

ХАРАА ГОЛЫН УРСАЦАД ҮЗҮҮЛЭХ УУР АМЬСГАЛЫН ӨӨРЧЛӨЛТИЙН НӨЛӨӨЛЛИЙГ HBV ЗАГВАРЫН АРГА ЗҮЙ АШИГЛАН ТООЦОХ

Ё.Амарбаясгалан¹, З.Мөнхцэцэг², Я.Жамбалжав³

^{1,3}, Газарзүй-Геоэкологийн хүрээлэн ШУА, Улаанбаатар 14192, Монгол улс.
², МУИС-ХШУИС, Хэрэглээний математикийн тэнхим, Улаанбаатар, Монгол улс.

E-mail: hydro.amjilt@gmail.com

Abstract;

Today, water resource consumption and depletion have become a global problem. In Mongolia river discharge has decreased and lake levels are lowering. These reductions in rivers and lakes are largely attributed to unsustainable human activities and environmental change. Therefore, we calculated stream flow within Kharaa basin using a HBV hydrological model coupled with HadCM3 climate data to assess the impacts climatic change on water resources. Our results emphasize the importance of the conservation of water resources in the Kharaa river basin.

Түлхүүр үг: Голын урсац, усны нөөц, уур амьсгалын өөрчлөлт.

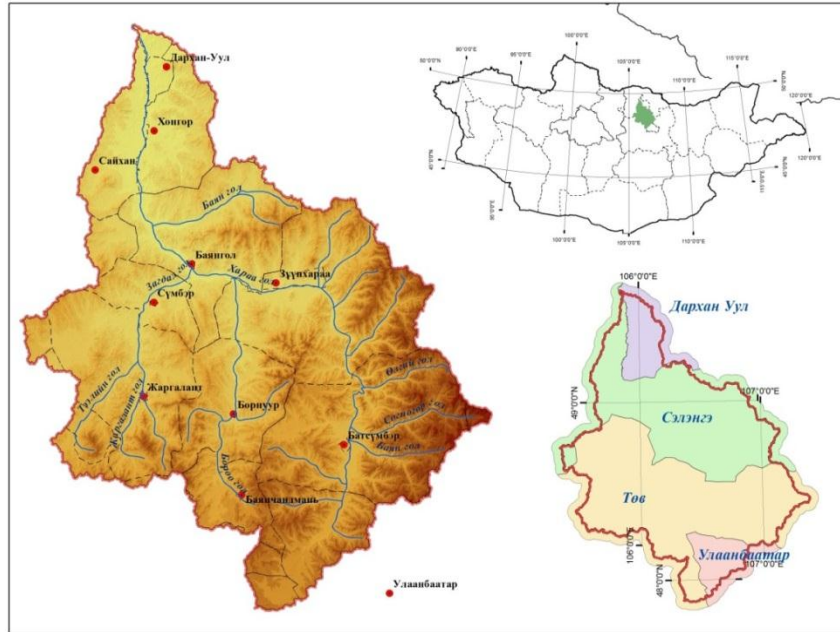
Оршил

Өнөөдөр цэвэр усны нөөцийн хомсдол, түүнээс сэргийлэх, асуудал дэлхий нийтийн тулгамдсан асуудлуудын нэг болоод байгаа. Монгол орны гол мөрний усны урсац багасаж зарим гол, нуурууд хатаж ширгэж байгаа нь нэг талаас хүний зүй зохисгүй үйл ажиллагаатай холбоотой хэдий ч нөгөө талаас уур амьсгалын дулааралттай холбоотой байж болох юм. Иймд манай улсын нийгэм эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой Хараа голын сав газрын урсацыг загварчлалын аргагүй ашиглан тооцож урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тооцох нь усны нөөцийн хомсдолоос сэргийлэх, усны нөөцийг зүй зохистой ашиглах, голын сав газрын экосистемийн тэнцвэрт байдлыг хадгалах хамгаалах зэрэг асуудалд чухал ач холбогдолтой юм.

Судалгааны зорилго: а. Хараа голын урсацыг HBV загварын аргагүй ашиглан тооцох б. Урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг HADCM3 загварын өгөгдлийг ашиглан тооцох.

Хараа голын сав газрын байрзүй, байгалийн нөхцөл

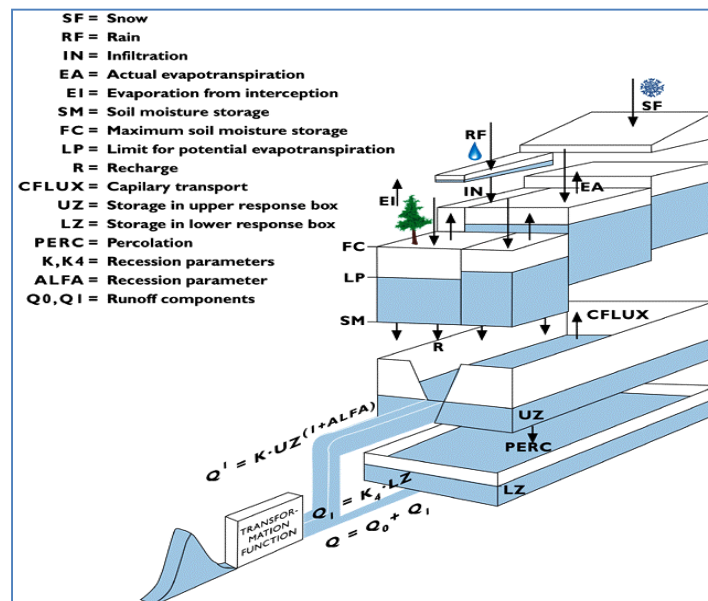
Хараа голын сав газарт Төв, Сэлэнгэ, Дархан-Уул аймгийн 10 сумдын нутаг дэвсгэр хамрагдаж байна. Тус сав газрын 47.31 хувийг Төв, 39.94 хувийг Сэлэнгэ, 6.96 хувийг Дархан-Уул аймгийн нутаг, 2.19 хувийг бусад нутгийн талбай тус тус эзэлж байна. Хараа гол нь Хэнтийн нурууны салбар уулсаас эх аван урсаж (х.ө. 49°36'69", з.у. 105°49'63) Орхон голд цутгадаг. Хараа голын урт нь 291 км, ус хурах талбай нь 14538 км².



Зураг 1. Хараа голын сав газарт хамрагдаж буй сумд.

Судалгааны аргазүй: Урсацын HBV загвар, Уур амьсгалын өөрчлөлтийн HAD CM3 загвар.

Судлагаанд ашиглаж буй HBV загварыг анх 1972 онд Шведийн Ус Цаг Уурын хүрээлэнгийн эрдэмтэн Bergstrom боловсруулж байжээ. HBV гэдэг нь “Hydrologiska Byggnads Vattenbalansavdelning” (Hydrological Bureau Water balance-section) гэсэн утгатай Швед үгний товчлол юм. Одоогоор HBV загварын янз бүрийн хувилбаруудыг дэлхийн 40 гаруй оронд ялгаатай газарзүйн байршил, цаг уурын нөхцөлд зүгшрүүлэн ажиллуулж байна (Зураг 2).



Зураг 2. Урсацын HBV загварын ерөнхий схем [Lindstrom et al., 1997].

Загварын оролтын мэдээ бэлтгэх

Урсацын HBV загварыг ажиллуулахын тулд загварын оролтын мэдээг бэлтгэнэ. Оролтын мэдээнд хур тунадас, агаарын температур, ууршилтыг өдөр бүрийн алхамтайгаар сав газрын дундаж утгаар авч гаралтын мэдээ болох урсацыг тооцдог.

Хур тунадас: Загварт хур тунадасыг сонгосон сав газрын цаг уурын станцын өдөр бүрийн тунадасны мэдээг сав газрын дундаж хур тунадаст шилжүүлснээр авч тооцно. Сав газрын дундаж хур тунадасыг Тиссений хэсгийн аргаар бодно. Энэ арга нь тунадас хэмжсэн цэгүүд тухайн полигоны төвд байхаар сав газраа хэсгүүдэд хуваана. Сав газраа хэсэгт хуваахдаа тунадас хэмжсэн цэг (станц)-үүдийг хооронд нь шулуун шугамаар холбож, холбосон шугамандаа перпендикуляр байхаар биссектрис (дундаж шугам) татна. Сав газрын дундаж хур тунадасыг Тиссений хэсгийн аргаар дараах байдлаар тодорхойлно (Зураг 3).

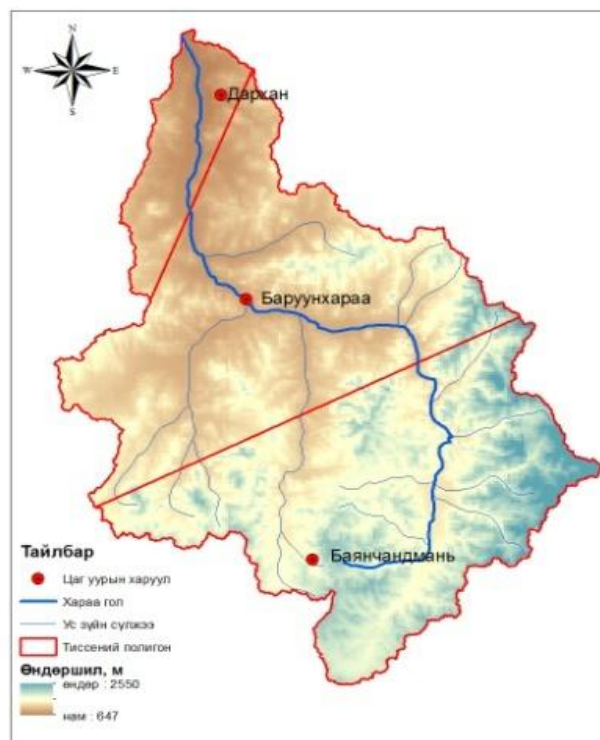
$$P = \sum W_i \cdot P_i$$

Үүнд:

P - сав газрын дундаж хур тунадасны хэмжээ, мм

W_i – тухайн тунадас хэмжсэн цэгийн хувьд олсон хэсгийн нийт талбайд эзлэх хувь, хэмжээ

P_i - тухайн тунадас хэмжсэн цэг дэх тунадасны хэмжээ, мм



Зураг 3. Тиссений полигонд хуваагдсан байдал

Температур: Агаарын температурын хувьд сав газрын дундаж утгаар тооцохдоо Тиссений полигоноор бус сонгогдсон станцууд дээр хэмжсэн агаарын температурын дундаж утгаар тооцож авсан.

Ууршилт: Загварын нэг чухал оролтын мэдээ нь ууршилтын хэмжээ юм. Загварт ууршилтыг мөн өдөр бүрийн хэмжилтийн мэдээгээр авч тооцдог. Гэвч ууршилтын хэмжилтийн мэдээг өдөр бүрээр авч ашиглах боломжгүй байсан тул ууршилтыг тооцох олон аргуудын нэг болох Иванов-Бланей-Кридлийн аргаар тооцсон болно. Энэ арга нь агаарын температур харьцангуй чийгшлийн мэдээг ашиглан ууршилтыг тооцдог. Агаарын температур 5°C-с их байх үед Бланей-Кридлийн томъёогоор, харин агаарын температур 5°C-с бага байх үед Ивановын томъёогоор тус тус бодно.

Агаарын температур 5°C-аас их байх үеийн ууршиц тооцох Бланей-Кридлийн томъёо:

$$ET = 3.6 \cdot 10^{-4} \cdot \left[(25 + T)^2 \cdot \left(1 + \frac{100 - rH}{100} \right) \right]$$

Үүнд:

ET- бодит ууршилт, мм

T-агаарын температур, °C

rH-харьцангуй чийгшил, %

Агаарын температур 5°C-аас бага байх үед ууршиц тооцох Ивановын томъёо:

$$ETP = a + b(f(0.457 \cdot T + 8.128))$$

Үүнд:

ETP –боломжит ууршил,мм

T –агаарын температур, °C] *a*, *b* –параметр (*a* = -1.55, *b* = 1.13) (*L.Menzel, 2008*)

f –итгэлцүүр

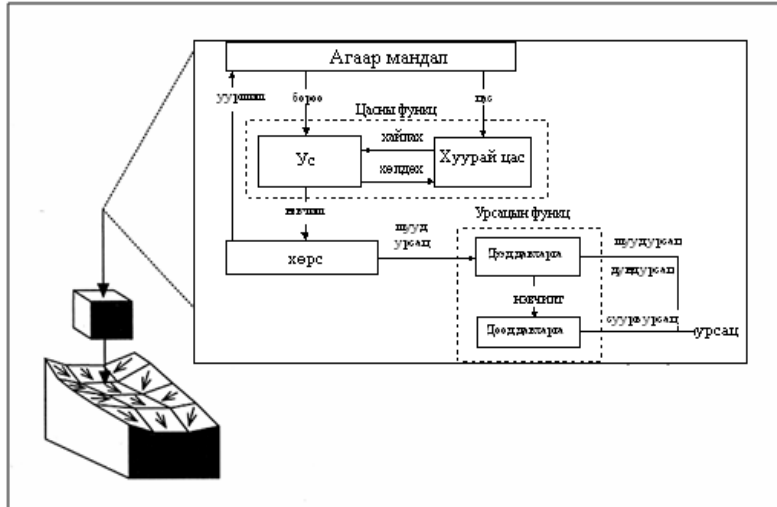
Энэ аргыг ашиглан Германы эрдэмтэн (*L.Menzel, 2008*) онд 49-р өргөрөгийн нутгууд болон Монгол орны хойд хэсэгт ажиглалт туршилт хийж параметрүүдийн утгыг нарийвчлан тодорхойлсон байдаг (Хүснэгт 1). Иймээс Хараа голын сав газрын хувьд энэ аргыг ашиглах нь илүү тохиромжтой гэж үзэж тус сав газрын ууршилтын хэмжээг тооцсон болно.

Хүснэгт 1. *f*- итгэлцүүрийн утга. *L. Menzel, 2008*

Сар	Итгэлцүүр (N49 ⁰)	Сар	Итгэлцүүр (N49 ⁰)
Нэгдүгээр сар	0.1978	Долодугаар сар	0.3514
Хоёрдугаар сар	0.2296	Наймдугаар сар	0.3206
Гуравдугаар сар	0.2662	Есдүгээр сар	0.281
Дөрөвдүгээр сар	0.3086	Аравдугаар сар	0.241
Тавдугаар сар	0.3436	Арваннэгдүгээр сар	0.2022
Зургаадугаар сар	0.3678	Арванхоёрдугаар сар	0.183

НВУ загварын урсацын тооцоо

НВУ загвар нь сав газрыг дэд сав газруудад хуваадаг ба дэд сав газраа нэгж болгон далайн түвшнээс дээш өндрөөр нь ялгана (*Bergstrom, 2002*). Урсацын НВУ загварт хур тунадас, агаарын температур, ууршицын мэдээг ашиглаж голын урсацыг хоног тутамд тооцно. Агаарын температурын мэдээгээр цасны хуримтлал, хайлалтыг тооцдог (*З.Мөнхцэцэг, 2011*).



Зураг 4. HBV урсацын загварын схем

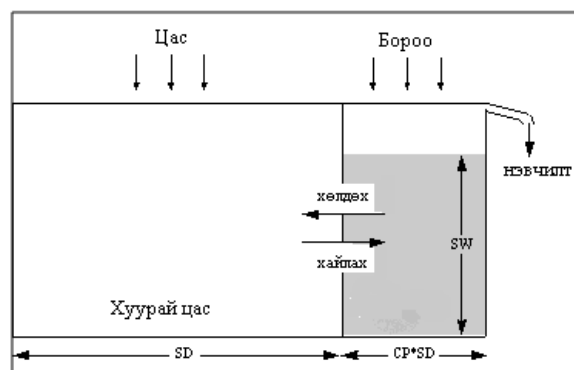
Эдгээр хэсэг тус бүр болон тэдгээр хооронд явагдах ус, чийгийн шилжилт хөдөлгөөн буюу физик процессыг загварт бүлэг тэгшитгэлээр илэрхийлнэ (зураг 4).

Сав газар дахь ус судлалын харуулын өдөр бүрийн өнгөрөлтийн мэдээг ашиглан загварын параметруудийг зүгшрүүлж, тэдгээр харуулын үл хамаарах ажиглалтын цуваагаар загварыг шалгаж үнэлнэ. Урсацын HBV загварыг ажиллуулахын тулд загварын оролтын мэдээг бэлтгэх шаардлагатай байдаг. Оролтын мэдээнд хур тунадас, агаарын температур, ууршицыг өдөр бүрийн алхамтайгаар сав газрын дундаж утгаар авч гаралтын мэдээ болох урсацыг тооцдог.

Энэхүү судалгаанд Killingtveit & Saelthun нарын арга зүйд суурилан Jaar Kwadjik-ын боловсруулсан HBV загварын хувилбарыг ашигласан.

Загвар нь хур тунадас, хөрсний чийг, урсацын төлөв гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрддэг (зураг 5).

Цасны төлөв:



Зураг 5. Цасны төлвийн схем

Бороо болон цасыг ялгахын тулд босго температурыг хэрэглэнэ. Орчны температур босго температураас бага үед цас хөлдөж, харин их тохиолдолд хайлдаг гэж үздэг.

HBV загварын цас хайлалтыг тооцох аргачлал нь агаарын температурт үндэслэсэн цасны ус агуулах чадамжийг тооцоолсон арга юм.

Цас хайлах болон хөлдөх хэмжээг дараах байдлаар тодорхойлдог.

$$F_m = C_x(T_a - T_s)$$

$$F_r = C_x \cdot C_r(T_s - T_a)$$

Үүнд:

F_m - цасны хайлсан хэмжээ

F_r - цасны хөлдсөн хэмжээ

C_x, C_r - параметр

T_a - агаарын температур

T_s - босго температур

Цасан дахь усны багахан хэсэг нь тухайн тодорхойлсон параметртэй ихэвчлэн тэнцүү байдаг. Хэрвээ усны агууламж C_p параметрээс давбал хөрс рүү нэвчинэ.

Хөрсөнд нэвчих усны хэмжээг $S_{in} = \max\{(SW - C_p \cdot SD), 0\}$ томъёогоор тодорхойлно.

Үүнд:

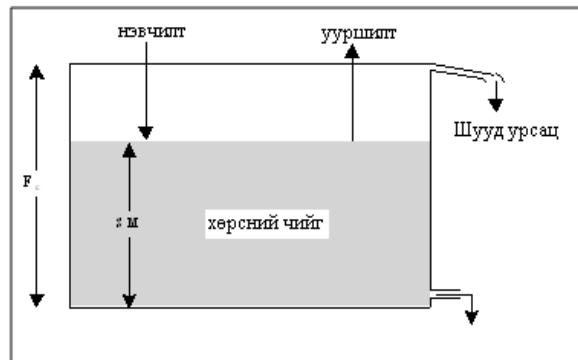
SW - цасан дахь усны хэмжээ

C_p - параметр

SD - цасан дахь хуурай цасны агууламж

Хөрсний урсац:

Энэ хэсэг нь хөрсний урсацыг тооцох үндсэн хэсэг юм. Бороо болон цас хайлалтын үед хөрсний чийг хэрхэн нэмэгдэхийг тодорхойлдог (Зураг 6).



Зураг 6. Хөрсний урсацын схем

Хөрсний чийгийн тодорхой хувь нь ууршдаг ба энэ нь хэмжсэн ууршиц болон хөрсний чийгийн боломжит хэмжээтэй холбоотой байдаг. Гадаргын урсац болох хөрсний чийгийн хэмжээг дараах томъёогоор тодорхойлогдоно.

$$S_{dr} = \max\{(SM + S_{in} - F_c), 0\}$$

Үүнд:

$S_{dr} - S_{dr}$ - гадаргын урсац болох хөрсний чийгийн хэмжээ

SM -хөрсний чийгийн агууламж

S_{in} -хайлсан цаснаас хөрсөнд нэвчих усны хэмжээ

F_c - F_c - параметр

Хөрсөнд нэвчих усны хэмжээг дараах байдлаар олно.

$$I_{net} = S_{in} - S_{dr}$$

Нэвчилтийн хэмжээ нь хөрсний чийгийн агууламжаас хамаардаг.

Нэвчилтийн хэмжээг:

$$SP = \left(\frac{SM}{F_c} \right)^\beta \cdot I_{net}$$

томъёогоор тооцно.

Үүнд:

B -параметр

Урсацын хэмжээ:

Энэ хэсэгт гурван төрлийн урсацыг тооцдог. Хөрсний дээд давхаргад шууд үүсэх болон дунд давхаргад үүсэх урсац мөн доод давхаргад суурь урсац үүсдэг. Хөрсний өнгөн үе усаар ханамагц гадаргын урсац үүсч эхэлнэ.

Хур борооны ус ба цасны хайлалт нь хөрсний чийгийн бүсэд нэвчин, эргээд ууршина. Хөрсөнд нэвчсэн урсац нь суурь урсацыг шилжиж дуусна (Зураг 7). Суурь урсацын хэмжээг дараах томъёогоор олно.

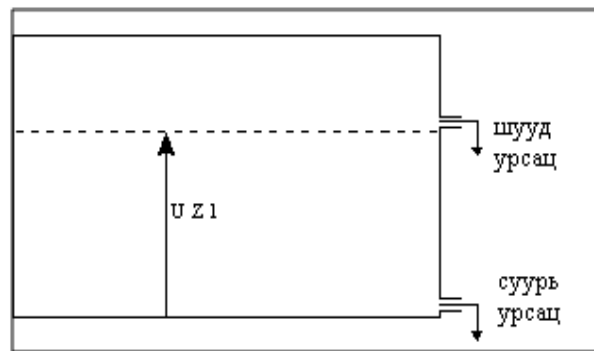
$$Q_{Iz} = K_{Iz} \cdot V_{Iz}$$

Үүнд:

K_{Iz} - K_{Iz} - параметр

V_{Iz} - V_{Iz} -доод давхаргын усны агууламж

Дээд давхарга нь хоёр (шууд болон дунд хэсэгт урсац үүсгэдэг) давхаргад хуваагддаг тул доод давхаргыг бодвол тооцоход илүү бэрхшээлтэй байна.



Зураг 7. Урсацын схем

Хэрэв хөрсний дээд давхаргын усны хэмжээ нь босго урсацаас бага байвал дунд хэсэгт урсацыг үүсгэнэ. Харин их байвал дээд давхаргад гадаргын урсац үүснэ. Дунд хэсгийн урсац үүсэх хэмжээг:

K_i - K_i – параметр томъёогоор тодорхойлно.

UZ1-босго урсац

V_{uz} - V_{uz} - дээд давхаргын хөрсний чийгийн хэмжээ

Шууд урсац үүсэх хэмжээг:

$$Q_q = K_q \cdot \max\{(V_{uz} - UZ1), 0\}$$

томъёогоор олно. K_q - K_q - параметр

Нийт урсацын хэмжээ нь гурван урсацын нийлбэр хэмжээгээр тодорхойлно. Нийт урсацын хэмжээг:

$$Q = Q_{l_z} + Q_i + Q_q \text{ томъёогоор бодно.}$$

Урсацын параметрууд нь $K_{l_z} < K_i < K_q$ гэсэн нөхцөлийг хангасан байна.

Урсацын хэмжээ нь k_{l_z} , k_i , k_q гэсэн гурван параметрийг тооцож урсац, нэвчилтийн босго утгаар тодорхойлогдоно.

Загварын зүгшрүүлэлт буюу параметруудийн тохируулга

Загварт ашиглагдаж байгаа параметрууд нь тус тусын физик утгыг агуулдаг бөгөөд зарим тохиолдолд эдгээр параметруудийг шууд хэмжилтийн аргаар тодорхойлох боломжгүй байдаг. Урсацын HBV загварын параметруудийг зөв үнэлж загварыг зүгшрүүлнэ. Загварын зүгшрүүлэлт нь загварын үр дүн бодит ажиглалтын мэдээтэй хамгийн сайн таарч байхаар загварын параметрийг тодорхойлж өгөх явдал юм. HBV загвар нийт 18 параметртэй үүнээс 12 параметрийг мэдрэхүйн анализ хийхэд ашиглах бөгөөд загварыг ажиллуулж буй судалгааны талбайн онцлогоос хамааран зарим параметр өндөр мэдрэмжтэй зарим нь огт мэдрэмжгүй байдаг.

Загварын таарцыг шалгаж үнэлэх

Ус судлалын загварт өргөн ашигладаг Nash&Sutcliffe-ийн шалгуураар HBV урсацын загварын таарцыг үнэлдэг.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (Q_c(t_i) - Q_o(t_i))^2}{\sum_{i=1}^n (Q_o(t_i) - \bar{Q}_o)^2}$$

Үүнд:

Q_c – Загвараар тооцоолсон урсац

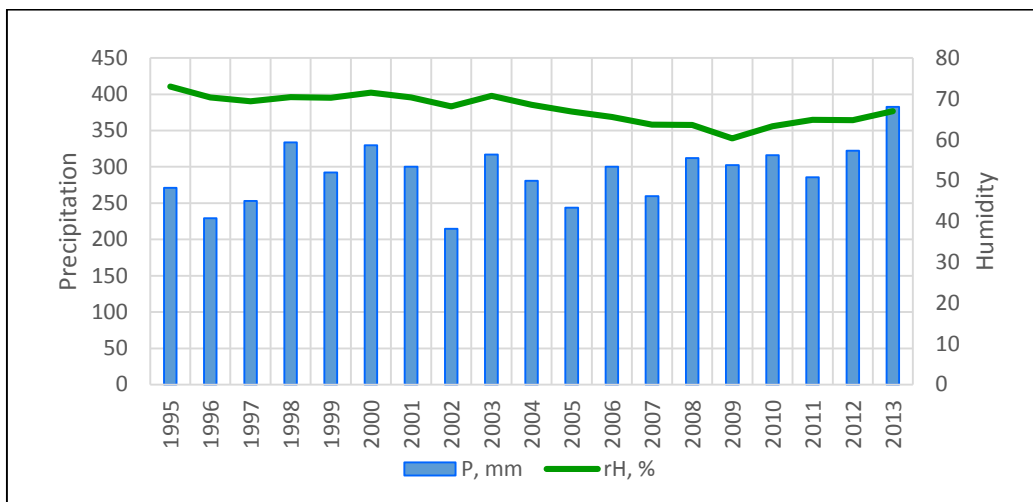
Q_o – Ажиглагдсан урсац

\bar{Q}_o – Ажиглагдсан урсацын дундаж

Nash&Sutcliffe -ийн коэффициент R^2 1 рүү ойртох тусам урсацын загварын таарц сайн гэж үзнэ. Энэ шалгуурын хувьд үерийн прогноз, их урсацын тооцоог үнэлэхэд ашиглах нь илүү зохимжтой бөгөөд өндөр мэдрэмжтэй байдаг. Харин цөөн тооны цаг уурын станц дээр хэмжсэн хур тунадасны мэдээг ашиглан урсацыг загварчилж байгаа үед үерийн долгион тооцогдохгүй байх тохиолдол гардаг.

Судалгааны үр дүн

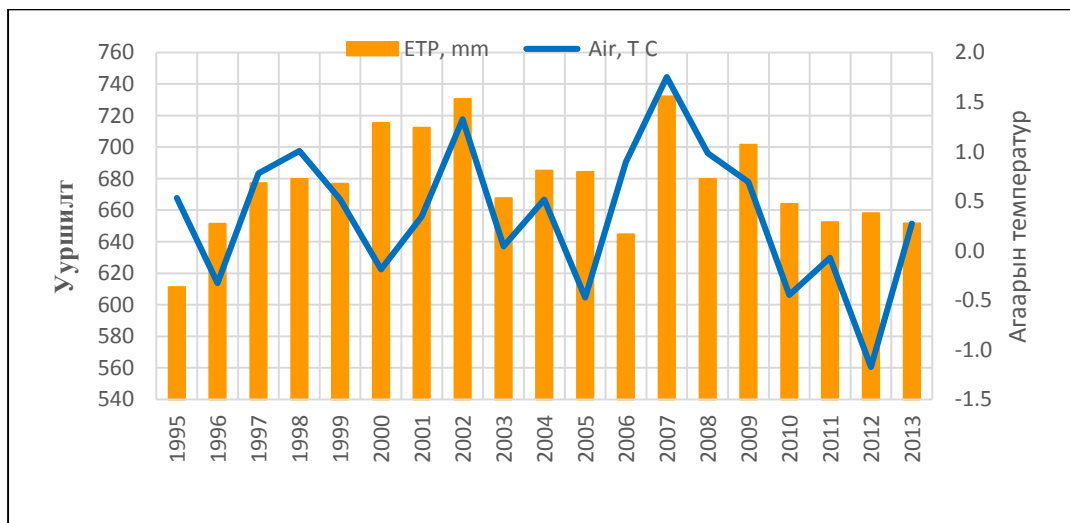
Хур тунадас: Хараа голын сав газарт хамрагдаж буй Дархан, Баруун хараа, Баянчандмань харуулын мэдээ болон хээрийн хэмжилт судалгааны үр дүнг харьцуулан Тиссений полигоны аргаар тус сав газрын дундаж хур тунадасны хэмжээг тооцоход сав газрын жилийн дундаж хур тунадас 259-292 мм байна (Зураг 8).



Зураг 8. Хараа голын сав газрын дундаж хур тунадас.

Температур: Агаарын температурын хувьд сав газрын дундаж утгаар тооцохдоо Тиссений полигоноор бус сонгогдсон станцууд дээр хэмжсэн агаарын температурын дундаж утгаар тооцож авсан.

Ууршилт: Загварын нэг чухал оролтын мэдээ нь ууршилт юм. Загварт ууршилтыг мөн өдөр бүрийн хэмжилтийн мэдээгээр авч тооцдог. Гэвч ууршилтын хэмжилтийн мэдээг өдөр бүрээр авч ашиглах боломжгүй байсан тул ууршилтыг тооцох олон аргуудын нэг болох Иванов-Бланей-Кридийн аргаар тооцсон болно.



Зураг 9. Хараа голын сав газрын дундаж ууршилт.

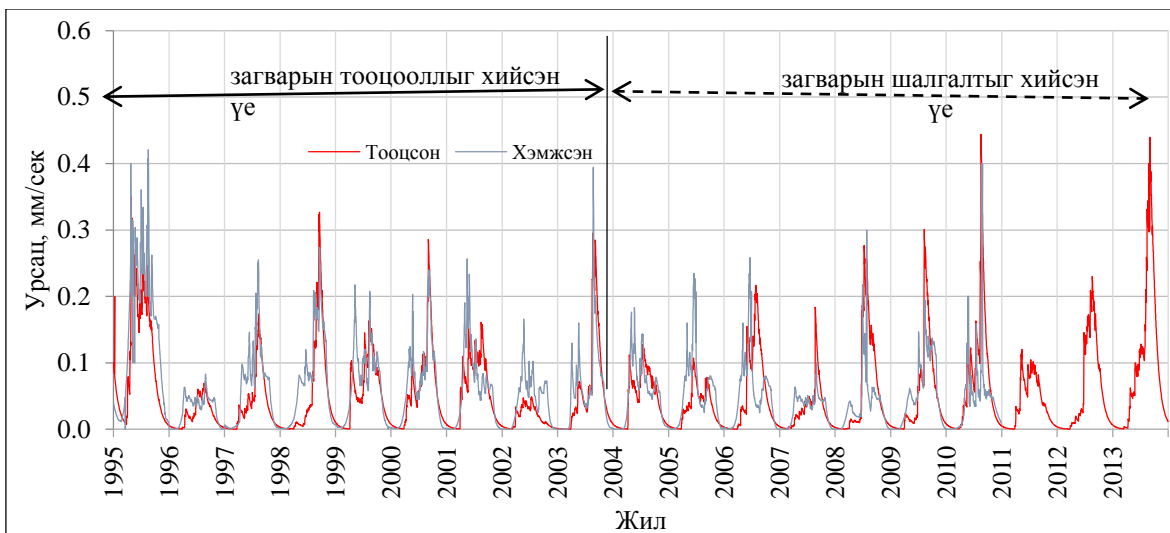
Тус аргаар Дархан, Баруун хараа, Баянчандмань цаг уурын станцын 1995-2013 оны хугацааны агаарын температур, харьцангуй чийгшлийн өдөр бүрийн мэдээ ашиглан сав газрын дундаж ууршилтыг тооцоход жилийн нийлбэр ууршилт 518-733 мм-ийн хооронд байна (Зураг 9).

Загварын параметруудийн мэдрэмтгий байдлын дүн шинжилгээ:

Урсацын HBV загварын зүгшрүүлэлт буюу параметруудийн тохируулга шалгалтын явцад хамгийн мэдрэмтгий (sensitivity analysis) параметрууд нь хөрсний чийгийн итгэлцүүр (Beta), хөрсний чийг багтаамжийнн утга (Fc), мөн дээд давхарга дахь шууд урсацын тогтмолыг илэрхийлэх параметруудийн утгууд хамгийн их мэдрэмтгий байсан (Хүснэгт 3). Загварын параметруудийг зөв тохируулж загварыг зүгшрүүлсний дараа загвараар тооцсон үр дүнг тус сав газарт хамрагдаж буй Дархан, ус судлалын харуулын хэмжилтийн мэдээтэй харьцуулан шалгаж загварын зүгшрүүлэлтийг Nash&Sutcliff-ийн коэффициентоор шалгаж үнэлэв.

Хүснэгт 2. HBV загварын параметрууд (+++ хамгийн их мэдрэмтгий, ++ дунд, + сул).

Үзүүлэлт	Параметрийн утга	Нэгж	Тайлбар	мэдрэмж
Цасны төлөвийн параметрууд				
Tx	/-0.5-2.5		Босго температур	+
Ts	/-0.5-2.5		Цас хайлж эхэлэх босго температур	++
TI	0.6		Температурын градиент	
Cx	1-.10		Цас хайлах тогтмол	++
Ct	0-0.1		Цас хөлдөх тогтмол	++
Cp	0-0.2		Цасан дахь усны агууламж	++
Хөрсний төлөвийн параметрууд				
Beta	1-.6		Хөрсний чийгийн итгэлцүүр	+++
Fc	50-500		Хөрсний чийг багтаамж	+++
Tm	0.7		Ууршилтын итгэлцүүр	++
Урсацын төлөвийн параметрууд				
Pm	0-0.6		Хур тунадасны нэвчих хамгийн их утга	+
Kq	0.3		Дээд давхарга дахь шууд урсацын тогтмол	+++
KL	0.001-0.1		Дунд давхарга дахь урсацын тогтмол	
KLZ	0.001-0.01		Суурь урсацын тогтмол	++
UZ1	0-100		Шууд урсацын босго утга	



Зураг 10. Хараа голын сав газрын олон жилийн дундаж урсацын гидрограф

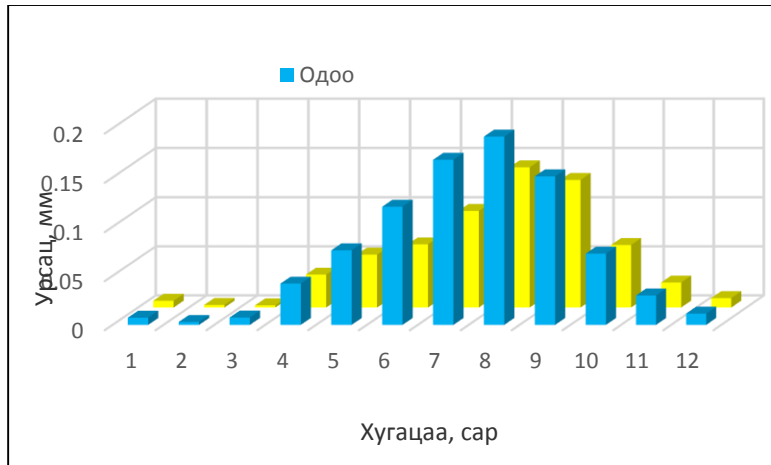
Загварын шалгалт: Nash&Sutcliffe -ийн коэффициент (R^2) 1 рүү ойртох тусам урсацын загварын таарц сайн гэж үзнэ. Загвараар тооцсон урсацын үр дүнг Nash-Sutcliffe-ийн коэффициентоор шалгаж үнэлэхэд загварын тооцооллын үед дунджаар 0.5-0.7, харин загварын шалгалтын үед 0.5-0.8 гарч байгаа нь загварын зүгшрүүлэлт амжилттай болсныг харуулж байна. Урсацын HBV загвараар тооцсон Хараа голын сав газрын олон жилийн дундаж урсацын гидрографыг (зураг 10) –д харуулав.

Уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тооцсон үр дүн

Сүүлийн жилүүдэд манай орны томоохон голуудын тоонд зүй ёсоор ордог Хараа голын сав газрын усны нөөц багасаж зарим гол горхи хатаж ширгэх болсон. Энэ хүний зүй зүй зохисгүй үйл ажиллагаатай холбоотой, нөгөө талаас дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлттэй холбоотой голын урсацад ихээхэн өөрчлөлт орох болсон. Уур амьсгалын өөрчлөлтийг тооцдог олон загваруудаас Монгол орны нөхцөлд хамгийн тохиромжтой байсан нь Английн уур амьсгалын судалгааны HADLEY төвийн HADCM3 загварын тооцооны үр дүн гэж дүгнэсэн байдаг (П.Гомболүүдэв, 2005). Иймээс тус загварыг ашиглан Хараа голын урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийг тооцох боломжтой юм.

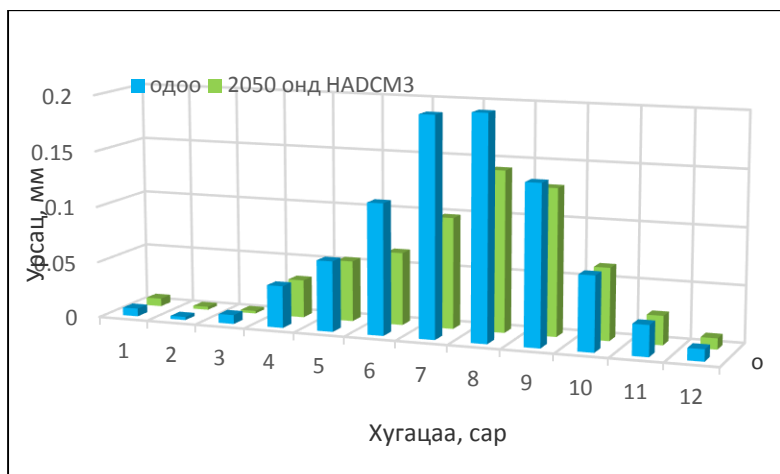
Урсацын HBV загварыг амжилттай зүгшрүүлж урсацыг тооцож гаргасны дараа урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тооцохын тулд HadCM3 сценарын өгөгдөл ашиглан тооцож гаргасан. /Тус сценарийн өгөгдлийг Ус цаг уурын хүрээлэнгээс авсан болно/.

HadCM3 сценарын өгөгдлөөр Хараа голын урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөллийг тооцоход 2020 онд хүйтэн сэрүүн саруудын урсацын хэмжээ харьцангуй тогтвортой байна. Харин дулаан саруудын урсацын хувь буурсан үзүүлэлттэй байгаа бөгөөд дулаан саруудад дунджаар 29.5 мм/хоног буурсан үзүүлэлт ажиглагдаж байна (Зураг 13). Урсацын хэмжээ 2011-2030 оны хугацаанд буюу 20 жилийн дунджаар 29 хувиар буурсан үзүүлэлттэй байна.



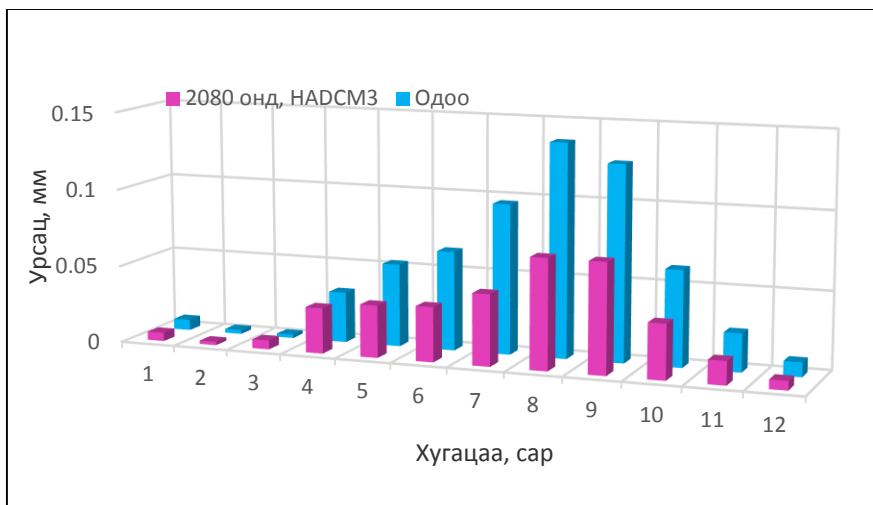
Зураг 13. HadCM3 (2020) сценарийг ашиглан тооцсон урсац.

2050 онд хүйтэн сэрүүн саруудын урсацын хувь харьцангуй тогтвортой байгаа хэдий ч дулаан саруудын урсацын хувьсал жилээс жилд хэлбэлзэл ихтэй төдийгүй урсац нэлээд багасах төлөвтэй байна. Ялангуяа зуны саруудын урсац нэлээд их бууралттай ба дунджаар 36 мм/жилээр буурахаар байна. 2045-2065 оны хугацаанд дунджаар 36 хувиар буурах хандлагатай байна (зураг 14).



Зураг 14. HadCM3 (2050) сценарийг ашиглан тооцсон урсац.

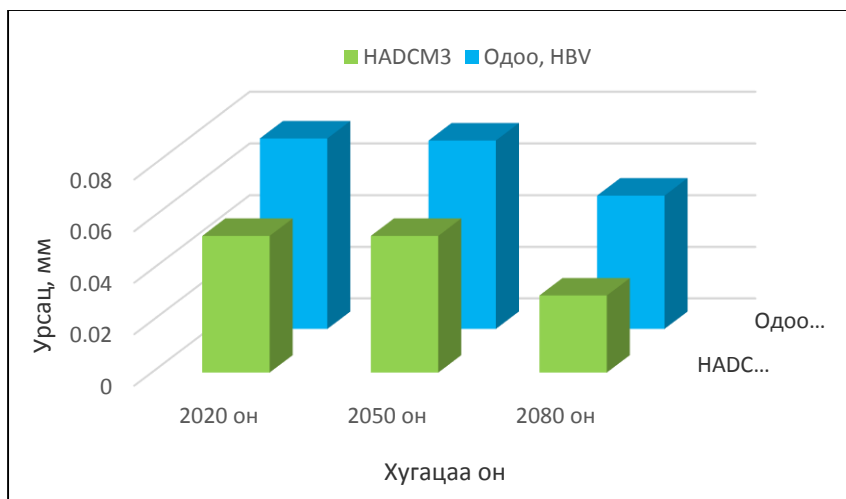
2080 онд хүйтэн сэрүүн саруудын урсацын хувь жилээс жилд хэлбэлзэл ихтэй төдийгүй зарим жил өссөн үзүүлэлт ажиглагдаж байна. 20 жилд дунджаар 2.1 мм/ жил хүртэл нэмэгдэх хандлагатай байна. Харин дулаан саруудын урсацын хэмжээ жилээс жилд хэлбэлзэж онуудад 71 хувиар буурах ерөнхий хандлага ажиглагдаж байгаа бөгөөд дунджаар 2080-2099 73 мм/жилээр буурах хандлага ажиглагдаж байна (Зураг 15).



Зураг 15. HadCM3 (2080) сценарийг ашиглан тооцсон урсац.

Хүснэгт 3. HBV загвараар тооцсон Хараа голын ирээдүйн урсацын өөрчлөлт, %

Улирал/он	2020	2050	2080
Өвөл	-11.41	-3.94	34.09
Хавар	-39.74	-28.72	1.86
Зун	-37.81	-35.81	94.43
Намар	-13.83	-13.13	70.73



Зураг 16. HBV, HADCM3 загвараар тооцсон ирээдүйн урсац.

Судалгааны дүнгээс харахад дэлхийн уур амьсгалын өөрчлөлт манай улсад нэлээд эрчимтэй явагдаж жилээс жилд голын урсац багасахаар байна (Зураг 16). Ялангуяа хур борооны уснаас голлох тэжээлээ авдаг Хараа голын сав газрын урсаж багасаж усны нөөц хомсдон хуурайшилт гангийн эрчимшил нэмэгдэн зарим жижиг гол нуурууд хатаж ширгэх хандлага ажиглагдаж байна. Иймээс манай улсын эдийн засгийн чухал ач холбогдолтой хүн амын төвлөрөл харьцангуй ихтэй Хараа голын сав газрын усны нөөц, ашиглалтын бодлого төлөвлөлтөнд онцгой анхаарал хандуулах шаардлагатай юм.

Дүгнэлт

Урсацын HBV загварын хөрсний чийгийн параметрийг бодит хэмжилтийн мэдээтэй харьцуулан параметрийн тохируулга шалгалтыг хийж загвараар тооцсон урсацын үр дүнг Nash-Sutcliff- ийн коэффициентоор шалгаж үнэлэхэд загварын тооцооллын үед дунджаар 0.5-0.7, харин загварын шалгалтын үед 0.5-0.8 гарсан тул загварын зүгшрүүлэлт амжилттай болсон гэж үзсэн. Загварын параметруудийн тохируулга шалгалтын үед хөрсний чийгийн итгэлцүүр, хөрсний чийг багтаамж, хөрсний дээд давхарга дахь урсацын параметрууд хамгийн их мэдрэмтгий байсан.

Хээрийн хэмжилт судалгаагаар ул хөрсний байгалийн чийг, эзэлхүүн жин, чийг багтаамж, хур тунадасны усны нэвчилт зэрэг үзүүлэлтүүдийг хэмжиж тодорхойлсон. Хараа голын сав газрын хөрсний чийг багтаамж 230-350 мм-ийн хооронд байна. Энэ үр дүнг урсацын HBV загварын хөрсний чийгийн параметрийн тохируулга шалгалт хийхэд ашигласан.

Загварыг амжилттай зүгшрүүлсний дүнд Хараа голын урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийн нөлөөлийг HADCM3 загварын өгөгдлийг ашиглан тооцсон судалгааны үр дүн нь 2020, 2050, 2080 онуудад хүйтэн сэрүүн улирлын урсацын хэмжээ харьцангуй тогтвортой байх бөгөөд зарим жилүүдэд хүйтэн сэрүүн улирлын урсацын хэмжээ хэлэлзэж бага зэрэг нэмэгдэх боловч дулаан улирлын урсацын хэмжээ судалгааны бүхий л үеүүдэд ихээхэн хэлбэлзэлтэйгээр буурсан үзүүлэлттэй гарч байна. 2011-2030 он, 2045-2065 он, 2080-2099 оны хугацааны 20 жилийн давтамжын дунджаар Хараа голын урсацад үзүүлэх уур амьсгалын өөрчлөлтийг тооцсоны дүн нь 2020 онд 29%, 2050 онд 36%, 2080 онд 73%-иар буурах төлөвтэй байна. Энэ нь хур борооны уснаас голлох тэжээлээ авдаг Хараа голын сав газрын урсац багасахад ихээхэн нөлөөлж байна.

Ашигласан бүтээлийн жагсаалт

1. З.Мөнхцэцэг “Хараа голын сав дахь гидрологийн загвар”, 2008 он.
2. Д.Дагвадорж, Л.Нацагдорж, Ж.Доржпүрэв, Б.Намхайням “Монгол улс: Уур амьсгалын өөрчлөлтийн үнэлгээний илтгэл, 2009, 2014 он.
3. БОНХЯ, УННМ-ын Нидерландын вант улсын засгийн газар “Орхон голын сав газрын усны нөөцийн нэгдсэн менежментийн төлөвлөгөө боловсруулахад зориулсан судалгааны эмхтгэл, 2012 он.
4. Climate and water recourse atlas of Mongolia, (1985).
5. Д.Энхтайван, Б.Оюунгэрэл, Э.Авирмэд, М.Нямхүү Т.Ренчинмядаг, О.Мөнхдулам, Н.Пүрэвсүрэн, Ж.Сүхбаатар, С.Нарангэрэл ”Туул Хараа Ерөө голуудын сав нутгийн ландшафтын бүтэц, өөрчлөлт” сэдэвт эрдэм шинжилгээний ажлын тайлан, ШУА-ын Газарзүйн хүрээлэн, 2007он.
6. Lindstrom, G., Johansson, B., Persson, M., Gardelin, M., and Bergstrom, S. (1997), Development and test of the distributed HBV-96 hydrological model, J hydrol, 201(1-4), 272-288.
7. Zhang, Y., Ahiablame, L., Engel, B., Liu, J. (2013). Regression modeling of baseflow and baseflow index for Michigan USA. Water-5, doi: 10.3390/w5041797.
8. Berg, K., Nystrom, K (2005). Hydrological modeling in Modelica. Pp 149-154.
9. Bergstrom, S. (1992). The HBV model-its structure and applications. SMHI reports hydrology.
10. Bergstrom, S. (2001). Climate change impacts on Sweden-assessments by global climate models, dynamical downscaling and hydrological modeling. Vol.16:101-112.
11. Menzel, L.(2002). Climate change scenarios and runoff response in the Mulde catchment (Southern Elbe, Germany).