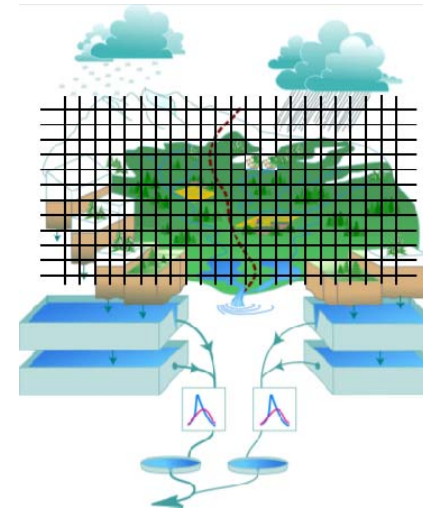
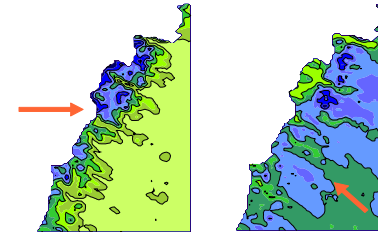


Joel Dahné, David Gustafsson, Barbro Johansson

Vindrelaterad snöfördelning i hydrologiska modeller

Målsättning

- Förbättra interpolationen av nederbörd i PTHBV genom användning av aktuell storskalig vindinformation
 - PTHBV är SMHIs databas med griddad nederbörd och temperatur för hydrologiska tillämpningar. Interpolerad från stationsdata
- Utnyttja den rumsliga upplösningen ($4 \times 4 \text{ km}^2$) i PTHBV i en snömodell.
 - Ta bättre hänsyn till geografi och väder vid beräkning av snöfördelning och snösmältning
 - Mer tillgängliga meteorologiska och geografiska data.
 - Snön smälter för fort med graddagmetoden när det är torrt och soligt och för långsamt när det är fuktigt och blåsigt (olika studier)
 - Ta tillvara modellutveckling i tidigare HUVA-projekt (Distribuerade system för förbättrade snö- och avrinningsprognoser.)
- Förenkla jämförelser mot snöobservationer

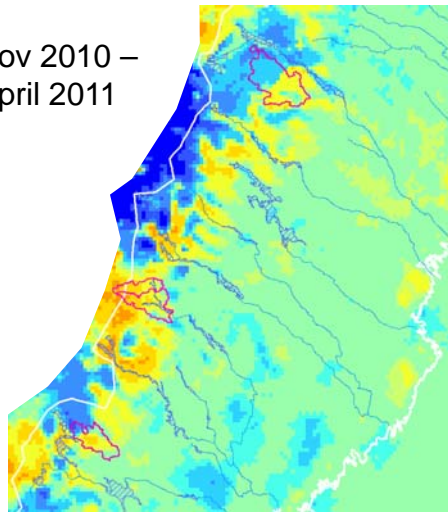


Vad har vi gjort

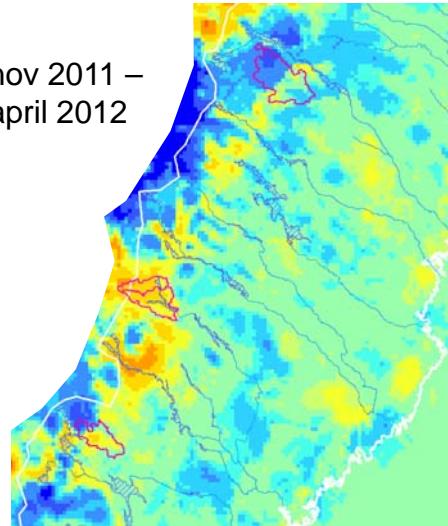
- **År 1**
 - Förbättrat (?) interpolationen av nederbörd i PTHBV genom användning av aktuell storskalig vindinformation
- **År 2**
 - Utvecklat snömodellen i HOPE. Analyserat resultat – jämfört med snöobservationer
 - Griddad modell med samma upplösning som PTHBV (4x4km²).
 - Täcker hela Sverige
 - "Enkel" modell – för modellering av exempelvis snö och grundvattenbildning (inte vattenföring) – bra för utveckling och tester.
- **År 3**
 - Kombinerat HOPE med den operationella HBV-modellen, simulerat tillrinning till kraftverksmagasin (Tjaktjajaure, Ransaren, Kultsjön, Landösjön)
 - Utnyttja HBV-kodens rutiner för beräkning av tillrinning (prognosområden)
 - Utnyttja IHMS gränssnitt för modellkörning och presentation
 - Förenklar jämförelser med den operationella modellen

Skillnad i interpolerad vinternederbörd, med/utan vindinformation

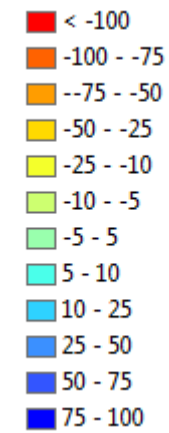
nov 2010 – april 2011



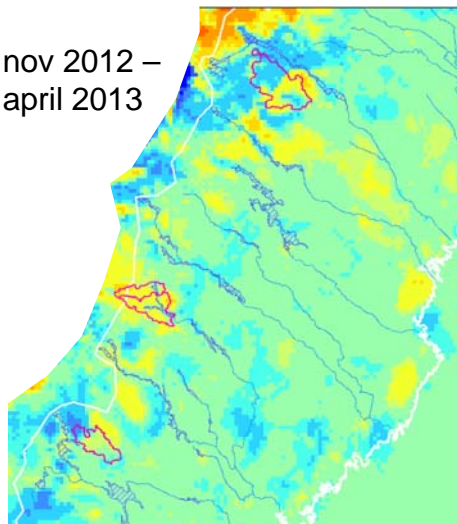
nov 2011 – april 2012



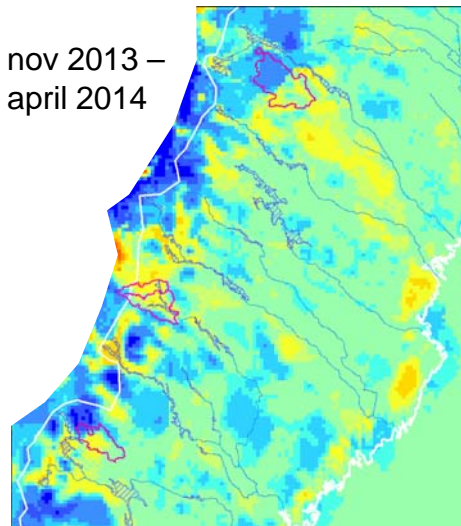
mm



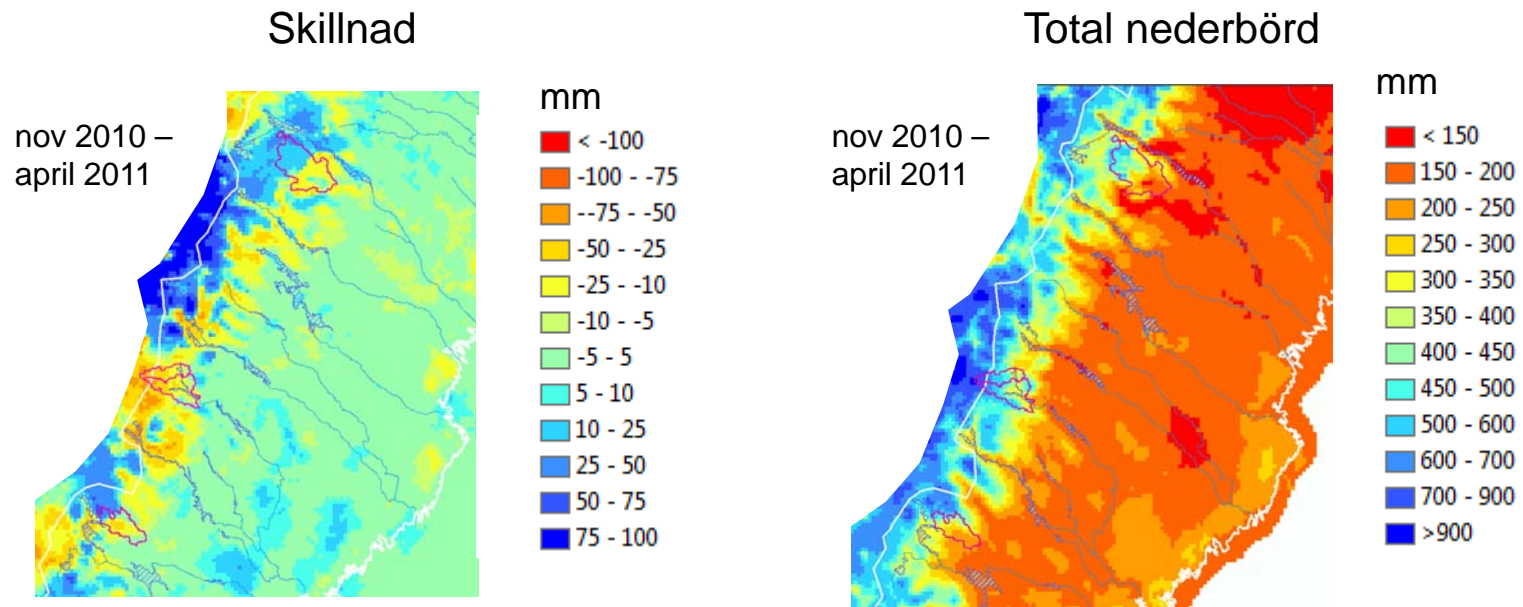
nov 2012 – april 2013



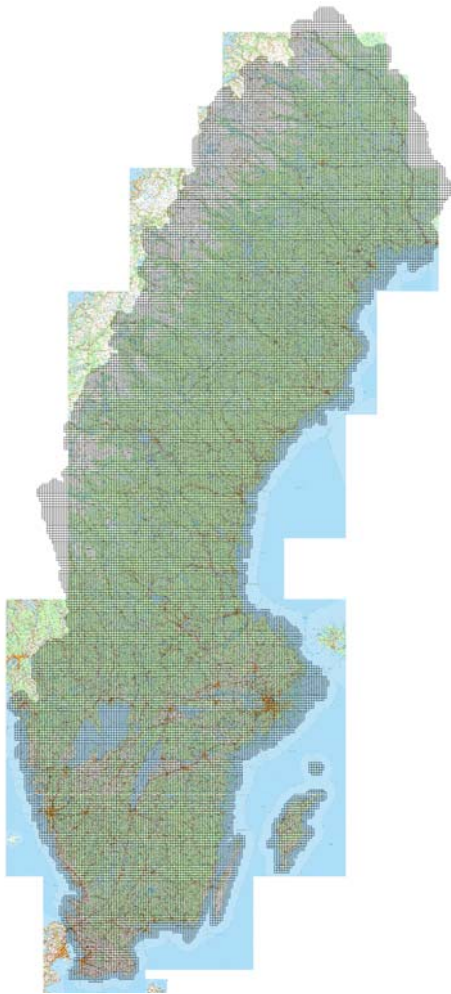
nov 2013 – april 2014



Skillnad i interpolerad vinternederbörd, med/utan vindinformation



HOPE-modellen



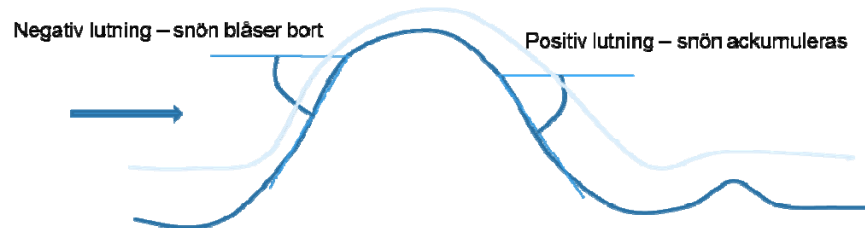
- Griddad modell med samma upplösning som PTHBV (4x4km²).
- Täcker hela Sverige
- "Enkel" modell – för modellering av exempelvis snö och grundvattenbildning (inte vattenföring) – bra för utveckling och tester.

- Varje ruta delas in i klasser/zoner (CORINE, EU-DEM):
 - Höjd.
 - Markanvändning (skog, öppen mark, glaciär och vatten).
 - Lutningsriktning (N, O, S, V).
 - För varje klass/zon:
 - vindutsatthet i 8 olika vindriktningar och lutning

Möjliga indata:

nederbörd, temperatur, vind, luftfuktighet, molnighet, globalstrålning och direktinstrålning (PTHBV, MESAN, STRÅNG)

Snöackumulation och snöomfördelning



Snön omfördelas när den faller.

Omfördelningsfaktor: $sfred = 1 + wfscale * wfs$ (<1 om negativ lutning)

Snöackumulation: $snowacc = sfred * snowfall$

wfs = lutning i vindriktning (värdena ligger normalt i intervallet -15 till +15)

$wfscale$ = modellparameter, kalibreras

$snowfall$ = snönederbörd

Ingen förändring i total nederbörd över området (faktorerna normaliseras).

Ingen omfördelning i skog.

Energibalans för snösmältning

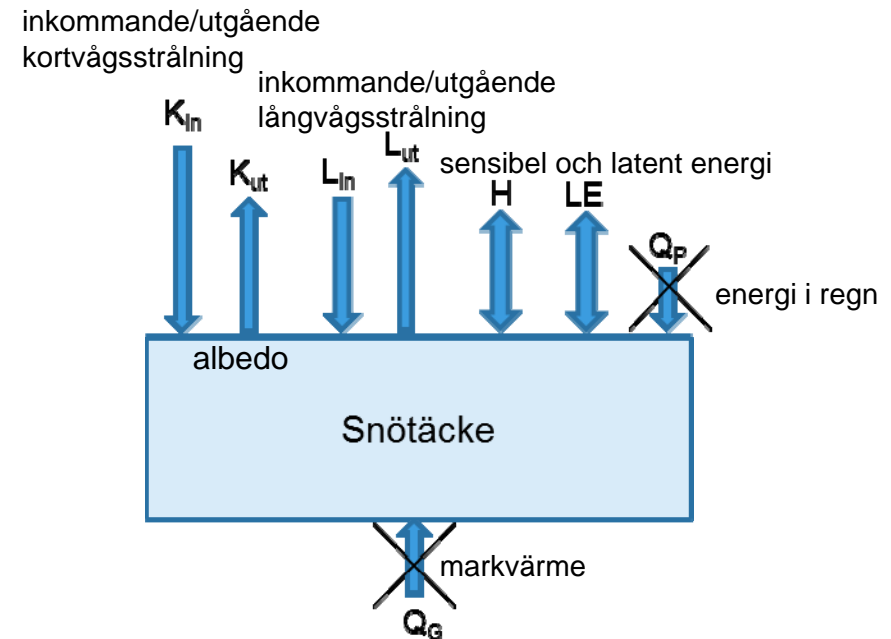
Mäter:

- inkommande kortvågsstrålning (globalstrålning och direktinstrålning)
- lufttemperatur (för beräkning av sensibelt värme och inkommande långvågsstrålning)
- molnighet (för beräkning av inkommande långvågsstrålning)
- luftfuktighet (för beräkning av latent värme och inkommande långvågsstrålning)
- vindhastighet (för beräkning av latent och sensibelt värmeutbyte)

Använder/beräknar:

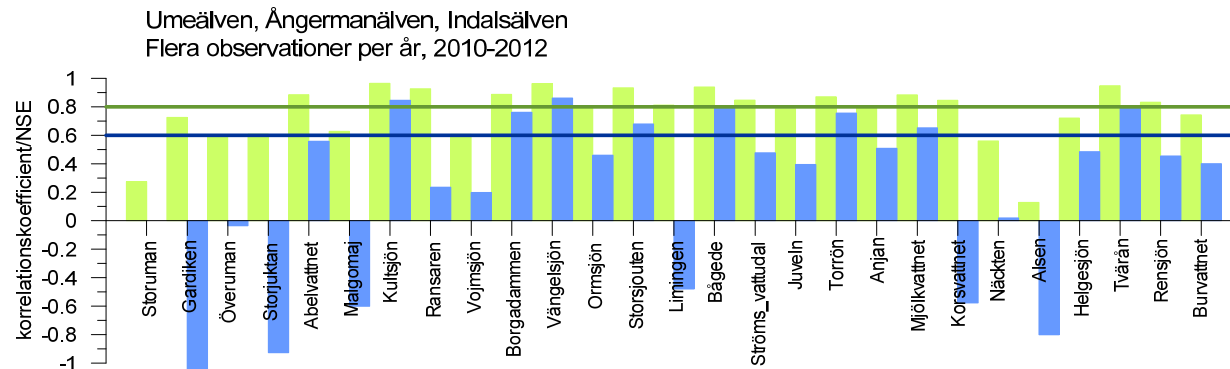
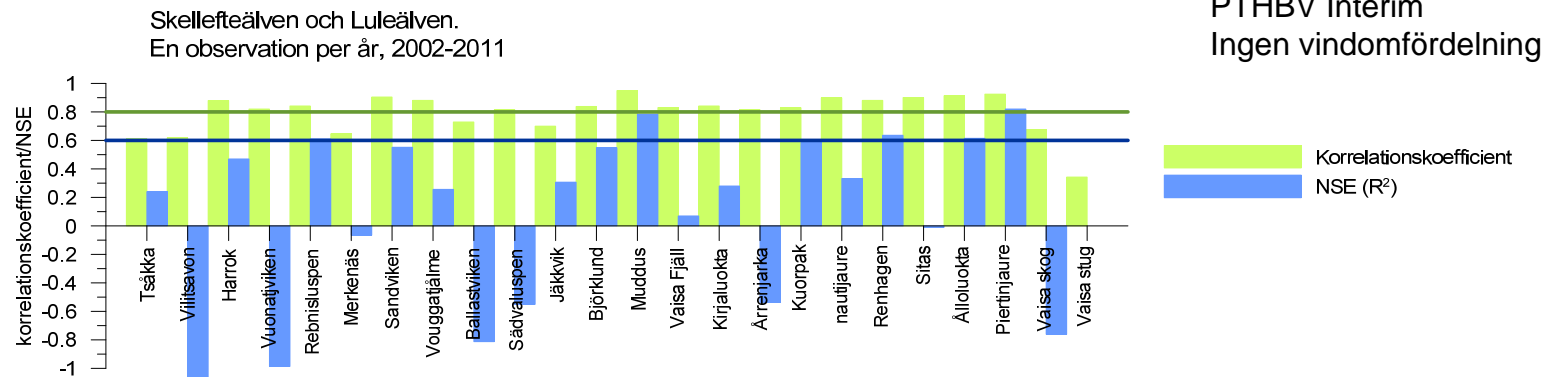
- Snöns ålder (albedo)
- Solhöjd och riktning (för att beräkna direktinstrålning på en viss sluttning)
- Bladyteindex (för reduktion av kortvågsstrålning i skog)

Räknar snösmältning på timsteg för att hantera dygnsvariationerna i strålningsenergi



Snötäckets energiinnehåll sätts som skillnaden mot nollgradigt vatten – är alltid mindre än 0.

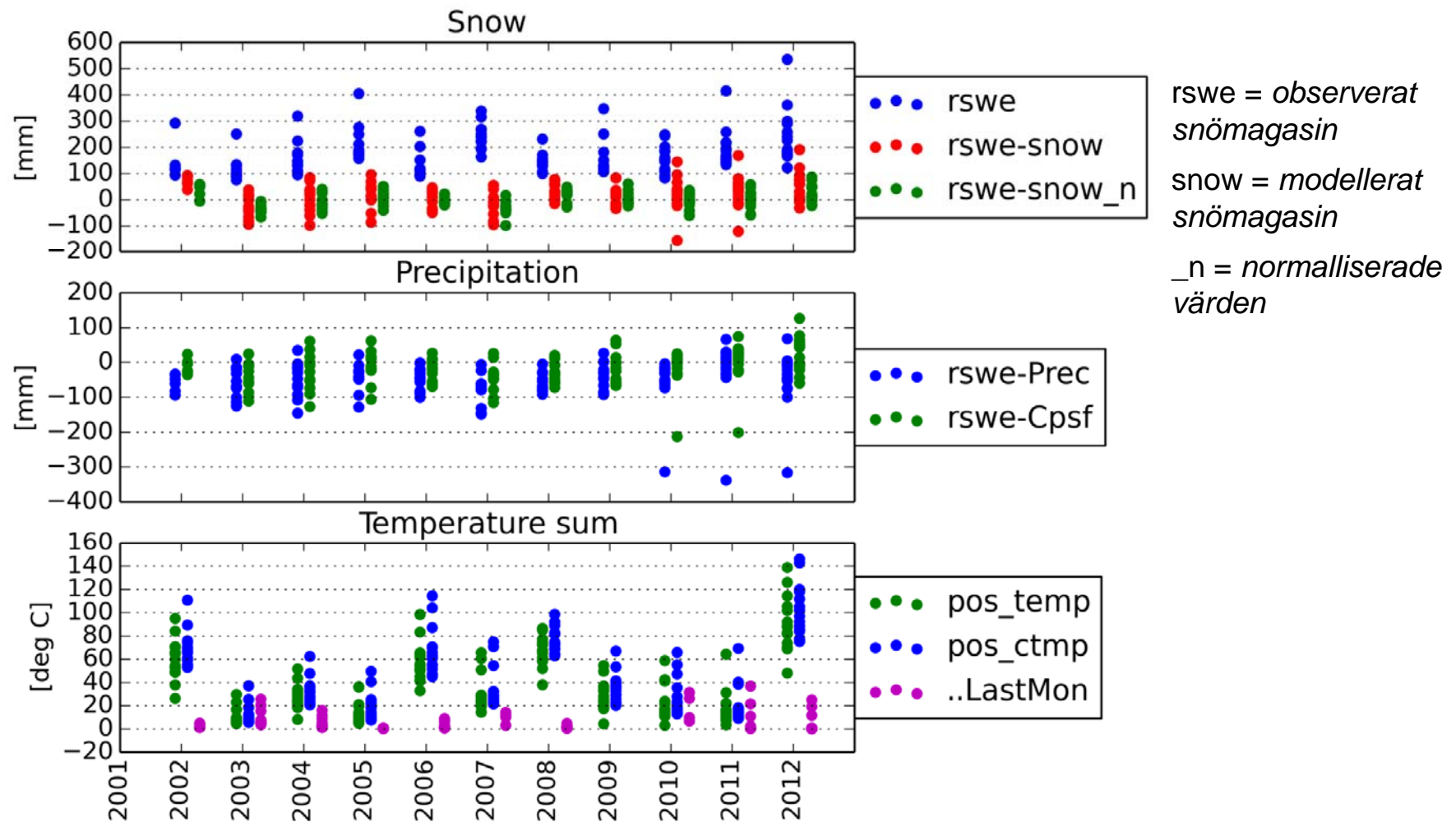
Jämför modell/snöobservationer - kriterier



Acceptabel överensstämmelse om korrelationskoefficienten > 0.8, NSE > 0.6??

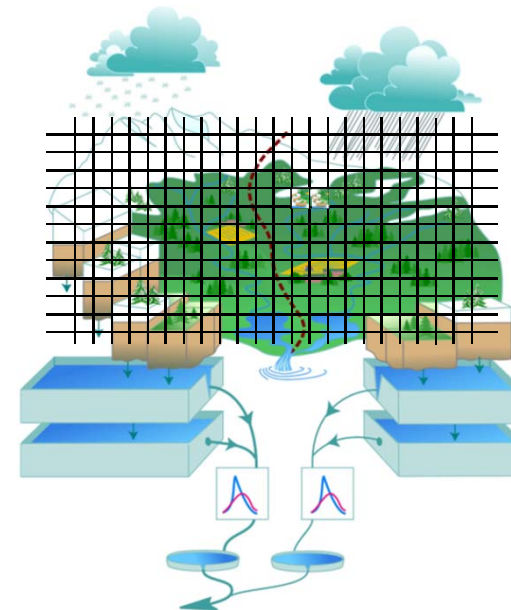
Analys av skillnader observerat - modell

Urval: Umeälven (vid maximalt snömagasin) och Skellefteälven



HBV - HOPE

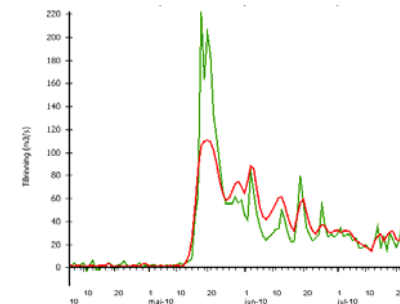
- Kombination av HOPE (snö) och HBV (avrinning)
- Avrinningsområde delas upp i PTBHV/HOPE-rutor för snö och markvattenberäkningar
- För varje gridruta – samma klassindelning som i HOPE
 - Fiktiv klass för observationspunkter



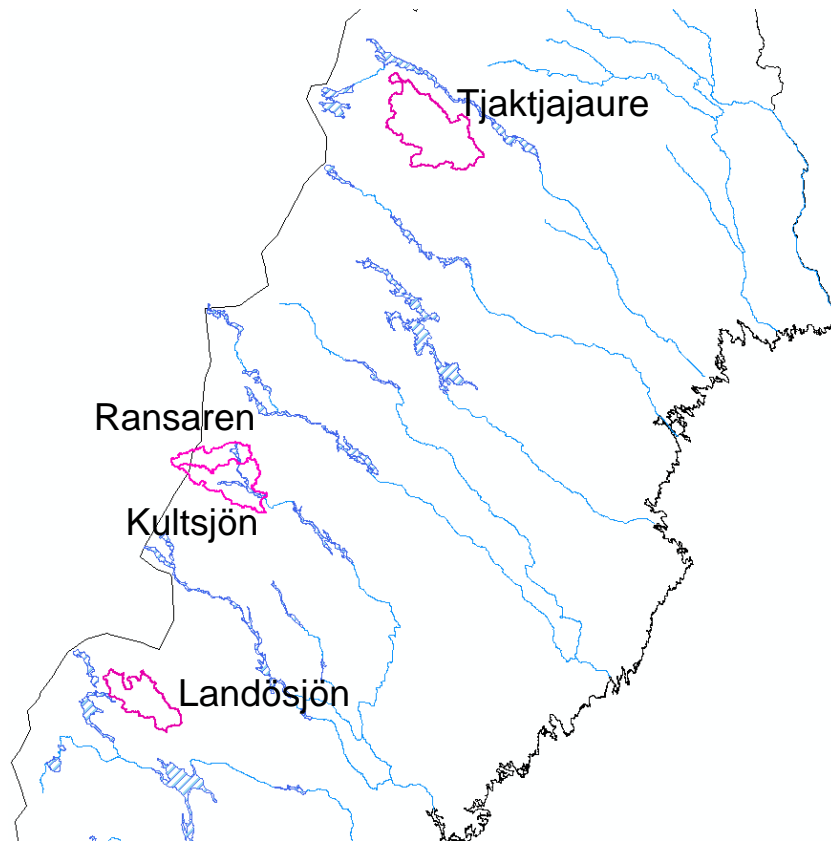
Utvärdering

Modelluppsättningar för utvärdering:

- Den ursprungliga HBV-modellen med indata från den operationella PTHBV-databasen
 - HBV-HOPE med dess rumsliga struktur men med snöekvationerna från HBV. Indata från den operationella PTHBV-databasen.
 - HBV-HOPE med snöekvationerna från HBV. Indata från omräknade PTHBV med vinddata från ERA Interim (PTHBV Interim).
 - HBV-HOPE med vindberoende snöomfördelning och snösmältningsrutiner från HBV. Indata från PTHBV Interim och Mesan (vind).
 - HBV-HOPE med vindberoende snöomfördelning och energibalans för snösmältning. Indata från PTHBV Interim, Mesan och STRÅNG.
-
- Utvärderingsperiod bestämd av "tillgång" på data för energibalansberäkningar (20090901-20140831)
 - Kalibrerat på fyra år (20090901-20130831, automatisk kalibrering)
 - Oberoende period:
 - 2013-09-01—2014-08-31 (alla varianter)
 - 2004-09-01—2009-08-31 (ej energibalans)

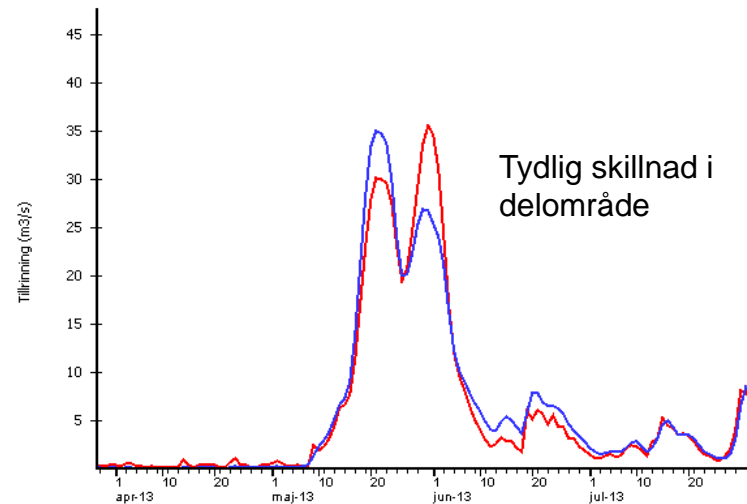
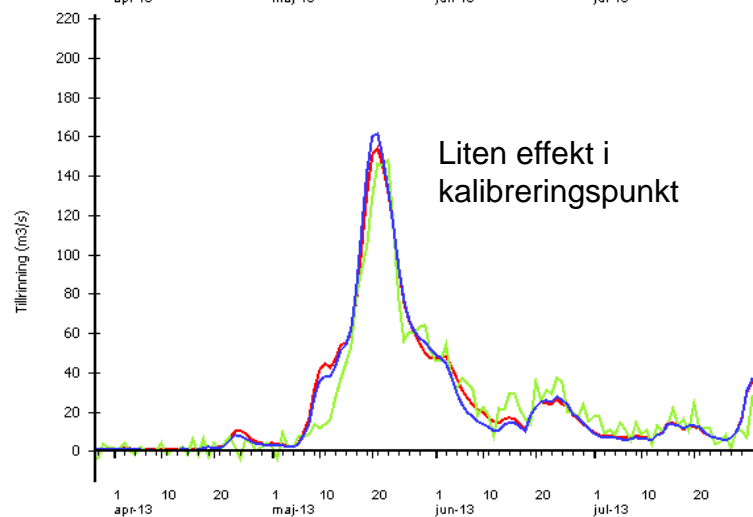
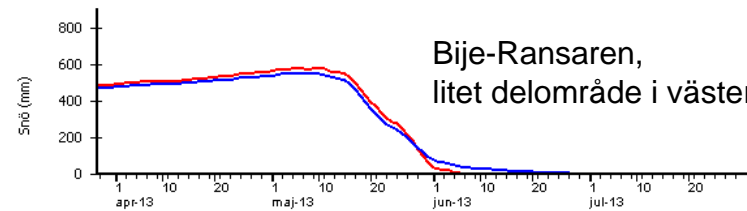
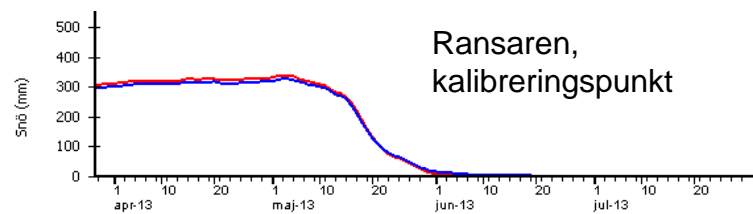


Prognosområden för utvärdering



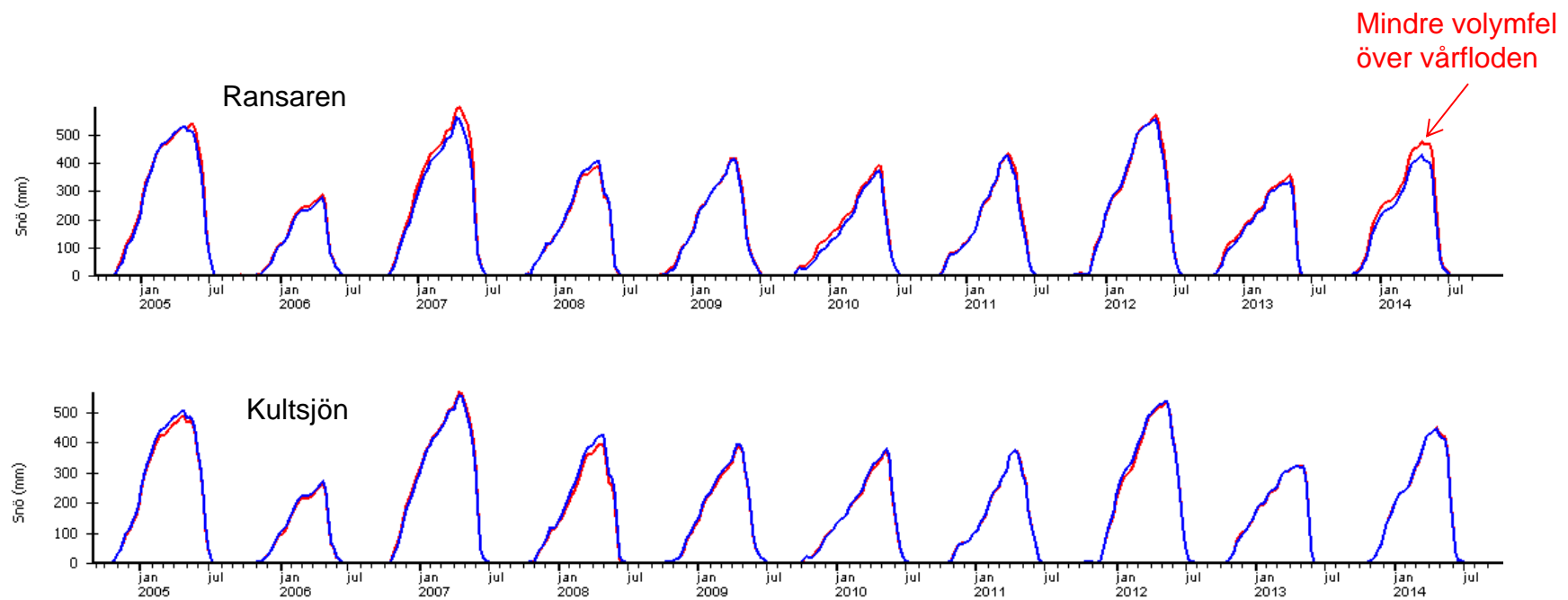
Effekt av att modellera på HOPE-grid

- Referens = operationell HBV-modell
- HBV – HOPE, operationell PTHBV
- Observerad tillrinning



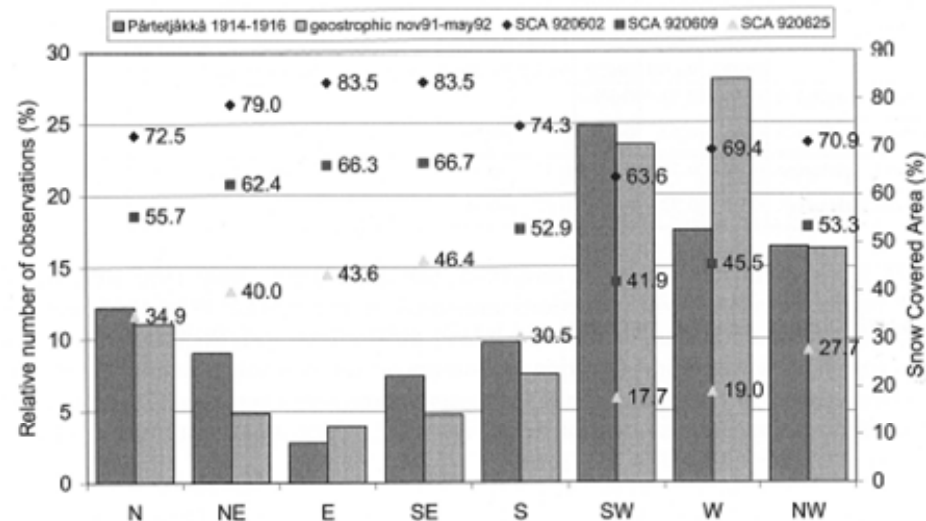
Effekt på snö av vindinformation i PTHBV

- Referens = HBV – HOPE, operationell PTHBV
- HBV – HOPE, PTHBV med vindinformation



Effekt av vindomfördelning av snö

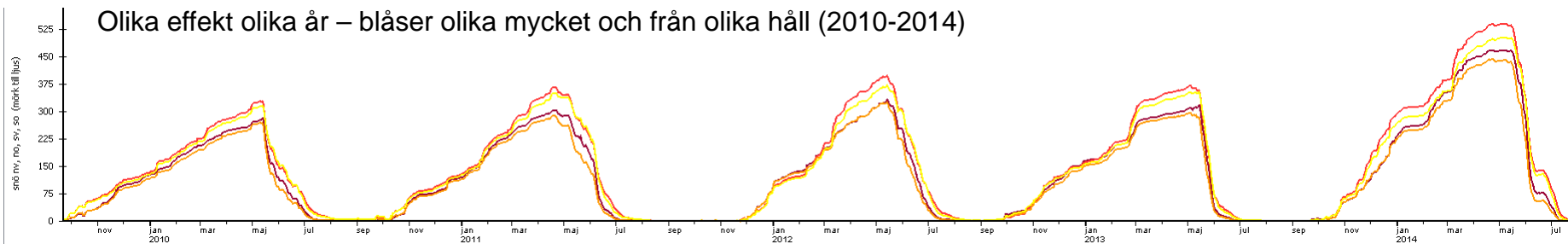
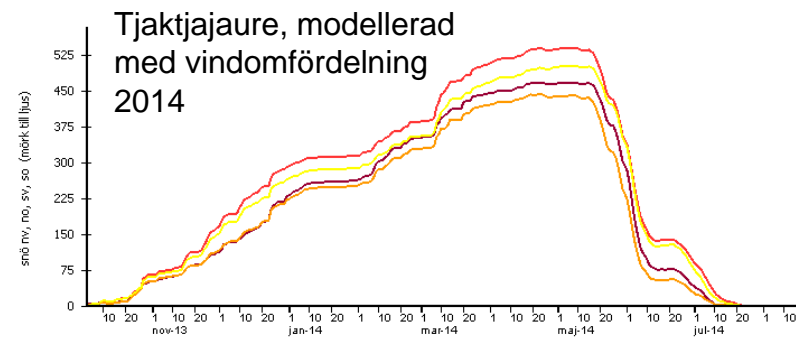
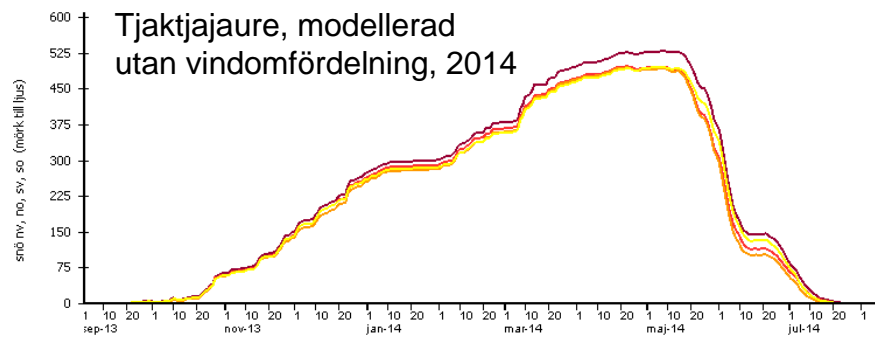
Analys av Landsat-data för Tjaktjajaure
19920602, 19920609, 19920625



Från Källgården (2001)

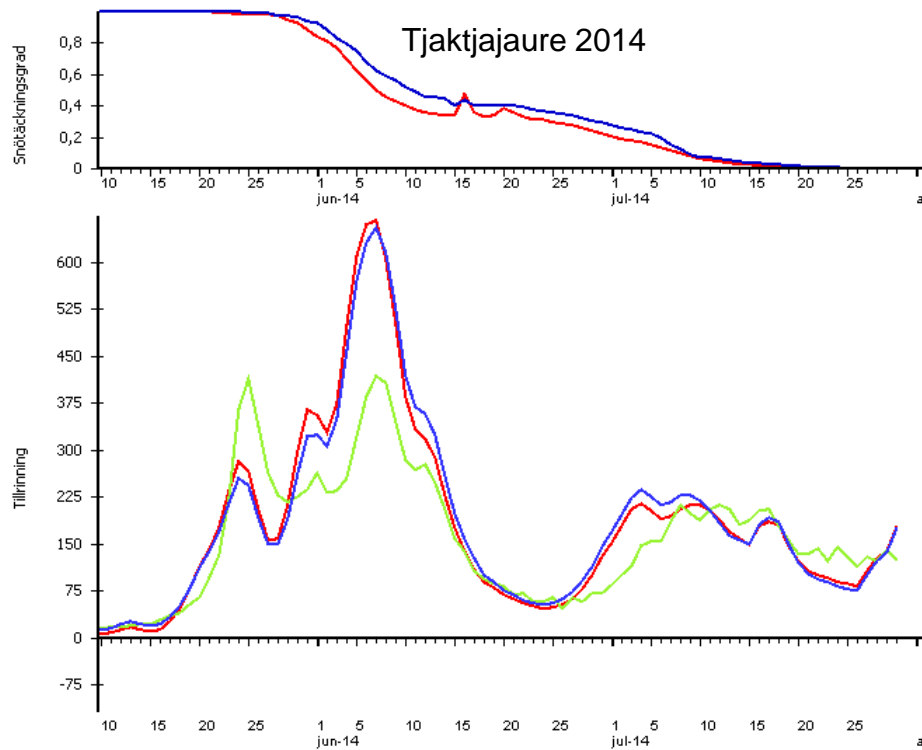
Effekt av vindomfördelning av snö

- Snö – lutning mot nordväst
- Snö – lutning mot nordost
- Snö – lutning mot sydväst
- Snö – lutning mot sydost



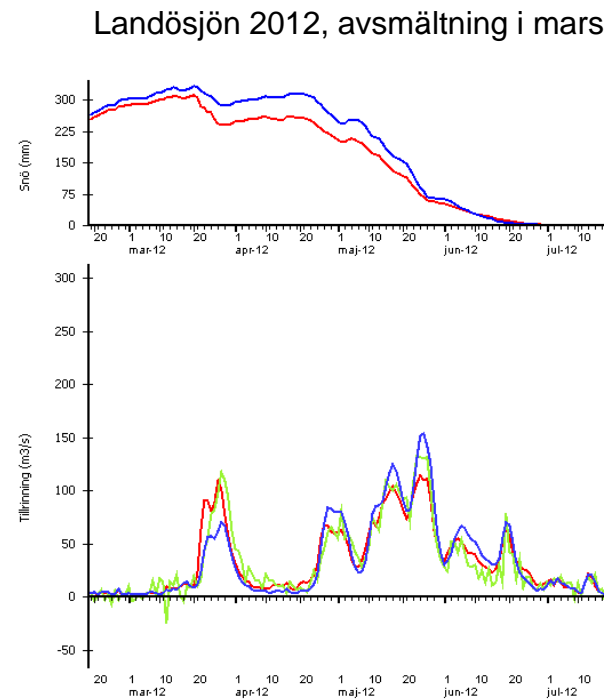
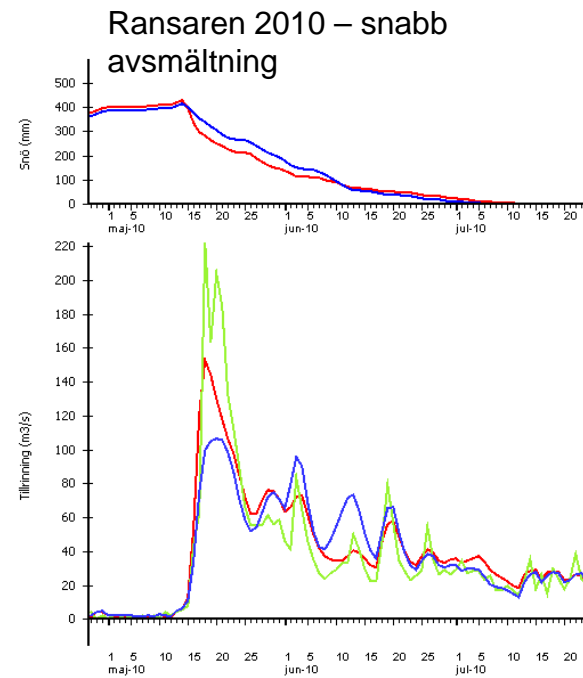
Effekt av vindomfördelning av snö, Snötäckningsgrad och tillrinning

- Referens = modellerad utan vindomfördelning
- Modellerad med vindomfördelning
- Observerad tillrinning



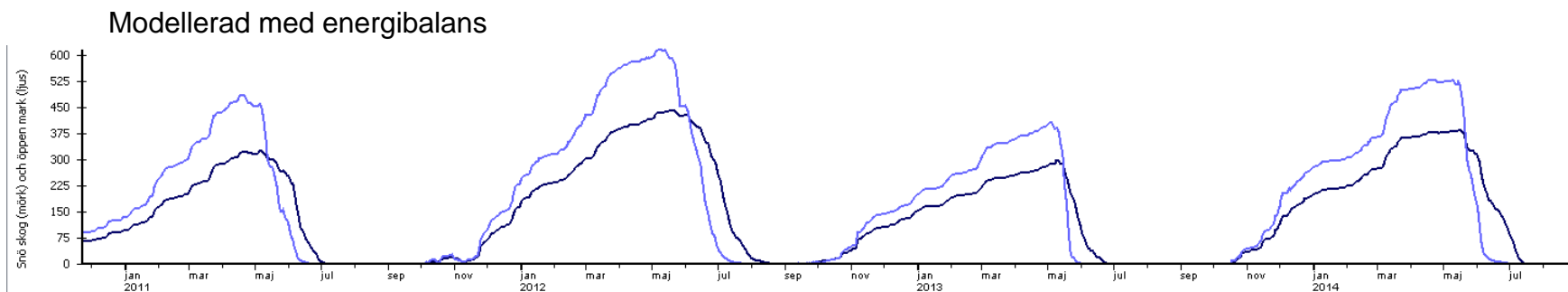
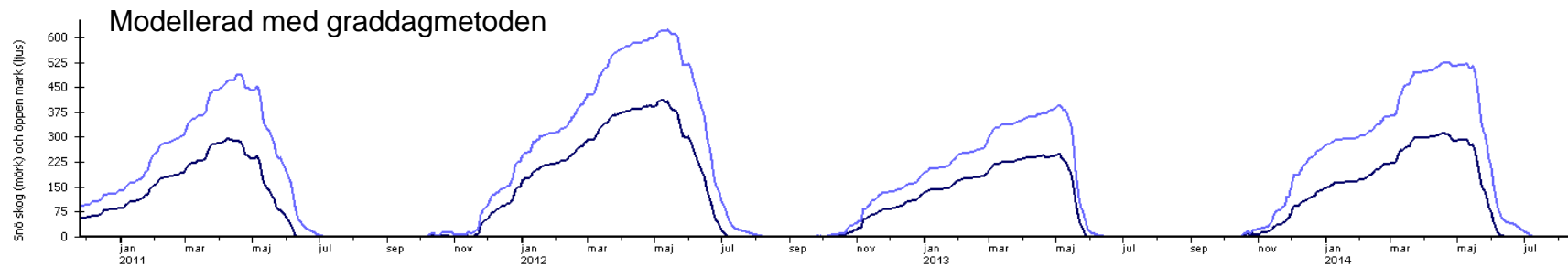
Effekt av energibalansberäkning

- Referens = modellerad med graddagmetoden
- Modellerad med energibalans
- Observerad tillrinning



Effekt av energibalansberäkning för snösmältning i skog

- Modellerat snömagasin öppen mark
- Modellerat snömagasin skog



Kriterier - tillrinning

Område	Modell	2004-2009			2009-2013			2013-2014		
		R ²	Volymfel totalt (%)	Volymfel över vårflod (%)	R ²	Volymfel totalt (%)	Volymfel över vårflod (%)	R ²	Volymfel totalt (%)	Volymfel över vårflod (%)
Tjaktjajaure	HBV	0.79	14	16	0.85	3.6	4.7	0.74	9	18
	HBV-HOPE 1	0.79	9.6	13	0.85	0.9	5.3	0.72	3.1	13
	HBV-HOPE 2	0.81	12	16	0.85	0.4	5.1	0.74	5.6	16
	HBV-HOPE 3	0.81	8.8	13	0.86	-2.7	5.6	0.75	1.1	13
	HBV-HOPE 4				0.86	-3.2	5.7	0.65	0	11
Ransaren	HBV	0.74	-3.4	2.2	0.87	-3.9	3.1	0.89	-17	15
	HBV-HOPE 1	0.74	0.8	2.9	0.86	0.2	1.4	0.87	-13	14
	HBV-HOPE 2				0.85	0.9	2.8	0.90	-11	8.9
	HBV-HOPE 3				0.86	1.2	3.1	0.91	-11	9.1
	HBV-HOPE 4				0.88	0.6	3.7	0.90	-12	4
Kultsjön	HBV	0.79	-2.2	1.9	0.87	-0.5	3.1	0.88	-11	12
	HBV-HOPE 1				0.86	0	3.2	0.88	-10	11
	HBV-HOPE 2				0.86	-0.4	3.2	0.87	-9.9	10
	HBV-HOPE 3				0.86	-0.4	3.2	0.88	-10	11
	HBV-HOPE 4				0.87	0.1	5.2	0.87	-8.6	6.2
Landösjön	HBV	0.77	6.2	5.8	0.83	-1.6	8.7	0.7	0.4	17
	HBV-HOPE 1	0.75	5.2	5.1	0.83	-3.4	8.6	0.73	-0.3	14
	HBV-HOPE 2	0.75	4.7	4	0.83	-2.1	8.5	0.73	-0.5	14
	HBV-HOPE 3	0.75	6.2	3.8	0.83	0.5	8.1	0.73	0.3	12
	HBV-HOPE 4				0.81	2.2	7.3	0.76	5.5	6

HBV: Operationella HBV-modellen, operationella PTHBV

HBV-HOPE 1: Graddagmetoden för snösmältning, operationella PTHBV

HBV-HOPE 2: Graddagmetoden för snösmältning, PTHBV Interim

HBV-HOPE 3: Graddagmetoden för snösmältning, vindomfördelning, PTHBV-Interim

HBV-HOPE 4: Energibalans för snösmältning, vindomfördelning, PTHBV-Interim

R²: Nash&Sutcliff

Volymfel totalt: *ackumulerat volymfel över hela simuleringsperioden*

Volymfel över vårflod: *medel av absolutfel över varje års vårflod*

Diskussion

- Det är idag möjligt att operationellt köra en snömodell med hög rumslig upplösning och många olika typer av meteorologiska indata.
 - Nödvändiga databaser existerar och uppdateras i realtid
- Presterar lika bra som en traditionell HBV-modell med avseende på tillrinning
- Vindomfördelning ger rimligare snöfördelning per lutningsriktning
 - Till vad nytta?
- Har inte visat att energibalansmodellen generellt ger bättre snösmältning
 - Enstaka händelser beskrivs bättre
 - Sämre datakvalité i norr?
- Användning av vindinformation i PTHBV ger små skillnader i vinternederbörd per prognosområde (det som kan verifieras mot tillrinning)
 - + för Ransaren
 - Enbart arbetat med kompletta meteorologiska data (PTHBV-Arkiv)
- Vi har "krafats på ytan"
 - Värt att gräva djupare?

TACK!

