet är HRU (Hydrological response unit) vars storlek beror på landskapets homogenitet vad gäller markanvändning/gröda, jordarter och terrängförhållanden. Resultat för flöde, kväve och fosfor, (med möjlighet att även modellera växtbekämpningsmedel) presenteras för HRU, delavrinningsområde och huvudavrinningsområde.

ArcSWAT möjliggör en mycket detaljerad beskrivning av skötselstrategier i lantbruket och flödet av växtnäringsämnen genom marken och i vattendrag. Det pågår också ett kontinuerligt utvecklingsarbete hos ett antal forskargrupper i USA och Europa vilket samordnas med det välorganiserade användarforum som finns tillgängligt för användare och forskare. ArcSWAT hanterar lokala data om jordar och skötselstrategier med hög geografisk upplösning och möjliggör en detaljerad modellering av jordbruksläckaget. Det bör noteras att ArcSWAT kan köras även utan lokala data. Modellen är lämplig i jordbruksintensiva områden där det är viktigt att nå hög noggrannhet i modelleringen av jordbrukets läckage, och kunna identifiera effekterna av åtgärder i jordbrukslandskapet. Modellens styrkor är den höga detaljrikedomen i jordbruksbeskrivningen samt den förståelse för området som modellen kan ge. ArcSWAT delar upp näringsbelastningen på flera olika fraktioner och belastningen kan redovisas för olika skalor. Modellen hanterar punktkällor på ett enkelt och smidigt sätt. Retentionsberäkningsfunktionalitet finns tillgängligt i ArcSWAT men den kräver flera former av indata som ofta är mycket svårt att få tag i, vilket skapar stor osäkerhet. Det finns ingen funktion för källfördelning färdigt i modellen och om användaren vill ta fram sådana siffror sker det genom efterbehandling av resultaten.

Modellen levererar belastningsvärden för kväve och fosfor från HRU, delavrinningsområde samt hela avrinningsområdet. Belastningsvärdena kan summeras till totalvärden men redovisas per fraktion som t.ex. Organiskt kväve, Nitratkväve, och Ammonium. Modellen kan även hantera andra ämnen som tungmetaller och bekämpningsmedel.

Modellen hanterar retention som en faktor beroende på temperatur och solinstrålning, modellen använder dessa parametrar för att simulera algtilfväxt, nitrifikation och fosforfrigörelse. Modellen kan simulera både näringsupptag och frigörelse av näring från sjöar och vattendrag. Det kräver dock en del indata parametrar och kalibrering. I de allra flesta fall saknas den typen av information som modellen behöver, vilket leder till att "default"-värden får användas med ökad osäkerhet som resultat.

ArcSWAT kan hantera en stor mängd olika scenarier och nästintill allt går att ändra i modellens uppsättning. Enskilda avlopp och punktkällor kan enkelt regleras och förändras vad gäller belastning och periodicitet. Jordbrukets brukningsmetoder kan beskrivas med stor detaljriktighet och olika scenarier kan sparas för att sedan enkelt implementeras på valfria HRU:s eller delavrinningsområden. Det går även att spara hela avrinningsområdesscenarier i databasen för att enkelt växla mellan olika scenarier. Även markanvändningen kan enkelt ändras från till exempel en spannmålsgröda till skog. Ändringen kan ske på många olika nivåer från enskild HRU till samtliga HRU:s i hela avrinningsområdet. Förändringsmöjligheterna är dock begränsade till den initiala HRU indelningen.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

ArcSWAT kräver mycket indata för att komma till sin rätt. Den kan även köras men en mindre mängd indata men i ett sådant fall kan en enklare modell vara bättre lämpad. De indata modellen kräver är:

- Meteorologi dygnsdata för: MAX & MIN Temp, Nederbörd, Vindhastighet, Relativ Luftfuktighet, Solinstrålning, 20 års månadsmedel för ovanstående parametrar.
- Markanvändning
- Jordartsfördelning, med goda beskrivningar av respektive jordarts fysikaliska egenskaper.
- Topografi
- Brukningsmetoder för lantbruket
- Punktkällor
- Beskrivning av eventuella sjöars egenskaper såsom storlek, djup, volym, omsättningstid

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Det finns väldigt få begränsningar för modellen, generellt är problemet det omvända, det vill säga att samla in tillräckligt med indata.

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

ArcSWAT är baserad på HRU:s, dessa är baserade på markanvändning, jordart och lutning. Användaren ges utrymme att vikta de olika parametrarna samt bestämma antalet lutningsgrader per delavrinningsområde för att begränsa antalet HRU:s.

ARCSWAT kan användas för delavrinningsområden och även större områden, det är upp till användaren att reglera storleken på delavrinningsområden samt HRU:s. För att kunna använda modellen som en förklarande och detaljbekrivande modell bör dock HRU:s inte göras alltför stora.

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Den rumsliga upplösningen bestäms utav användaren som kan sätta ramarna för delavrinningsområden samt HRU:s. Flexibiliteten är stor men med ökande antal HRU:s ökar även beräkningstiden, samt att mängden utdata snabbt blir väldigt stor.

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Finns alla data tillgängliga och är i rätt format tar uppsättningen av modellen 1-3 dagar beroende på detaljbeskrivningen av lantbruket.

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Kalibreringsmomentet för en fysikalisk modell som ArcSWAT är viktigt och tidskrävande. Det hydrologiska flödet genom markprofilen är avgörandet för att kunna kalibrera näringsbelastningen. Tidsåtgången för den hydrologiska kalibreringen beror till stor del på indata och mängden mätstationer med vattenflöde. Ju fler stationer desto bättre möjlighet att kalibrera sig uppifrån och ner genom avrinningsområdet till utloppet, med högre överensstämmelse som resultat. Fler mätpunkter bidrar även till en snabbare kalibrering samt en bättre förståelse. I normalfallet förekommer det dock bara en mätstation vid utloppet vilket ökar svårigheten samt osäkerheten i resultatet. En hydrologisk kalibrering av ett okänt område kan ta mellan 1-3 månader.

Kalibrering består av ett flertal olika steg, dessa är:

- Total årlig vattenbalans
- Hydrograf som uppvisar god överensstämmelse på månadsnivå.
- Hydrograf som uppvisar god överensstämmelse på dygnsnivå
- Fördelning mellan ytavrinning, perkolations och lateraltflöde.
- Rimliga nivåer av evapotranspiration.
- God överensstämmelse med litteraturvärden/ lokal data för biomassa tillväxt och skördar för respektive gröda.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Den hydrologiska beräkningen är sammankopplad med belastningsberäkningen, det går dock att stänga av beräkningen av biologisk aktivitet i sjöar och vattendrag.

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

En beräkning för en period på tio år kan ta ca 20 minuter beroende på antalet HRU:s, bearbetning av utdata tar ca en kvart.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Modellen är implementerad i en ArcGis miljö som en extension till ArcMap vilket ger en stabil plattform.

Användargränssnittet är enkelt och följer ett logiskt schema för uppbyggnad av en hydrologisk modell. För att kunna tillgodogöra sig modellen och för att uppnå ett bra resultat bör användaren ha goda förkunskaper inom hydrologi samt markvetenskap. Det finns ett stort antal parametrar för respektive HRU:s samt hela avrinningsområdet som alla kan anses vara kalibreringsvänliga beroende på användarens förkunskaper. Användaren bör ha god kännedom om hur vatten rör sig genom marken samt hur olika jordarter skiljer sig från varandra. En god kännedom om vilka brukningsmetoder som ett modernt lantbruk använder sig av är avgörande för att kunna simulera lantbrukets belastning på ett rättvisst sätt.

ArcSWAT kan även användas av en användare med endast mindre kunskaper inom dessa områden. Om så är fallet rekommenderas dock en annan modell, då förenklingar i modelluppsättningen för med sig stora osäkerheter och fördelen av att använda en fysikalisk modell som ArcSWAT går förlorad.

Användaren har stora möjligheter att ändra i modellparametrarna och kan enkelt justera till exempel en jordarts egenskaper, lutningen på en HRU:s, gödselgivan per hektar eller olika odlingsdatum.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarioer.

För att kunna modellera nya åtgärdsscenarioer krävs att användaren går in och genomför de ändringar som scenariot innebär. Detta kan göras direkt i modellen utan några krav på föregående beräkningar, då varje nytt scenario skapar nya parameteruppsättningar för modellen. Det finns flera olika sätt att spara de enskilda scenarierna för att sedan kunna återgå till dem. Det går även att spara ett antal olika scenarier för att sedan enkelt kunna använda sig av dem. Det går däremot inte att skapa några generella scenarier för olika avrinningsområden. Varje modelluppsättningen kräver egna scenarier.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

För ArcSWAT finns det ett 100-tal olika vetenskapliga rapporter som behandlar modellens noggrannhet och vetenskapliga underlag. Ett stort antal av dessa finns redovisade för på ArcSWAT hemsida.

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Noggrannheten i utdata är alltid beroende på noggrannheten i indata, men med korrekt indata och goda kalibreringsresultat för ett flertal olika mätstationer kan ArcSWAT redovisa god noggrannhet i såväl HRU som avrinningsområdesskala.

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

I de senare versionerna av ArcSWAT ingår osäkerhetsanalys samt sensitivitetsanalys, dessa bygger på Nash-Sutcliffe och Monte Carlo principen. Det finns även tillägsprogram SWAT-CUP som hanterar flera olika osäkerhets- och sensitivitetsanalyser. Det är dock viktigt att tillägga att när det gäller en fysikalisk modell som ArcSWAT så kan aldrig samtliga parametrar analyseras.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Resultatet för osäkerhet och sensitivitetsanalyser presenteras via textfiler. Används tillägsprogrammet SWAT-CUP kan analyserna presenteras via ett flertal olika diagram och olika statistiska värden.

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Flöde redovisas med en uppdelning på ytavrinning, lateralt flöde och grundvattenflöde. Upplösningen är beroende på vilken skala som iaktas HRU eller delavrinningsområde.

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Näringsbelastning presenteras uppdelat på ett antal olika fraktioner, för kväve är dessa Organiskt N, Nitrat-N, NH₂, NH₄, fosfor är uppdelat i Organiskt P, mineralt-P och partikulärt-P.

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

Punktkällor läggs in via koordinater i ett inledande skede av modelluppsättningen men korrigeras sedan så att de läggs in till närmsta vattendrag. Punktkällor redovisas per delavrinningsområde som en del av avrinningsområdets utgående belastning.

För vilka tekniska modifikationer finns åtgärdseffekt listad?

Det finns inga listade åtgärdseffekter i modellen då det är flera parametrar som påverkar resultatet av en viss förändring.

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Användaren behöver själv känna till effekten av en teknisk modifikation, då punktkällorna redovisas som en enkel textfil med en viss belastning per tidsenhet. Det är enkelt för användaren att ändra på indata för punktkällor.

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skyddszoner av olika karaktär, maskin användning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Modellen kan hantera en mycket detaljerad beskrivning av brukningsmetoder inom jordbruket. Användaren kan själv bestämma allt från odlingsdatum, gödselgivor, val av maskiner, bearbetningsdjup till skördetider. ArcSWAT har även en beräkningsfunktion för våtmarker och skyddszoner.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Den eventuella effekt som en åtgärd har får användaren själv jämföra mot ett referensscenario, det kan göras antingen genom att jämföra belastningen per hektar, skörd eller till exempel antal dagar som grödan uppvisar näringsstress.

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

ArcSWAT beräknar N och P i vattendrag och sjöar genom att modellera biomassa tillväxt samt nedbrytning av biomassa. Biomassa är detsamma som algtillväxt och i samband med antingen tillväxt eller nedbrytning sker upptag eller tillförsel av näringsämnen till vattendraget eller sjön. Beräkningen är beroende av temperatur och solinstrålning. För att beräkningarna ska kunna kalibreras in korrekt krävs dock indata om ursprungsvärden i vattendragen och sjöarna för till exempel sedimentationstakt och näringskoncentrationer.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

Beräkningarna är endimensionella.

Beskriv rums- och tidsupplösningstidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Rumsupplösningen är på delavrinningsområdesnivå för vattendrag och för sjöar redovisas det per sjö.

Tidsupplösningen är densamma som för övriga beräkningar det vill säga dygns, månads eller årsupplösning.

Pris och driftskostnader

ArcSWAT är en gratis applikation till ArcMAP och kan laddas ner via hemsidan. SWAT finns även tillgänglig till ArcView men saknar då en del av ovanstående funktionaliteter.

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

ArcSWAT utvecklas kontinuerligt och har ett starkt stöd bland användare i flera länder i Europa och flera länder i såväl Sydamerika som Asien. Hur supporten kommer att se ut i framtiden är svårt att förutse men då SWAT används inom USA och amerikanska naturvårdsverket USA EPA är det troligt att supportfunktionerna kommer att bestå. Den support som finns tillgänglig för tillfället är ett användarforum på nätet, ett flertal konferenser per år samt att utvecklarna gärna ställer upp och svarar på frågor via mail i form av tid.

Finns det planer på vidareutvecklingar eller är det styrt av ekonomin?

Vilka riktar sig modellen till?

SWAT riktar sig till användare som vill förstå flödet av näringsämnen genom mark och i vatten, liksom effekterna av åtgärder, och har goda kunskaper i såväl hydrologi som markvetenskap.

Modellnamn

FyrisNP (källfördelning) och FyrisQ (avrinning) samt de relaterande modellerna för beräkning av näringsläckage från jordbruksmark (SOILNDB och ICECREAMDB).

Modellägare – utvecklingshistorik

SLU, Institutionen för Vatten och Miljö / SLU vattenNAV. Modellen utvecklades ursprungligen av Hans Kvarnäs vid SLU i mitten av 1990-talet. Under 2005-2006 flyttades plattformen för Fyris från LabView till Visual Studio och .Net Framework.

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

25. Belastning
Ja
26. Retention
Ja
27. Internbelastning
Nej, men om man kan kvantifiera internbelastningen på annat sätt kan den läggas in som minor point source i modellen.
28. Åtgärder och scenarier
Inga åtgärdsscenarioer för jordbruk möjliga direkt i modellen. annat än att ändra i indata till läckagekoefficienterna som beräknas med ICECREAMDB och SOILNDB. Åtgärdsscenarioer för jordbruk beräknas med SOILNDB och ICECREAM och de resulterande typhalterna används sedan i FyrisNP. Modellerna är mer eller mindre integrerade men körs i sekvens med jordbruksmodellerna först och sedan FyrisNP. Scenarier körs genom att ändra i indatafilen och t.ex. ändrad gröda på jordbruksmark kan snabbt köras genom ändrad typhalt. FyrisNP har en separat våtmarksmodul som medger scenarier för anlagda våtmarker direkt i modellen.

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

Avrinningsberäkningen utförs med FyrisQ som i stort bygger på funktionerna från WASMOD, HBV eller WASMOD. FyrisNP använder uppmätt avrinning eller modellerad avrinning från FyrisQ, HBV eller annan avrinningsmodell. I FyrisNP distribueras avrinningen till samtliga delavrinningsområden i modellen.

Läckagekoefficienter hämtas från NLCCS vilken omfattar modellerna SOILNDB (kvävekoefficienter) och ICECREAMDB (fosforkoefficienter). NLCCS genererar typspecifika koefficienter för N och P, som ett årligt medelvärde normaliserat för meteorologiska förhållanden och typiskt för en viss kombination av jordart och gröda (för P även mark-P och lutning). För beräkning av typvärden från skogsmark används en regressionsmodell. Utdata levereras som vecko- månads- eller årsvärden, oftast månadsvärden. Retention i form av sedimentering, växtupptag och denitrifikation beräknas som en funktion av vattentemperatur, N-P-koncentrationer, flöde och ytareal. Utdata är retention, netto- och brutto transport av N och P och källfördelning.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

Tidsserier med vattenkemiska mätdata (TotN och TotP), vatten- (eller luft-) temperatur, avrinning, punktkällentsläpp samt data på markanvändning, vattendrags/sjödata, delavrinningsområdesindelning, flödesvägar och typhalter (läckagekoefficienter).

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Om anlagda våtmarker ska ingå så anges även areal, volym, födesuppgifter för dessa. För sjöar kan separata sjömoduler användas som kräver indata på volym, starthalt och magasinering. Det senare innebär att påverkan från reglerade sjöar kan tas med i modellen.

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Modellen bygger på flödesriktigt sammankopplade delavrinningsområden som inte har någon nedre (eller övre) storleksgräns. Delavrinningsområdena är en uppdelning av större avrinningsområden. Modellen har tillämpats på avrinningsområden från 5 km² (ca 3-10 delaron) till 50000 km² (1300 delaron).

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

FyrisNP är anpassad till en rumslig och tidsmässig upplösning som återfinns i befintliga regionala och nationella miljöövervakningsprogram för sjöar och vattendrag. Det innebär att modellen kan kalibreras och valideras med befintliga miljöövervakningsdata. Det behövs således i regel ingen extra datainsamling för att sätta upp modellen. Den rumsliga upplösningen är som nämns ovan flexibel men styrs av tillgång till data. En finare rumslig indelning är möjlig men saknar i regel möjlighet att utvärdera/validera med mätdata.

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

Det tar ca 2 veckor att sammanställa nödvändiga indata till FyrisNP. Sammanställning av tidsserier för punktkällor kan ta extra tid eftersom dessa måste inhämtas direkt från kommuner, industrier och reningsverk.

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Det finns möjlighet till manuell, automatisk och Monte Carlo-styrd kalibrering. I regel börjar man med Monte Carlo simulering eller automatisk kalibrering för att ringa in optimum för kalibreringsparametrarna. Sedan körs modellen med manuell kalibrering. En körning med ca 10 000 Monte Carlo simuleringar tar mindre än en timme. På en halvdag har man en färdig kalibrering.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Det tar ca 1 timme per avrinningsstation att kalibrera och köra FyrisQ om nödvändiga indata finns (nederbörd och temperatur).

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Minuter.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Lättfattligt användargränssnitt. En kunnig (van vid Microsoft Office) handläggare på en myndighet kan lära sig att sammanställa indata, kalibrera och köra modellen på en dag. Hantering av åtgärdsscenarioer tar ytterligare ett par dagar i anspråk för att t.ex. kunna hantera data från SOILNDB och ICECREAM. När man laddar upp sina

indata (excellfil) i modellen får man en snabb överblick via schematisk presentation av de flödesriktigt sammankopplade delavrinningsområdena och olika indata för dessa. Även resultat kan presenteras i detta flödesschema.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarioer.

För att köra åtgärdsscenarioer gör man ändringar i indatafilen. Mer komplexa åtgärdsscenarioer inom jordbruket kräver speciell kompetens samt körning med jordbruksmodellerna SOILNDB och ICECREAM. Enklare jordbruksscenarioer som att ändra gröda och därmed typhalt är dock enkla att tillämpa i FyrisNP. Effekten av anlagda våtmarker kan köras direkt i modellen.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

För varje version av FyrisNP finns en manual och teknisk beskrivning (på engelska). Senaste version är 3.1 men version 3.2 kommer att släppas under hösten -09. För FyrisQ finns en enklare användarhandledning (på engelska). Monte Carlo simuleringen ger mått på osäkerhet i modellparametrar. I en pågående studie kvantifieras även osäkerheter i indata. Resultat från denna studie kommer att publiceras både vetenskapligt och populärt. I en vetenskaplig publikation jämförs resultat från FyrisNP med resultat från en distribuerad HBV-NP. Här presenteras FyrisNP närmare.

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Detta är kommenterat tidigare. Beror av tillgång till mätdata för validering/kalibrering.

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

All information i modellen är kopplad till delavrinningsområden.

För vilka tekniska modifikationer finns åtgärdseffekt listad?

För större punktkällor läggs utsläppen ut som tidsserier med kg per månad/vecka, för enskilda avlopp läggs de ut som kg per år (men räknas i modellen som kg per månad/vecka).

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

För att göra ändringar i indata krävs kunskap om aktuell rening och dess effekt. Separat beräkningsmodul för detta finns utanför modellen och kan tillhandahållas vid behov.

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skydds-zoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?

Anlagda våtmarker simuleras direkt i modellen. Åtgärder inom jordbruket kan simuleras genom att typhalterna från SOILNDB och ICECREAMDB ändras. Modellen kan levereras med en typhaltsdatabas som motsvarar olika åtgärder. Effekterna av dessa åtgärder ger ett nytt totalt utresultat, som jämförs med originalmodelleringens utresultat.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Data på den "sanna" effekten av åtgärder saknas därför kan inte heller osäkerheter presenteras på ett trovärdigt sätt. Det krävs mer forskning och kunskap för att kunna hantera dessa osäkerheter..

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Retention (summan av nämnda processer) beräknas som en funktion av vattentemperatur, N-P-koncentrationer, flöde och ytarea. Utdata är retention, netto- och brutto transport av N och P, samt källfördelning.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

Endimensionella inom varje delaro.

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Eftersom modellen är anpassad till miljöövervakningsdata kan man välja månads- eller veckoupplösning. Se tidigare kommentarer om rumsupplösning!

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Beräknas på samma sätt som i vattendrag. Internbelastning kan sättas som positiv eller negativ om kunskap finns men modelleras inte. Vid misstanke om internbelastning kan denna kvantifieras genom att lägga till en källa i kalibreringen (minor point source). För att oberoende validera detta tas i regel sedimentpropp för fosforfraktionering från den aktuella sjön. Då erhålls ett mått på potentiellt tillgänglig fosfor för internbelastning.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

Endimensionella inom varje delaro.

Beskriv rums- och tidsupplösningstidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Eftersom modellen är anpassad till miljöövervakningsdata kan man välja månads- eller veckoupplösning. För att en sjö ska erbjuda en separat sjömodul i modellen bör den ha en omsättningstid som väsentligt överstiger tidsupplösningen i modelleringen (månad eller vecka).

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

I FyrisQ redovisas snabbt flöde och grundvattenflöde separat. I FyrisNP används avrinning (mm) som indata.

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

FyrisNP tillämpas i regel för TotN eller TotP separat. Om indata finns kan den även köras för PO4-P och oorg-N. Dock kan inte samtliga fraktioner köras samtidigt. (funktioner för omvandling mellan fraktioner saknas).

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Presenteras separat per delaro och tidssteg. Kan också presenteras som medel för år eller hela kalibreringsperioden.

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Som ny total resultatberäkning som sparas i separat projektfolder. Resultaten presenteras dels som en stor resultatfil med alla tidssteg, källor och delaron. Resultaten kan också presenteras brutto och netto för valt delaro. Möjlighet till grafisk presentation av resultaten finns också.

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Ja, Monte Carlo-simulering för kalibreringsparametrar.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Grafisk presentation av optimum samt utvärderingsstatistik (Nash Sutcliff, effektivitetskoefficient, korrelationskoefficient).

Pris och driftskostnader

Fritt tillgänglig vid förfrågan.

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Minst 1-2 dagars utbildning på modellen och genomgång av modellering och uppsättning. Fördelar nackdelar, möjligheter, begränsningar och olika tillvägagångssätt.

Även soilNDB och ICECREAM finns tillgängliga för de som vill arbeta med dem, de är dock inte på samma sätt som FyrisNP användarvänliga. Dessa modeller kräver mer kunskap om jordbruk och jordbruksmark.

Finns det planer på vidareutvecklingar eller är det styrt av ekonomin?

Löpande utveckling av modellen och support från SLU:s sida då det ingår som ordinarie verksamhet inom fortlöpande miljöanalys på SLU.

Vilka riktar sig modellen till?

Forskare, studenter och handläggare på vattenmyndigheter och länsstyrelser.

Tillgång till support på tio års sikt

Modellerna (FyrisNP och FyrisQ) tillhandahålls och supportas fortlöpande och långsiktigt av experter inom SLU vattenNAV.

Modellnamn

MIKE BASIN

Modellägare – utvecklingshistorik

DHI. Modellen började byggas 2002-2003 och har utvecklats kontinuerligt.

Beräkningsfunktionalitet

Finns beräkningsfunktioner för:

29. Belastning
Ja
30. Retention
Mycket förenklad i MIKE BASIN. Kan beräknas mer noggrant i MIKE 11, MIKE 21
31. Internbelastning
Nej,
32. Åtgärder och scenarier
Nej, men ett DSS (Decision Support System) har utvecklats och testas i ett pilotområde.

Hur är beräkningsfunktioner för belastning, retention, internbelastning, åtgärder och scenarier strukturerade och uppbyggda? Beskriv översiktligt komplexitet och logik.

MIKE BASIN opererar med tre moduler en för hydrologiska beräkningar, en för belastning och en för vattenkvalitet. Modellen är fullt GIS-integrerad. Delavrinningsområden beräknas från DEM, eller bränns in. Typhalter (läckagekoefficienter) som $t \times PLC5$ används. Load Calculator beräknar läckage i kg/ha som input till MIKE BASIN. Den hydrologiska modelleringen utförs dygnsvis. Transporten genom vattensystemen beräknas för såväl flöden som masstransport.

Indata

Vilka indata krävs för att köra modellen?

Minsta indata nivå:

Hydrologi: specifik avrinning för varje delområde, (l/s/km²).

Vattenkvalitetsdata: källbelastnings specifikation för att beräkna förenklad konservativ transport. Punkt och diffusa källor specificeras som tidsserier med flöde och koncentrationer.

Vilka indata är möjliga att lägga in och använda i beräkningarna?

Modelluppsättning: Höjdmodell (DEM) för automatiserad spårning av vattendrag och indelning av delavrinningsområden eller utifrån fördefinierad delavrinningsområdes shape fil.

Hydrologi (NAM): nederbörds serier (dagliga värden) avdunstning (dagliga), temperatur (dagliga). Uppmätt flödes tids serier för autokalibrering. Grundvatten tids serier

Vattenkvalitet: Temperatur (daglig & månadsvärden), data för retentionstid för varje vattendragssträcka (beräknas från simulerat flöde genom Q/H samband eller mannings formel). Mannings formel kräver information om lutningen på vattendraget, vattendragets bredd och strömningsmotstånd, M).

Punktkällor kan specificeras som koncentration/flödes tidsserier. Diffusa källor kan specificeras som koncentration/flödestids serier eller masstransport tids serier.

Grundvattnet ges en egen specifik belastning.

Belastningar: polygoner eller punkt shape filer med data för årliga belastningar (t ex kg/år eller kg/ha, år), antal invånare eller antal djur. Markanvändning och koppling till läckagekoefficienter. Avstånd och lutnings nät) meter eller kilometer för beräkning av avståndsberoende specifik nedbrytning (1/km²). Tids serier för faktorer som fördelar belastningen i tiden (över året).

Rumslig upplösning

Är modellen rasterbaserad, eller baserad på HRU:s, eller utvecklad för delavrinningsområden, små, medelstora, stora avrinningsområden?

Utvecklad för delavrinningsområden som antingen tas ifrån färdiga polygoner alternativt tas fram från höjdd modellen genom val av detaljeringsnivå.

Vilken flexibilitet vad gäller rumslig upplösning finns (beror mycket på tidsåtgången när datamängderna ökar).

Stor flexibilitet

Tidsåtgång för olika moment

Vilken är tidsåtgången för databasuppsättning (tänk avrinningsområde 1000 km² storlek) förutsatt att alla data finns tillgängliga?

För den första okalibrerade uppsättningen av avrinningsområdet, ett par dagar.

Beskriv kalibreringsmomentet och hur lång tid det tar?

Hydrologi: hantering av meteorologiska data, distribution och fördelning av nederbördsstationer. Autokalibrering mot uppmätta flödesserier. Fördelning av specifik avrinning till alla delområden. Arbetsinsats är 3-5 dagar.

Vattenkvalitet/belastning: manuell analys och utvärdering av beräknade och observerade värden/mätdata och justering av läckagekoefficienter, retentionen och processparametrar för vattendraget och i grundvattendelen.

Arbetsinsats 1-2 veckor.

Hur lång tid tar körningen av hydrologimodelleringen (om den är separerad från belastningsberäkningen).

Ett par minuter för 10 år inklusive initialisering, beräkning och skapande av resultatfil.

Den totala tidsåtgången för databasuppsättning, kalibrering och modellkörning är ca 6 veckor 1000 km²

Hur lång tid tar beräkning av belastning, retention- internbelastning, åtgärdseffekt i recipient och i havsbassäng för punkt- respektive diffusa källor.

Är inkluderat i beräkningen för den totala tidsåtgången för beräkning av ett visst valt åtgärdsalternativ. Punkt och diffusa källor beräknas samtidigt. Beror på längden av beräkningsperiod, t ex 1 eller 10 år men 1 år tar ca 10 minuter att räkna igenom.

Användarvänlighet, interaktivitet, typ av gränssnitt

Beskriv logiken i gränssnittet, förkunskapskrav, möjligheter att enkelt ändra i modellparametrar och åtgärdsspecifikationer.

Användarvänligt gränssnitt. Förkunskapskraven ligger i nivå med andra modeller som bygger på rainfall-runoff modellering och läckagekoefficienter (WATSHMAN, FYRIS etc). Åtgärder för punktkällor kan läggas in genom att ändra i tabeller för punktutsläpp. Det finns ingen möjlighet att lägga in jordbruksåtgärder rörande brukningsmetoder och gödsling, däremot kan markanvändningen ändras och kopplingen mot grödor och läckagekoefficienter. Specifik belastning för olika markslag eller t ex djurenbeter kan ändras. Reningsgrad på reningsanläggningar såsom avloppsreningsverk eller enskilda avlopp kan ändras.

Beskriv vad som krävs för att köra nya åtgärdsscenarier.

Se ovan. Markanvändningen kan ändras liksom belastningsdata för diffusa källor.

Dokumenterad noggrannhet för belastningsberäkningar

Vilka vetenskapliga studier finns, vilka tekniska rapporter som behandlar noggrannhet?

Relevanta publiceringar:

Refsgaard, J. C., and B. Storm (1996), Construction, calibration and validation of hydrological models, in Distributed Hydrological Modelling, edited by M. B. Abbott and J. C. Refsgaard, pp. 41 – 54, Springer, New York

Madsen, H. (2003), Parameter estimation in distributed hydrological catchment modelling using automatic calibration with multiple objectives, Adv. Water Resour., 26(2), 205– 216.

Jurgita Vaitiekūnienė and Flemming Thorbjørn Hansen, "National Scale Watershed Modelling to Assess and Predict Pollution Trends in Lithuanian rivers", Environmental research, engineering and management, 2005.No.4(34), P.30-42

William Kelley Saunders MSc and David R. Maidment, PhD, "A GIS ASSESSMENT OF NONPOINT SOURCE POLLUTION IN THE SAN ANTONIO-NUECES COASTAL BASIN", CRIWR Online Report 96-1, 1996 (this describes the principles that Load Calculator is based on)

Tekniska rapporter:

Tekniska rapporter har tagits fram av DHI för MIKE Basins vattenbalans och vatten kvalitets studier för ett antal projekt i Danmark, Sverige, Estland, Litauen, Polen, Asien och Sydamerika.

Full teknisk dokumentation och referens finns tillgängligt för användaren i programmet via pdf-filer och som hjälp kommandon från användargränssnittet.

Vilken är noggrannheten i olika skalor (HRU, del-aro små, medel, stora avrinningsområden), för N- och P-belastning. resp. internbelastning och retention (om det ingår)?

Resultaten finns ner på minsta delavrinningsområdesnivå eller för resp punktkälla.

Hur hanteras åtgärder för punktkällor?

Scenarion för punktkällor hanteras manuellt genom att förändra input data eller avrinningskoefficienter. Det finns ingen scenario manager inbyggd i systemet men det kan kopplas "bakom" systemet via access databasens möjligheter.

Läggs de på koordinater eller ospecificerat inom HRU:s eller aro?

Se ovan

För vilka tekniska modifikationer finns åtgärdseffekt listad?

Se ovan

Kan dessa enkelt uppdateras? Eller måste operatören själv känna till vilken effekt olika reningstekniska modifieringar/lösningar har?

Se ovan

Hur hanteras åtgärder för diffusa källor

Vilka åtgärder kan modelleras; tid, giva, teknik för gödsling, modifiering av gödslets innehåll, datum för sådd och skörd, gröda, fånggröda, skyddszoner av olika karaktär, maskinanvändning, jordpackning, typ av kultivering-plöjning, fånggrödor, dikesåtgärder, våtmarker?
Markanvändning kan ändras i utvalda jordbruksblock liksom associerade gröders specifika belastning (läckage). Ett DSS för åtgärder med ett åtgärdsbibliotek har utvecklats och testas i ett pilotområde.

Hur hanteras/presenteras osäkerheter vad gäller vilken effekt åtgärderna har?

Osäkerheter presenteras inte automatiskt. Kräver en känslighetsanalys av åtgärdsalternativen.

Retention i vattendrag

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

En förenklad beräkning av retention utförs i MIKE BASIN vattendrag och sjöar som innefattar en förenklad första ordningens retentions process som justeras för temperatur beroende. För kväve, beskrivs 3 fraktioner såsom ammonium, nitrat och organiskt kväve.

Retention och omvandling mellan dessa komponenter beskrivs genom kopplad diff. ekvationer. Sedimentation, resuspension och växtupptag är inte inkluderat. För mer fullständiga beräkningar används de mer fysikaliska modellerna MIKE 11, MIKE 21 eller MIKE 3.

I MIKE BASIN är retentionstiden nödvändig för lösningen av ekvationerna som styr vattenkvalitets processerna. Olika beskrivningar kan användas för olika delar av vattendraget, t ex. som en tidsserie eller konstant, beräknad baserad på Q/h samband, vattendragsbredd och flöde, eller beräknad utifrån mannings formel, flöde och bredd.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1D

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Vattenkvalitets beskrivningen för processerna inklusive temperatur och retentionsparametrar och metodik kan appliceras globalt för hela systemet (modellen/vattendraget) eller uppdelat på respektive delsträcka.

Retention och internbelastning i sjöar

Hur beräknas retention av N och P i vattendrag (beskriv hur retentionsprocesserna modelleras, d.v.s sedimentering resuspension, växtupptag, denitrifikation).

Internbelastning modelleras inte, men kan läggas till som källa, om data finns. I sjöarna används samma processbeskrivning för vattenkvalitetsparametrarna, förutom P som kan beräknas med den empiriska Wollenwieder lösningen.

Är beräkningarna 1, 2 eller 3-dimensionella?

1D

Beskriv rums- och tidsupplösning, och flexibilitet i det avseendet.

Samma som för vattendragen

Resultatpresentation

Hur redovisas flöde, finns uppdelning på lateralt flöde, ytavrinning och grundvattenflöde?

Avrinningen från delområden inkluderar ytavrinning, markavrinning och grundvattenflöde. Flödena beskrivs mellan markens olika vattenmagasin från ytan och ner till grundvattnet. Vattendragets flöde liksom uttag eller tillförsel av vatten från vattenanvändare kan presenteras. Alla tidsserier kan presenteras som enskilda tidsserier, 1-D animeringar, statistiska kartor eller i kombination med varandra för valfria tidsperioder. In och utzoomning kan ske i tidsseriepresentationen och olika former av bearbetningar av enskilda eller flera tidsserier kan göras (matematiska bearbetning, statistik såsom frekvensanalys, gränsvärden mm)

Hur presenteras näringsbelastning, i vilka delar delas t.ex. fosfor upp, TOT-P, Part-P, PO4-P?

Tot-P, N är uppdelat i 3 fraktioner Källfördelning kan presenteras genom den existerande ArcGIS funktionaliteten.

Hur presenteras retentionsberäkningar?

Presenteras inte separat.

Hur presenteras åtgärdsberäkningar och scenarier?

Som resultat av ny modellkörning i form av total belastning och transport, vilket kan jämföras med basresultatet. Direkta beräkningar av skillnaden mellan två olika beräkningsfall kan göras och resultaten i form av differenser för flöden, belastningar etc kan presenteras i tabell eller grafiskt.

Hantering och presentation av osäkerheter och sensitivitetsanalyser

Ingår funktioner osäkerhets- och sensitivitetsanalys? I så fall, vilka typer av beräkningar används?

Det ingår inte, men i den hydrologiska modellen NAM (Rainfall-runoff-modulen) ingår en automatisk osäkerhetsberäkning för avrinningsresultatet.

Hur presenteras resultat rörande osäkerhet och sensitivitetsanalyser?

Pris och driftskostnader

Priset för ett MIKE BASIN-paket ligger på 80 000 – 100 000 kr. Med MIKE 11 som ger full retentionsberäkning ca 200.000 kr.

Utvecklingsplaner, hur ser framtiden för verktyget ut?

Vilka supportfunktioner kommer att finnas?

Full support finns redan och med MIKE by DH finns ett långsiktigt åtagande för att bibehålla och vidareutveckla verktyget. DHI är en ESRI partner vilket också borgar för en god koppling.

Finns det planer på vidareutveckling eller är det styrt av ekonomin?

Utveckling sker löpande med planerade utgivningar av nya versioner enligt bestämd tidplan. Nya funktionaliteter utvecklas och implementeras utifrån denna plan.

Vilka riktar sig modellen till?

Modellverktyget utgör ett arbets- och planeringsverktyg för personer på och inom vattenmyndigheter vattenförvaltningar, vattenråd, konsulter, kommunal vattenplanering.

Tillgång till support på tio års sikt

Full support inom kommande 10-års period garanteras av MIKE by DHI produkternas kundåtagande.