

Rīgas Tehniskā universitāte

Lietišķās Matemātikas
institūts



Latvijas
vides
aizsardzības
fonds

Pazemes ūdens bilance Latvijā

*Latvijas vides aizsardzības fonda projekts
(reģistrācijas numurs: 1-08/67/2024)*

Esošo ūdensgūtvju iestrāde LAMO4

Projekta informatīvais pārskats par 1. etapu

Rīga – februāris, 2025

Pazemes ūdens balance Latvijā

Esošo ūdensgūtvju iestrāde LAMO4

Latvijas vides aizsardzības fonda projekta informatīvais pārskats par 1. etapu

Atskaitē aprakstīta reģionālā hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 aktualizācija, atjaunojot rūpniecisko ūdensgūtnu urbumu novietojumu un ūdens ieguves debitus. Iegūtās jaunās LAMO4 ūdens plūsmas apkopotas ūdens plūsmu bilancēs 25 atsevišķiem un 3 apvienotiem, LVĢMC definētiem pazemes ūdens objektiem.

Pārskatā kopā ir 49 lappuses, 56 attēli un 2 tabulas.

Autori: pētnieks Kaspars Krauklis
 vadošais pētnieks Inta Volodko
 vadošais pētnieks Irīna Eglīte

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Lietišķās Matemātikas institūts

Zunda krastmala 10 , Rīga, LV-1048, Latvija

Tālr. +371 22023316

E-pasts: Irina.Eglite@rtu.lv

URL: <http://www.emc.rtu.lv/>

Saturs

1	Ievads.....	3
2	LAMO4 uzbūve.....	4
3	Pazemes ūdens plūsmu bilances	7
3.1	PŪO A1	9
3.2	PŪO A2	11
3.3	PŪO A3	12
3.4	PŪO A4.....	14
3.5	PŪO A5.....	16
3.6	PŪO A6.....	18
3.7	PŪO A7.....	20
3.8	PŪO A8.....	22
3.9	PŪO A9.....	24
3.10	PŪO A10.....	26
3.11	PŪO A11.....	27
3.12	PŪO A8+A11.....	29
3.13	PŪO D6.....	30
3.14	PŪO D7.....	31
3.15	PŪO D8.....	32
3.16	PŪO D9.....	33
3.17	PŪO D10.....	34
3.18	PŪO D11.....	35
3.19	PŪO F1.....	37
3.20	PŪO F2.....	38
3.21	PŪO F3.....	39
3.22	PŪO F4.....	40

3.23	PŪO F5.....	41
3.24	PŪO F1+F5	42
3.25	PŪO P.....	43
3.26	PŪO Q1	44
3.27	PŪO Q2.....	45
3.28	PŪO Q1+Q2.....	46
4	PŪO bilanču apkopojums	47
5	Secinājumi	48
6	Literatūras saraksts	49

1 Ievads

Reģionālais hidroģeoloģiskais modelis (HM) LAMO, tā pirmā versija, tika izveidots 2012. gadā. Esošā HM LAMO4 versijā ir iekļauti HM pirmajā versijā esošie dati par rūpnieciskām ūdensgūtnēm ar debitu virs 100 m³/dnn. Projekta pirmajā etapā tiek aktualizēti HM LAMO4 dati, nomainot modelī iekļautās ūdensgūtnes, to novietojumu un ūdens ieguves debitus. Piecpadsmit gadu laikā ir gan mainījusies pati ūdensgūtnu kopa – izveidoti jauni urbumi vai arī ir pārtraukts izmantot esošos, tāpat – izmaiņas ūdensgūtnu ūdens ieguves debitos.

Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs (LVĢMC) projekta vajadzībām sagatavoja aktuālo ūdensgūtnu, to atrašanās vietu un ūdens ieguves debitus, uz 31.12.2024. Kopumā tie ir dati par 388 ūdensgūtnēm, no kurām HM LAMO4 iekļautas 295. Ūdensgūtnes, kas netika iekļautas HM LAMO4, ūdeni iegūst no Pērnavas (*D2pr*) vai zemākiem ūdens horizontiem, kuri nav iekļauti modelī. Šī situācija parāda nepieciešamību turpmākai HM LAMO attīstībai, papildinot HM stratigrāfiju ar dziļākiem pamatiežu slāņiem nākotnes projekta ietvaros.

Pazemes ūdens bilances aprēķina pamatdati tiek iegūti, izmantojot pazemes ūdens objekta (PŪO) robežas ģeometrisku līniju modelējošās vides Groundwater Vistas [1] moduli “Mass Balance” katram atsevišķam HM LAMO4 ūdens horizontam. Pamatdati ar atsevišķā PŪO visu esošo ūdens horizontu ūdens plūsmu bilancēm tiek apkopoti MS Excel tabulas veidā, un vizualizēti, izmantojot MS Visio blokshēmas. Bilanču aprēķinā nav ņemts vērā atsevišķam PŪO piekritīgo ūdens horizontu kopa, tā vietā tika apkopoti dati HM LAMO4 stratigrāfijas ietvaros, gan aprēķinos neiekļaujot Pērnavas *D2pr* ūdens horizontu. Tam par iemeslu ir robežnoteikumu esamība ikvienā HM LAMO4 šūnā *D2pr* slānī. Šis ir arī iemesls, kādēļ nav iespēju pievienot modelim ūdensgūtnes ar ūdens ieguvi *D2pr* ūdens horizontā.

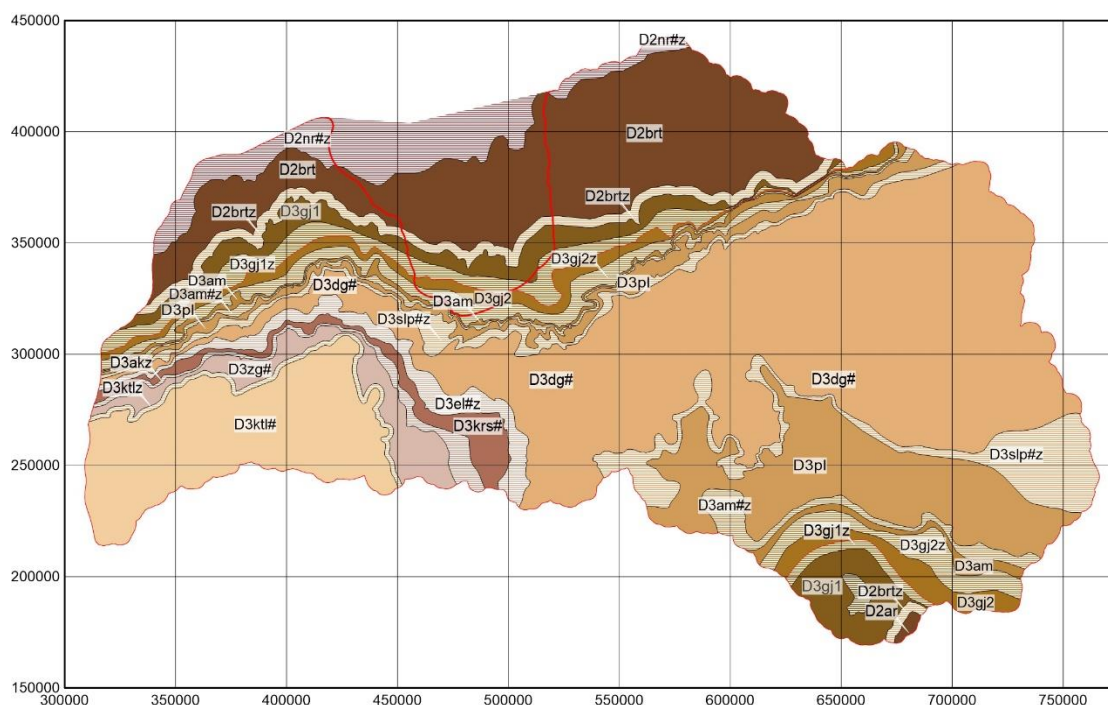
2 LAMO4 uzbūve

Latvijas reģionālais hidroģeoloģiskais modelis LAMO, tā 4 versija ir vispilnīgākā datu krātuve par ģeoloģisko slāņu ģeometriju un filtrācijas īpašībām, pazemes ūdens līmeņiem un plūsmām, pazemes un virszemes ūdens (upju, ezeru, jūras) mijiedarbību. LAMO modelis apraksta gada vidējos Latvijas hidroģeoloģiskos apstākļus un modelē aktīvo pazemes dzeramā ūdens zonu. LAMO ietver 27 slāņus, no reljefa līdz D2pr slānim, skat. Tabula 2.1. Kopējais modeļa šūnu skaits $27 \times 1200 \times 1800 = 61.56$ miljoni šūnu, no kurām aktīvajā zonā ir aptuveni puse. Vairāk par LAMO mājaslapā http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm un modelim veltītās publikācijās [2] [3].

Tabula 2.1. LAMO4 vertikālā stratigrāfija

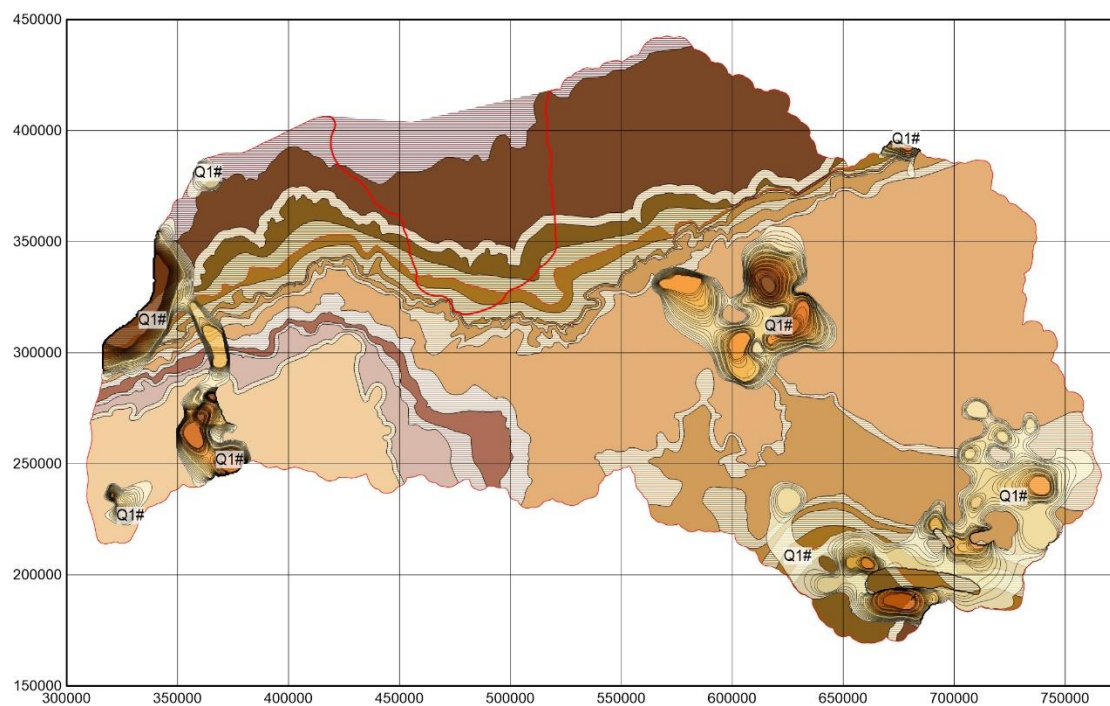
HM slāņa Nr.	*	Slāņa nosaukums	HM slāņa kods	Laukums, tūkst. km ²	m_{vid} , m
1		Reljefs	relh	71,29	0,02
2		Aerācijas zona	aer	71,29	0,02
3		Bezspiediena kvartārs	Q2	71,29	5,77
4		Augšējā morēna	gQ2z	71,29	22,20
5		Spiediena kvartārs	Q1#	7,4	6,13
6		Apakšējā morēna	gQ1#z	9,7	9,3
7		Ketleru	D3ktl#	5,32	61,46
8		Ketleru	D3ktlz	5,79	10,52
9		Zagares	D3zg#	7,43	42,65
10		Akmenes	D3akz	7,95	11,05
11		Kursas	D3krs#	9,34	22,34
12		Elejas	D3el#z	9,24	27,58
13		Daugavas	D3dg#	32,14	30,37
14		Salaspils	D3slp#z	35,78	12,67
15		Plavinu	D3pl	43,80	22,76
16		Amatas	D3am#z	45,14	8,97
17		Amatas	D3am	46,21	21,91
18		Upper Gauja	D3gj2z	48,80	11,62
19		Upper Gauja	D3gj2	50,92	26,34
20		Lower Gauja	D3gj1z	53,11	13,17
21		Lower Gauja	D3gj1	56,13	31,55
22		Burtnieku	D2brtz	58,09	15,41
23		Burtnieku	D2brt	68,74	45,02
24		Arikula	D2arz	68,74	15,02
25		Arikula	D2ar	68,74	40,03
26		Narva	D2nr#z	71,29	116,67
27		Pernava	D2pr	71,29	25,00

Esošā pētījuma ietvaros ir būtiska HM LAMO4 zemkvartāra virsma. Tā atklāj pamatiežu slāņus vietās, kur šie slāņi ir augšpusē, skat. 2.1. att. Šeit var redzēt, ka slānis *D3ktl#* eksistē vien Latvijas teritorijas dienvidrietumu daļā, līdzīgi ir ar slāņiem *D3zg#* un *D3krs#*. Pirmais pamatiežu slānis, kas ir klātesošs no Latvijas rietumiem līdz austrumiem ir *D3dg#* un visi slāņi, kas HM LAMO4 atrodas zem tā. Šī informācija tiks izmantota, lai unificēti noteiktu, kuri slāņi tiks iekļauti pazemes ūdens bilanci aprēķinā pazemes ūdens objektiem (PŪO).



2.1. att. Pamatiežu virsma ar slāņu robežām

Kvartāra sistēmā HM LAMO4 ietver sevī visā Latvijas teritorijā esošu *Q2* slāni un atsevišķām spiediena kvartāra līnām, kas atrodas slānī *Q1#*. PŪO pazemes ūdens bilanci aprēķina vajadzībām ir būtiski ūdens nesošie horizonti, tādēļ informācija par kvartāra morēnu un pamatiežu sprostsāļiem šeit netiek akcentēta. *Q1#* slānis uz zemkvartāra virsmas kartes fona skatāms 2.2. att. Karte tiks izmantota, lai noteiktu, vai attiecīgam PŪO ir nepieciešams aprēķināt pazemes ūdens plūsmas bilanci *Q1#* ūdens horizontam.

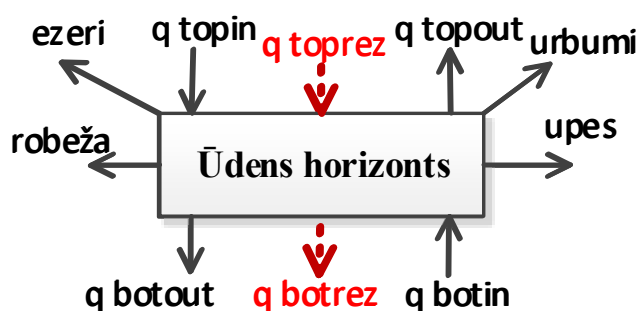


2.2. att. Pamatiežu virsma ar slāņu robežām un Q1# apgabaliem

3 Pazemes ūdens plūsmu bilances

Pazemes ūdens plūsmu bilances katram pazemes ūdens objektam (PŪO) tiek aprēķināta, iepriekš sagatavojot PŪO topo līniju modelējošās vides Groundwater Vistas izmantotā faila formātā ar paplašinājumu .ply poligona jeb noslēgtas līnijas ģeometrijas glabāšanai. Faila imports modulī Mass Balance nodrošina iespējas pazemes ūdens plūsmu bilances aprēķinam atsevišķā LAMO4 ūdens horizontā, un arī visā modelī. Ņemot vērā to, ka ne visi ūdens horizonti kvartārā, pamatiežos ir klātesoši ikvienam PŪO, to aktuālā situācija tiks novērtēta, izmantojot 2.2. att. karti ar pamatiežu slāņu un Q1# slāņa robežām.

Ūdens plūsmu bilancē ūdens plūsmas aprēķinātas tūkstošos kubikmetru diennaktī, ar precizitāti viena zīme aiz komata. Katram pazemes ūdens horizontam aprēķina līdz 10 dažādām ūdens plūsmām, skat. 3.1. att. Atbilstoši bilances pamatidejai, kopējā pazemes ūdens plūsma PŪO apgabalā atsevišķā ūdens horizontā ir vienāda ar nulli – viss ūdens, kas ieplūst, aizplūst.



3.1. att. Atsevišķa ūdens horizonta plūsmas skaidrojošā shēma

Ūdens plūsmas skaitliskās vērtības katram ūdens horizontam ir iespējamās:

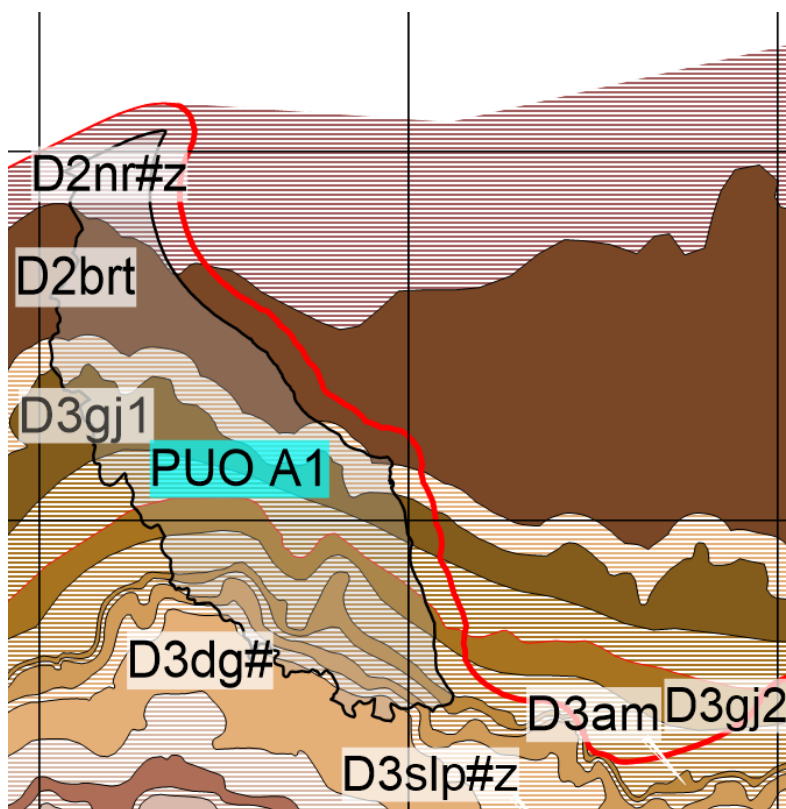
1. **q topin** – ūdens plūsma, kas ienāk no augšējā ūdens horizonta;
2. **q topout** – ūdens plūsma, kas ienāk no augšējā ūdens horizonta;
3. **q toprez** – rezultējošā ūdens plūsma mijiedarbībā ar augšējo ūdens horizontu;
4. **q botin** – ūdens plūsma, kas ienāk no apakšējā ūdens horizonta;
5. **q botout** – ūdens plūsma, kas ienāk no apakšējā ūdens horizonta;
6. **q botrez** – rezultējošā ūdens plūsma mijiedarbībā ar apakšējo ūdens horizontu;
7. **urbumi** – ūdens plūsma, ko patērē PŪO apgabalā esošās ūdensgūtnes;

8. **upes** – ūdens plūsma, ko patērē PŪO apgabalā esošās upes;
9. **ezeri** – ūdens plūsma, ko patērē PŪO apgabalā esošās ezeri;
10. **robeža** – ūdens horizontālā ūdens plūsma pāri PŪO apgabala robežai.

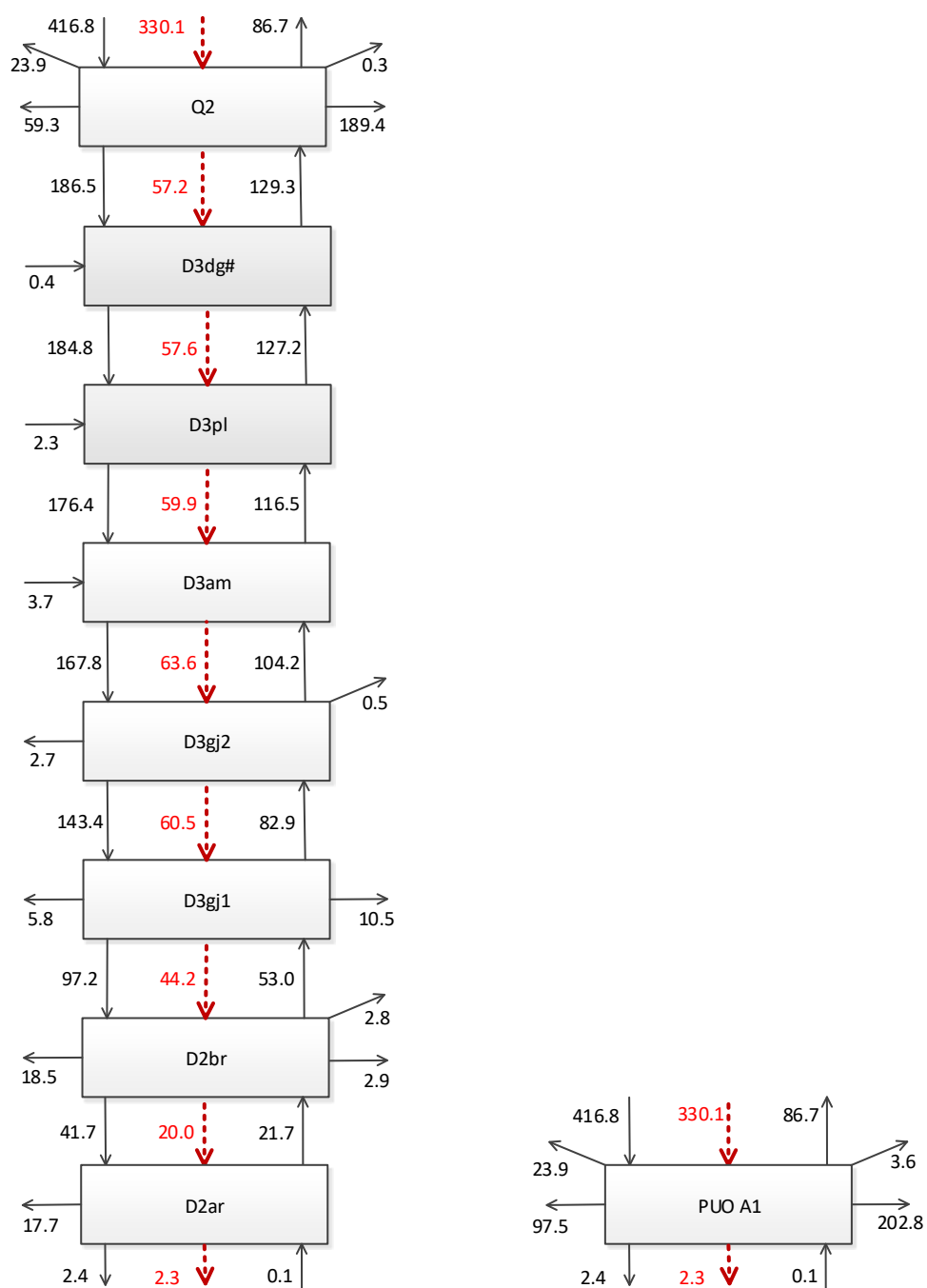
LAMO4 ir realizēti upju un ezeru iegrauzumi, kas izpaužas modeļa virsmu ģeometriskā deformācijā. Izmantojot datus par attiecīgā hidrogrāfiskā tīkla objekta līnijas profila augstumu pret virsmas augstumu, tiek atrasts ūdens horizonts, kuram LAMO4 modelī tiek piesaistīta ikviena atsevišķa upes vai ezera šūna. Iegrauzumu realizācija ir aprakstīta zinātniskā raksta ietvaros [4]. Tādējādi, pazemes ūdens plūsmu bilancēs ūdens plūsmas atslodze ezeros un upēs parādās ne tikai kvartāra horizontos Q2 un Q1#, bet arī pamatiežu daļā.

3.1 PŪO A1

PŪO A1 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.2. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A1 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3dg#. PŪO A1 ūdens plūsmu bilance ir apkopota 3.3. att. Ūdens horizonti D3dg# un D3pl nepieder pie Arukilas-Amatas PŪO kompleksa, tomēr iekļauti ūdens plūsmu bilancē – LAMO4 šo slāņu ģeometriskās virsmas nedaudz iesniedzas PŪO A1.



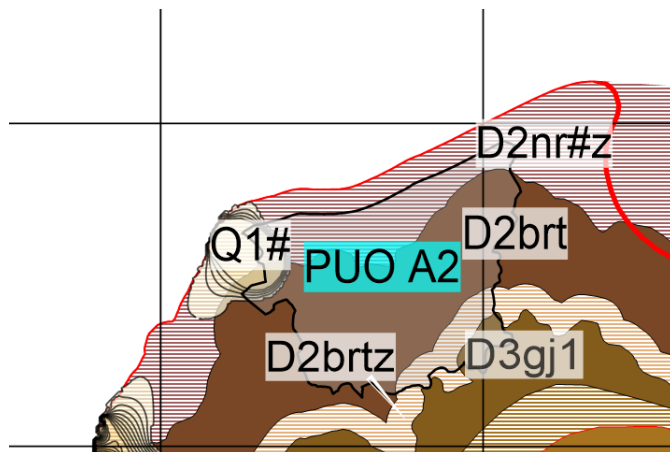
3.2. att. PŪO A1 uz pamatiežu virsmas kartes



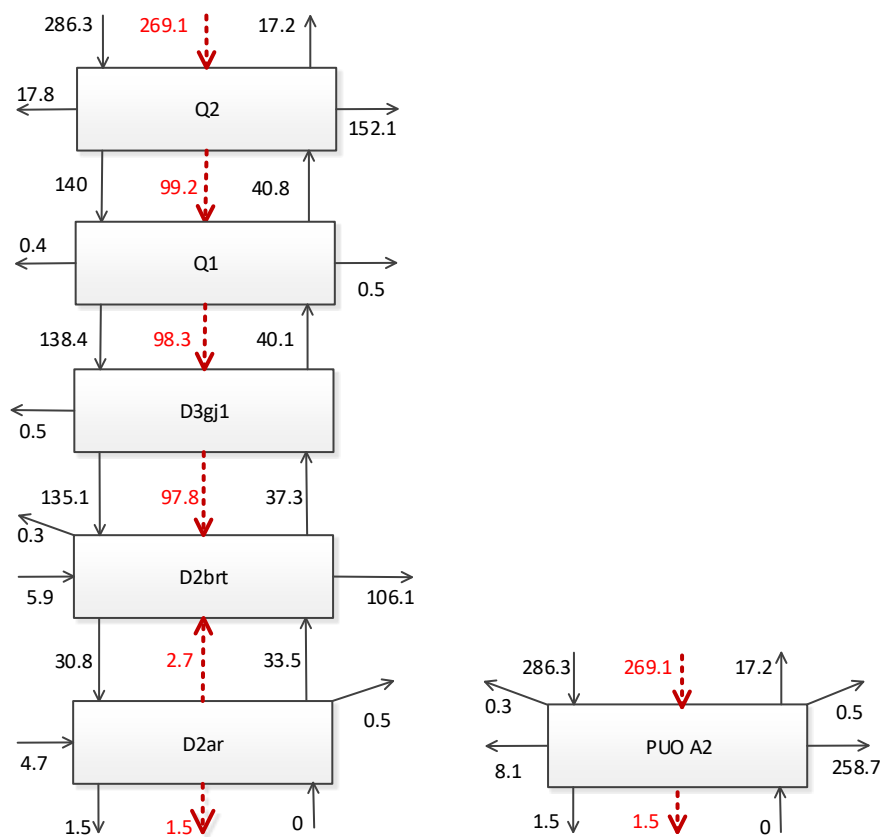
3.3. att. PŪO A1 ūdens plūsmu balance

3.2 PŪO A2

PŪO A2 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.4. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A2 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3gj1, kas pieder Arukilas-Amatas PŪO kompleksam. PŪO A2 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.5. att.



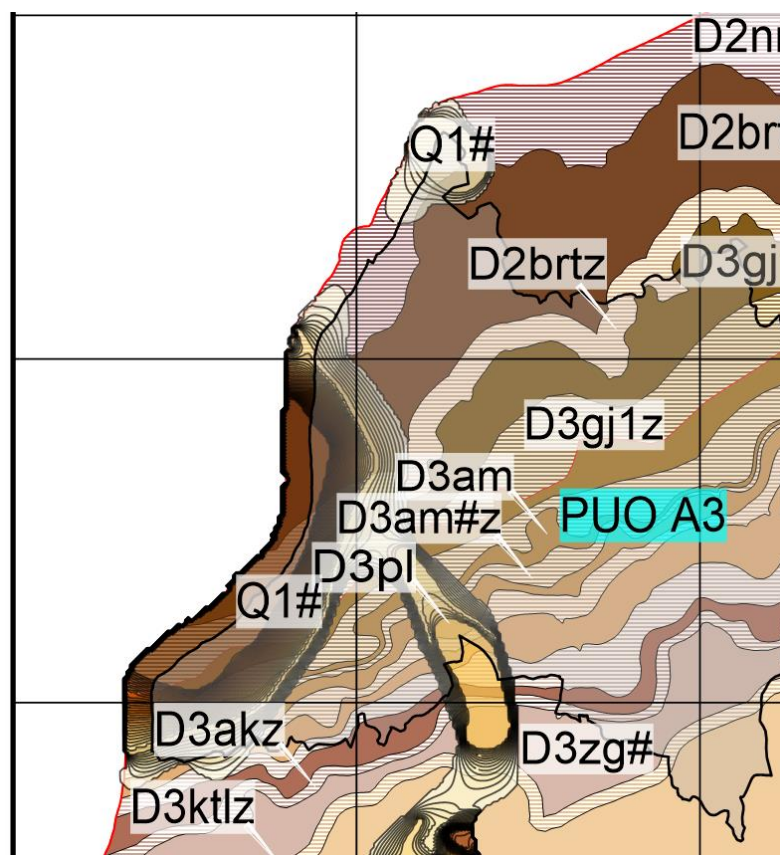
3.4. att. PŪO A2 uz pamatiežu virsmas kartes



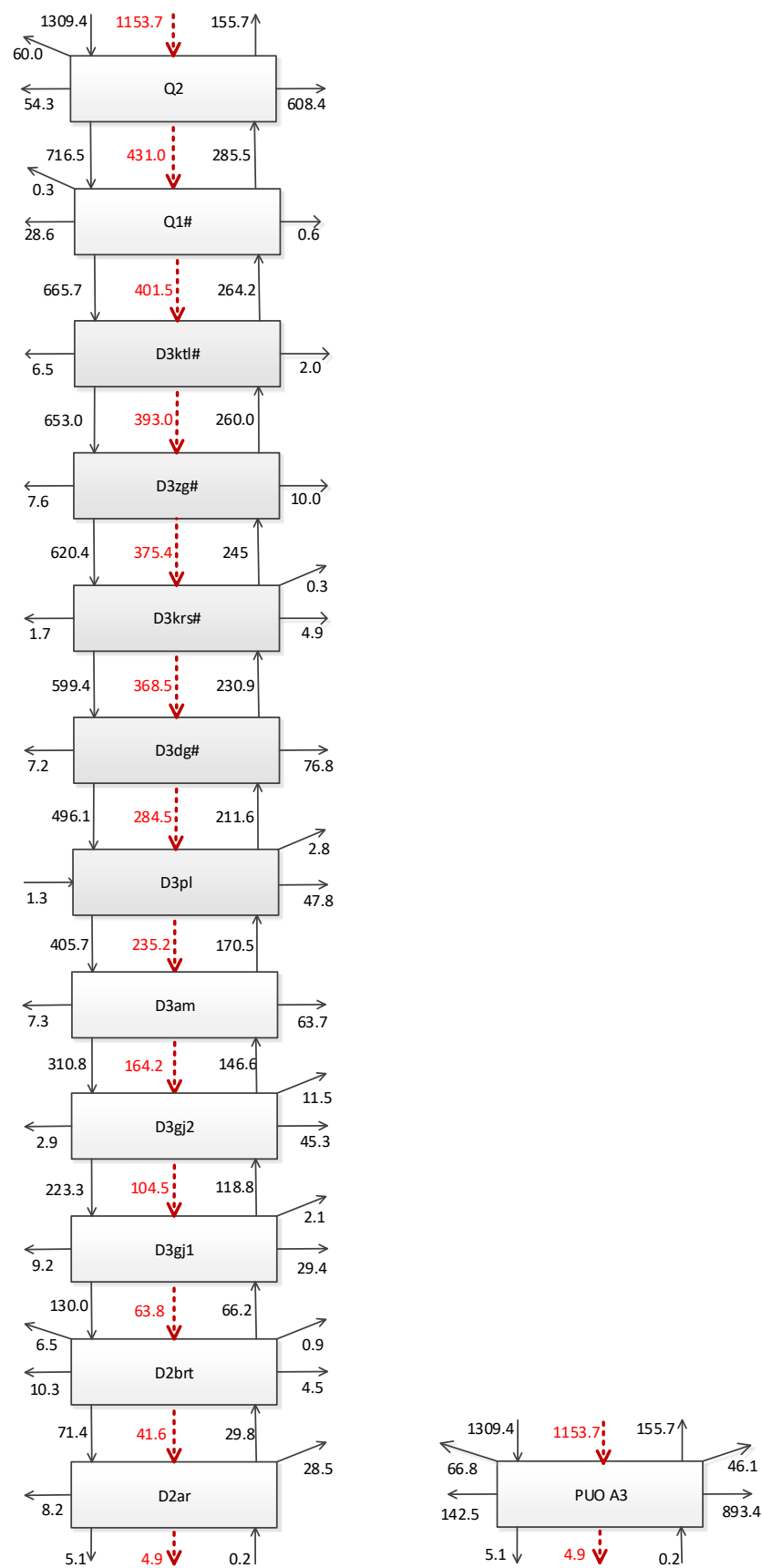
3.5. att. PŪO A2 ūdens plūsmu balance

3.3 PŪO A3

PŪO A3 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.6. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A3 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ktl#. Šis PŪO no Arukilas-Amatas kompleksa acīmredzami pārklājas ar Famenas un Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksiem. Lai nodrošinātu korektu ūdens plūsmas bilanci no kvartāra tranzītā caur horizontiem D3ktl#, D3zg#, D3krs#, D3dg# un D3pl, šajos horizontos aprēķinātās ūdens plūsmas tiks iekļautas PŪO A3 ūdens plūsmas bilances aprēķinā, jo pretējā gadījumā, no kvartāra horizonta rezultējošā plūsma virzienā uz D3am horizontu nesakritīs ar tajā ienākošo plūsmu. PŪO A3 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.7. att.



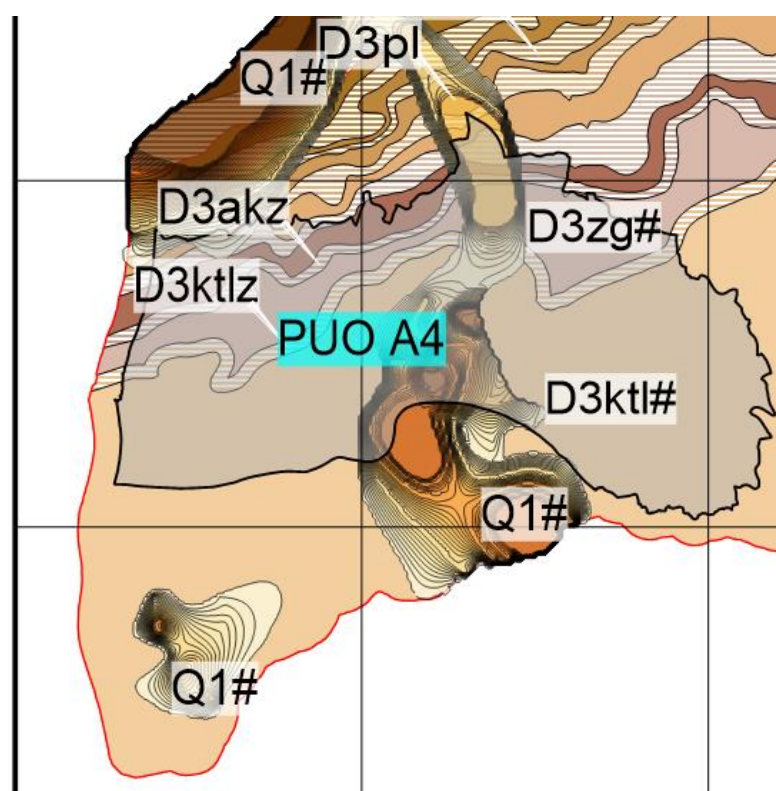
3.6. att. PŪO A3 uz pamatiežu virsmas kartes



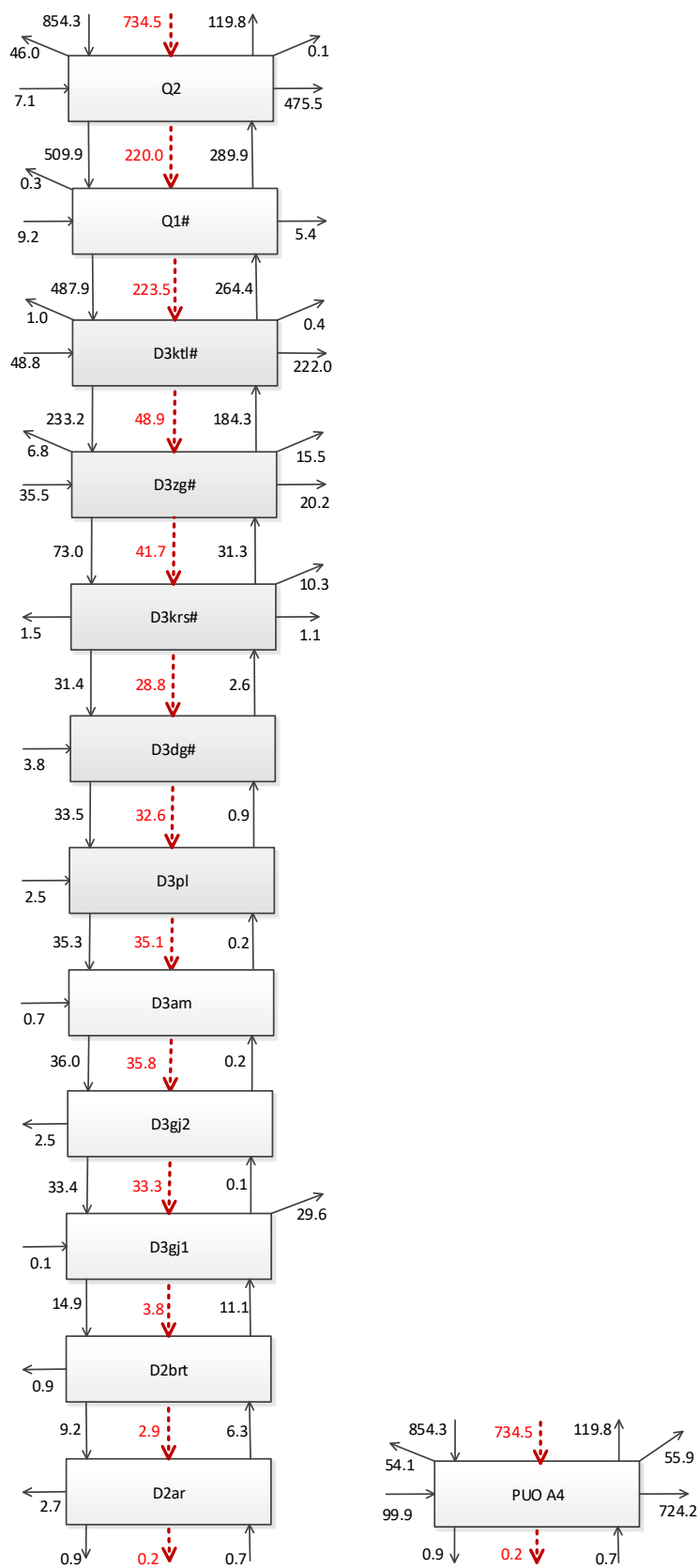
3.7. att. PŪO A3 ūdens plūsmu balance

3.4 PŪO A4

PŪO **A4** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.8. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **A4** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3ktl#*. Situācija ar PŪO **A4** ir līdzīga iepriekš aprakstītai ar PŪO **A3**. Līdz ar to, pazemes ūdens plūsmu bilanci tiek iekļauti arī ūdens horizonti *D3ktl#*, *D3zg#*, *D3krs#*, *D3dg#* un *D3pl*. PŪO **A4** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.9. att.



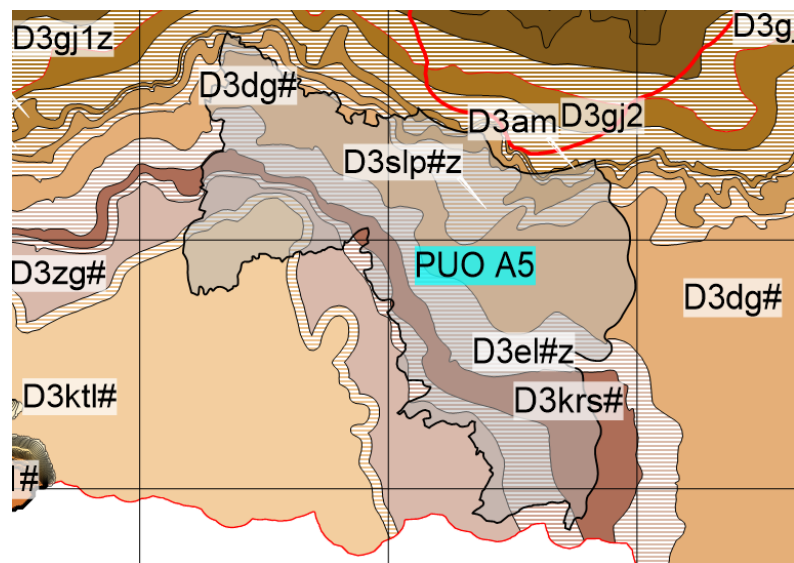
3.8. att. PŪO **A4** uz pamatiežu virsmas kartes



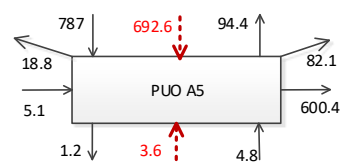
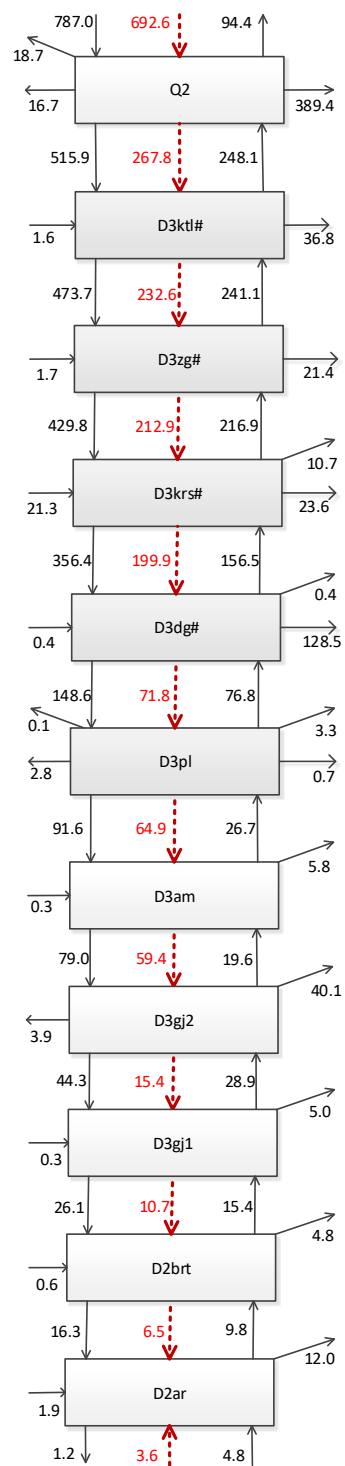
3.9. att. PŪO A4 ūdens plūsmu balance

3.5 PŪO A5

PŪO A5 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.10. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A5 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ctl#. Situācija ar PŪO A5 ir līdzīga iepriekš aprakstītai ar PŪO A3. Līdz ar to, pazemes ūdens plūsmu bilanci tiek iekļauti arī ūdens horizonti D3ctl#, D3zg#, D3krs#, D3dg# un D3pl. PŪO A5 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.11. att.



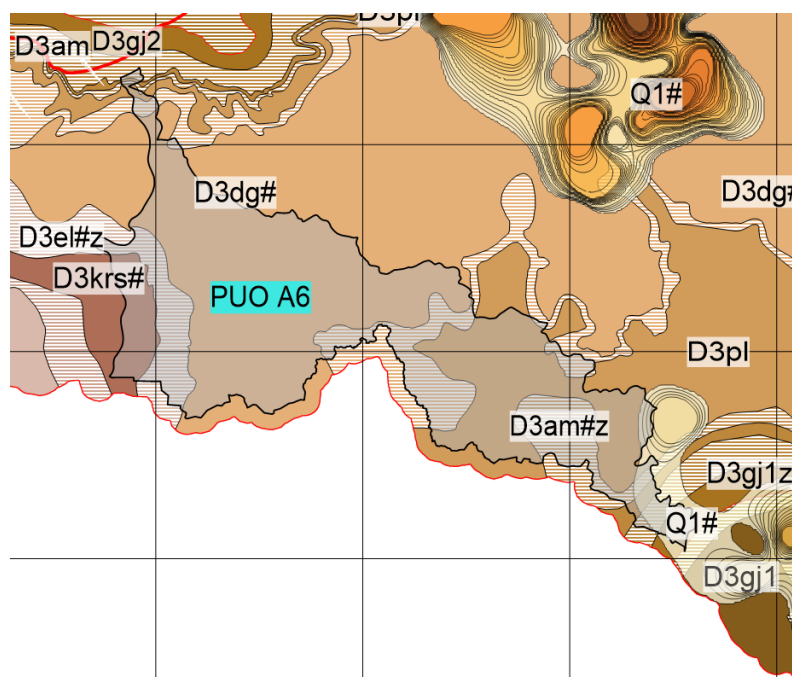
3.10. att. PŪO A5 uz pamatiežu virsmas kartes



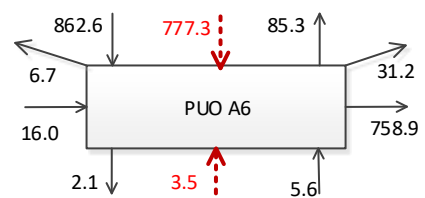
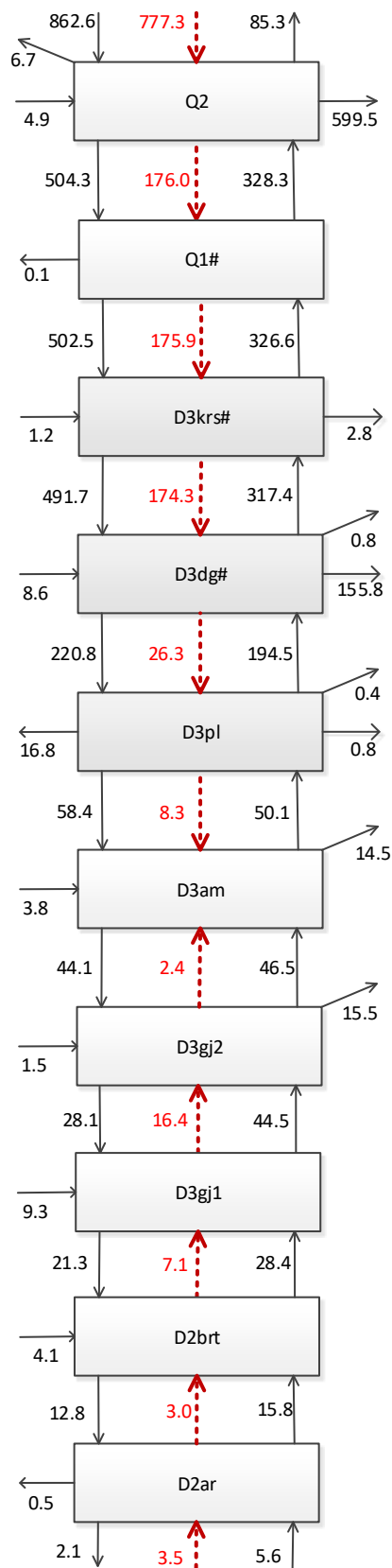
3.11. att. PŪO A5 ūdens plūsmu balance

3.6 PŪO A6

PŪO **A6** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.12. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **A6** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3krs#*. Situācija ar PŪO **A6** ir līdzīga iepriekš aprakstītai ar PŪO **A3**. Līdz ar to, pazemes ūdens plūsmu bilanci tiek iekļauti arī ūdens horizonti *D3krs#*, *D3dg#* un *D3pl*. PŪO **A6** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.13. att.



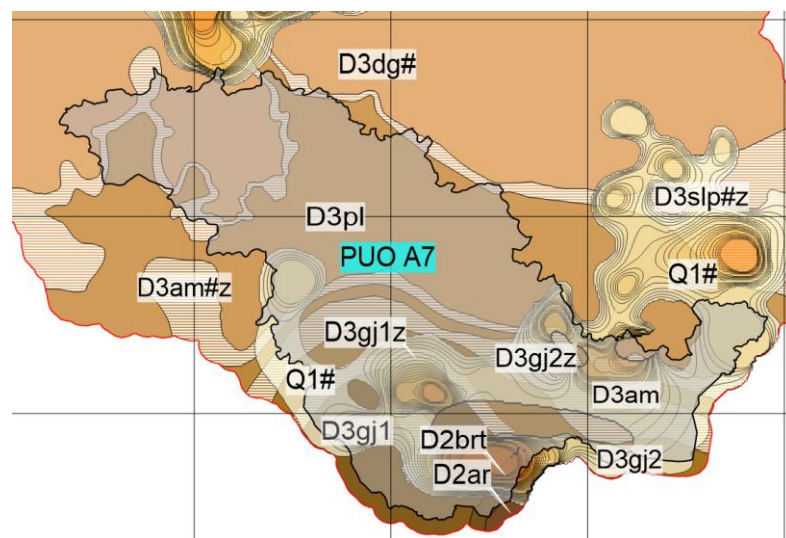
3.12. att. PŪO **A6** uz pamatiežu virsmas kartes



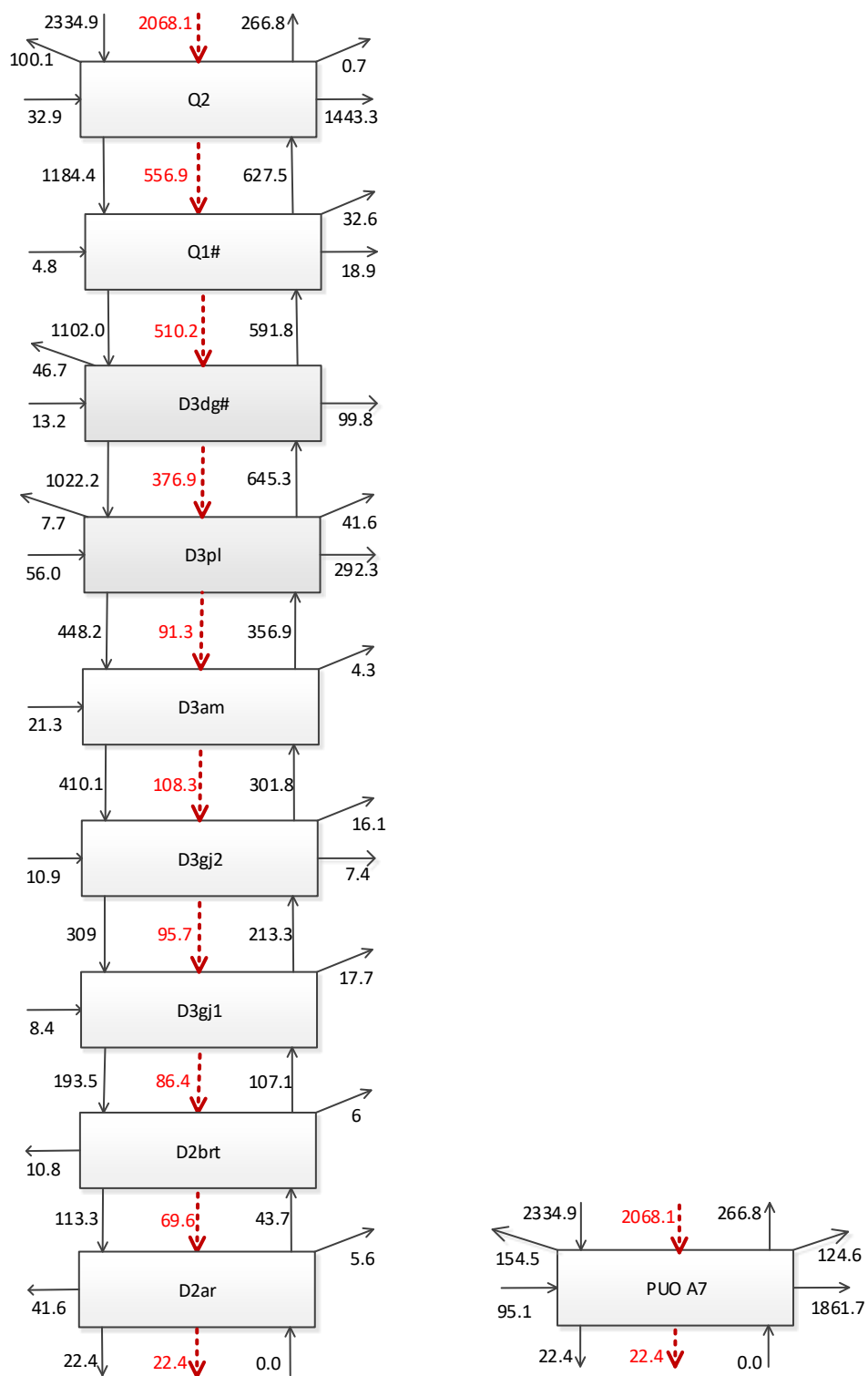
3.13 PŪO A6 ūdens plūsmu bilance

3.7 PŪO A7

PŪO A7 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.14. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A7 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3dg#. PŪO A7 pārklājas ar Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksu. Līdzīgi PŪO A3 aprakstītajai situācijai, PŪO A7 ūdens plūsmu bilancē tiks iekļauti horizonti D3dg un D3pl. PŪO A7 ūdens plūsmu bilance ir apkopota 3.15. att.



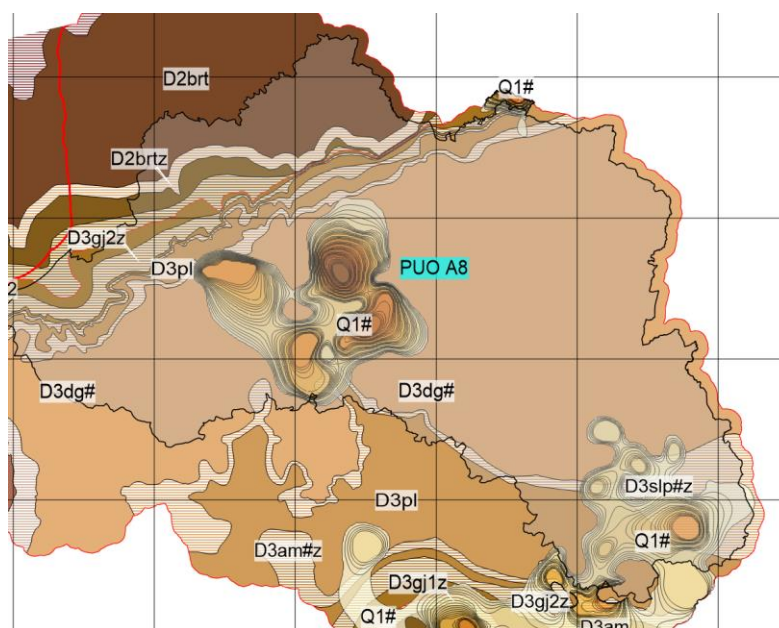
3.14. att. PŪO A7 uz pamatiežu virsmas kartes



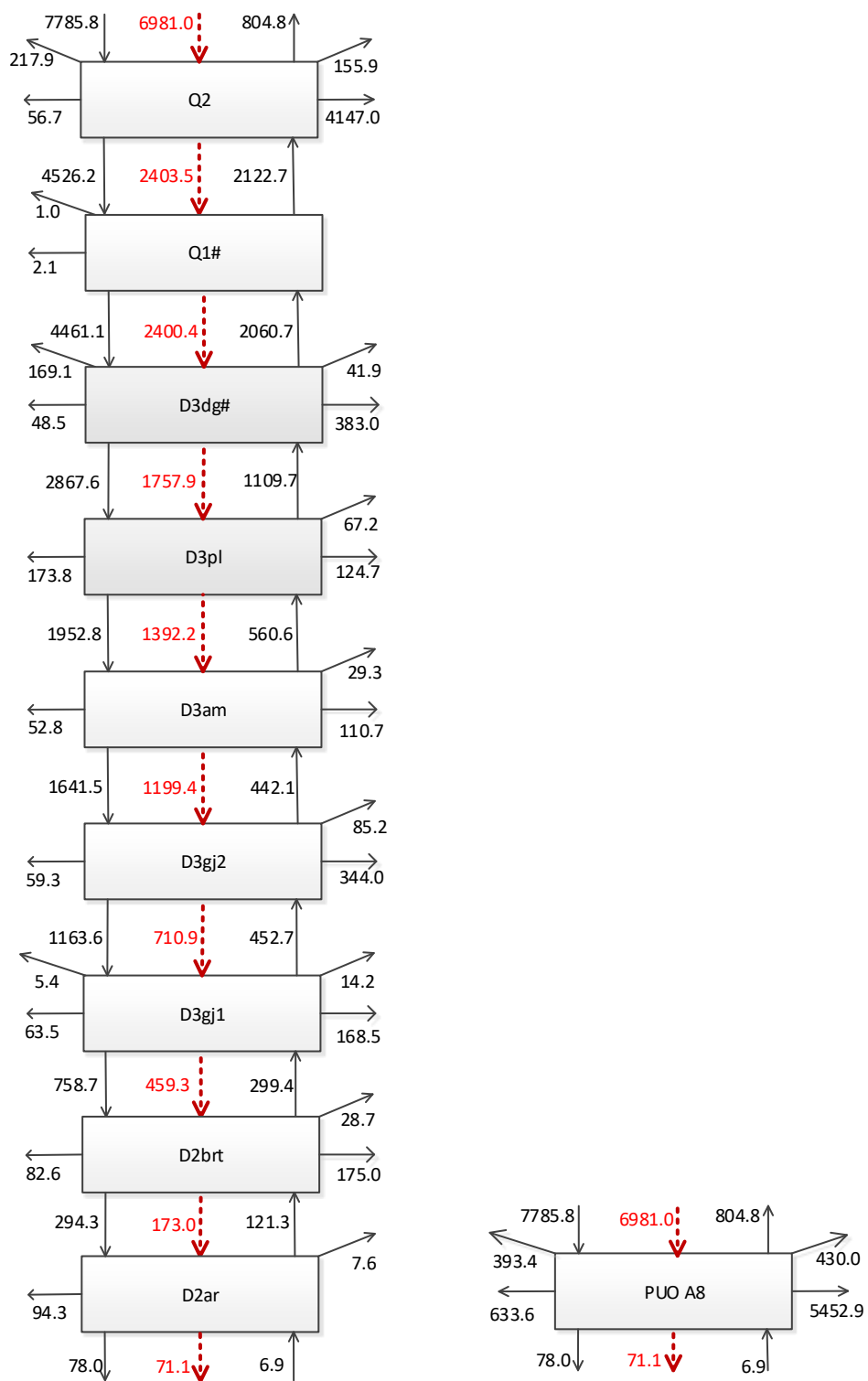
3.15. att. PŪO A7 ūdens plūsmu balance

3.8 PŪO A8

PŪO **A8** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.16. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **A8** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg#*. PŪO **A8** pārklājas ar Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksu. Līdzīgi PŪO **A3** aprakstītajai situācijai, PŪO **A8** ūdens plūsmu bilanci tiks iekļauti horizonti *D3dg#* un *D3pl*. PŪO **A8** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.17. att.



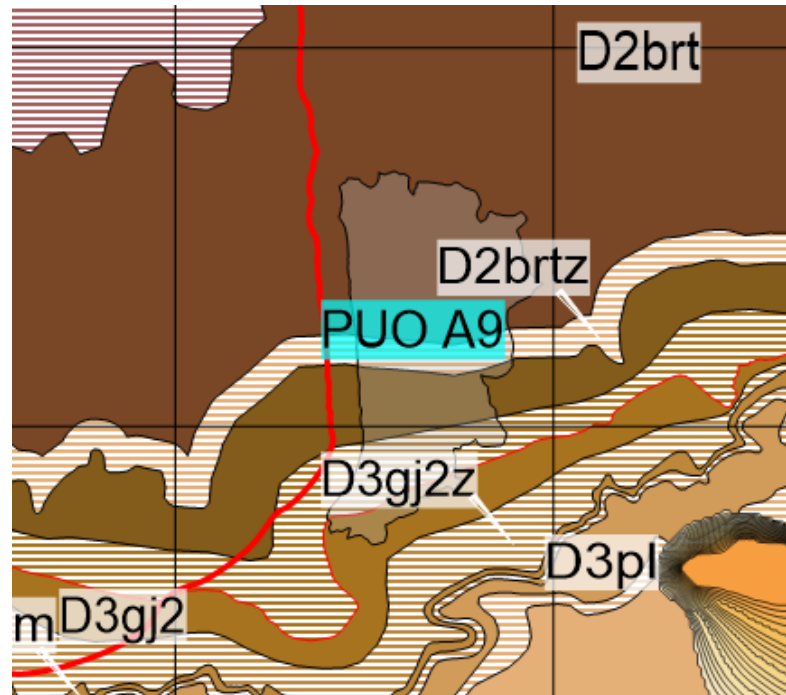
3.16. att. PŪO **A8** uz pamatiežu virsmas kartes



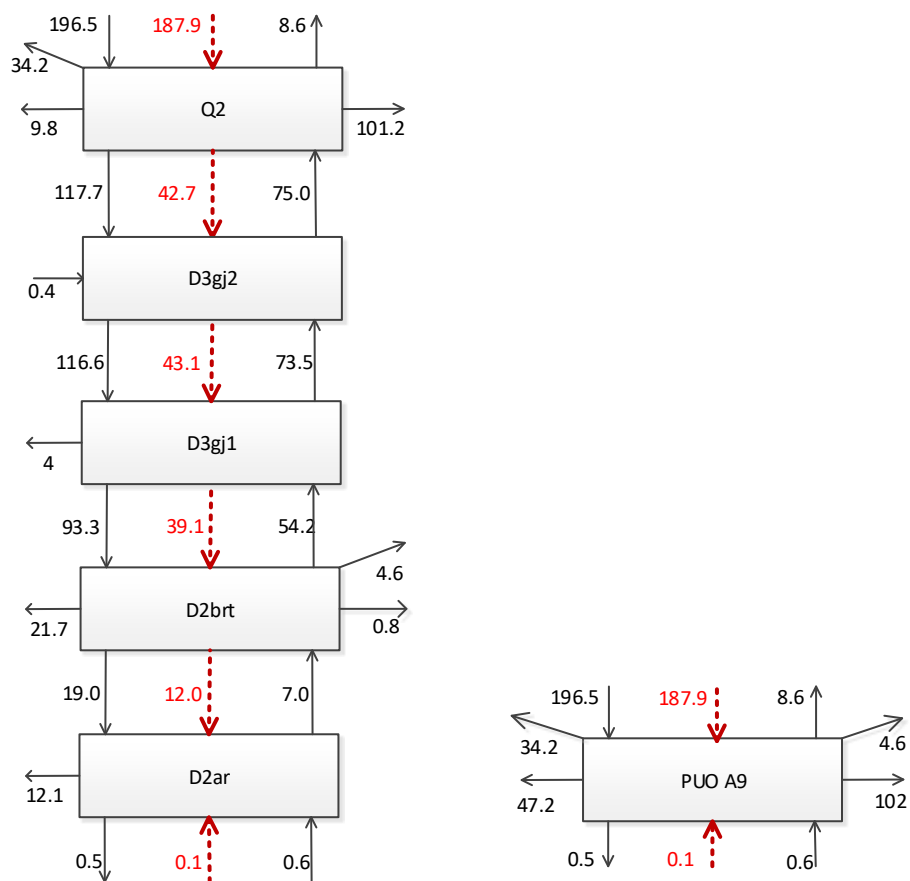
3.17. att. PŪO A8 ūdens plūsmu balance

3.9 PŪO A9

PŪO **A9** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.18. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **A9** neskar *Q1#* ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3gj2*, kas pieder Arukilas-Amatas PŪO kompleksam. PŪO **A9** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.19. att.



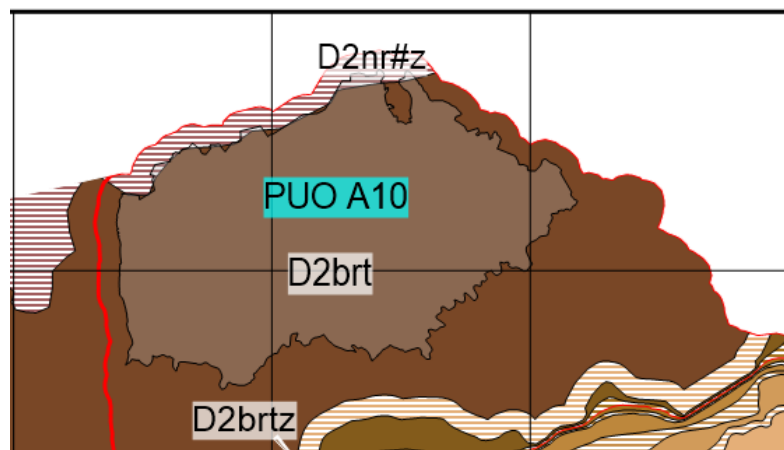
3.18. att. PŪO **A9** uz pamatiežu virsmas kartes



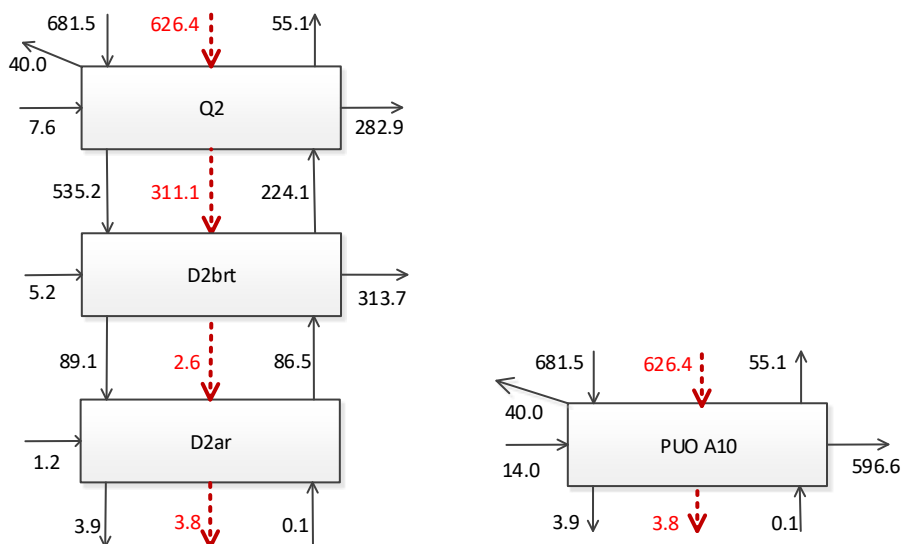
3.19. att. PŪO A9 ūdens plūsmu balance

3.10 PŪO A10

PŪO A10 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.20. att. Šeit ir redzams, ka PŪO A10 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D2brt, kas pieder Arukilas-Amatas PŪO kompleksam. PŪO A10 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.21. att.



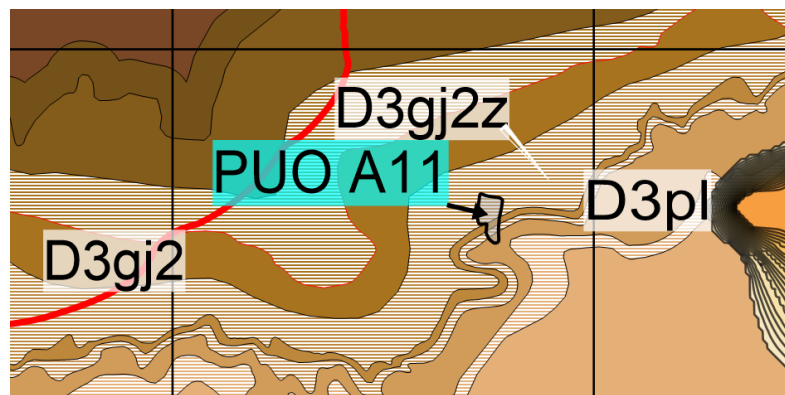
3.20. att. PŪO A10 uz pamatiežu virsmas kartes



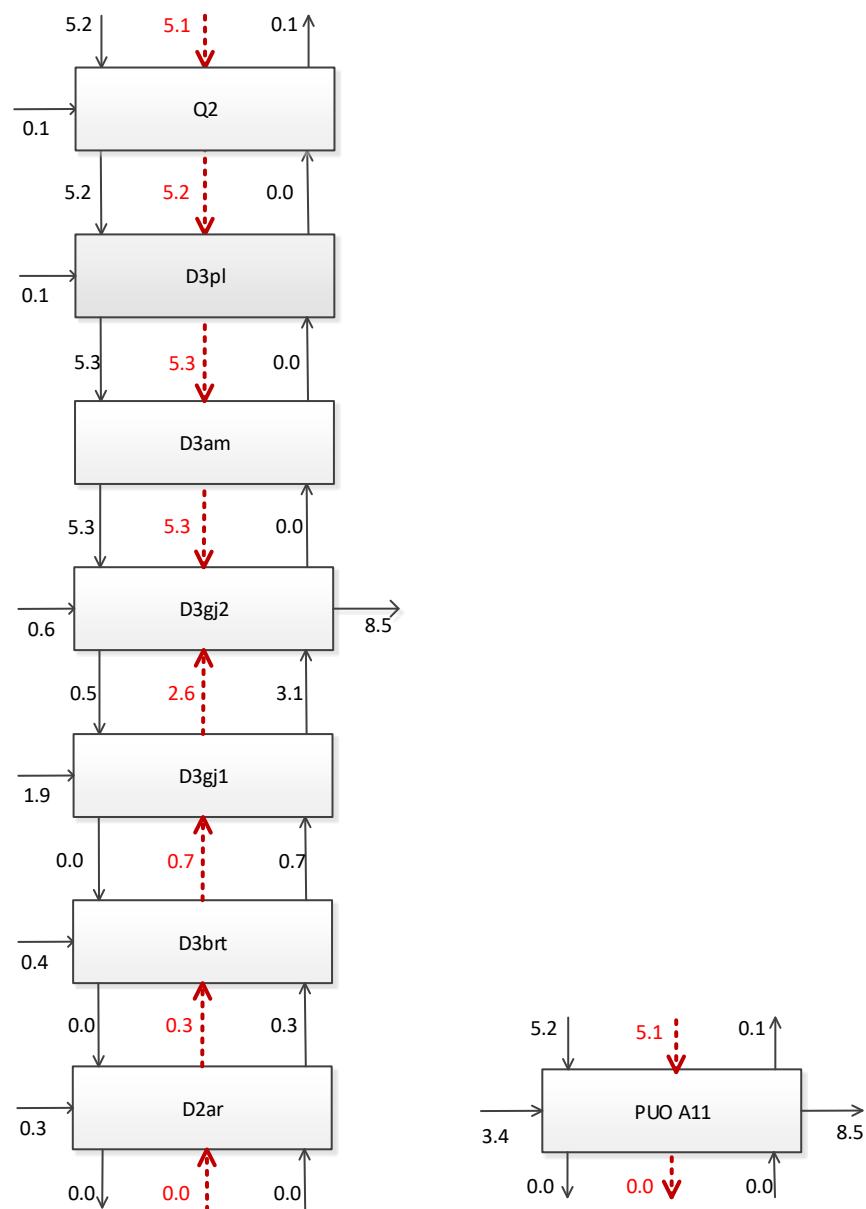
3.21. att. PŪO A10 ūdens plūsmu balance

3.11 PŪO A11

PŪO **A11** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.22. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **A11** neskar kvartāra *Q1#* ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3pl*. PŪO **A11** pārklājas ar Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksu. Līdzīgi PŪO **A3** aprakstītajai situācijai, PŪO **A11** ūdens plūsmu bilanci tiks iekļauts horizonts *D3pl*. PŪO **A11** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.23. att.



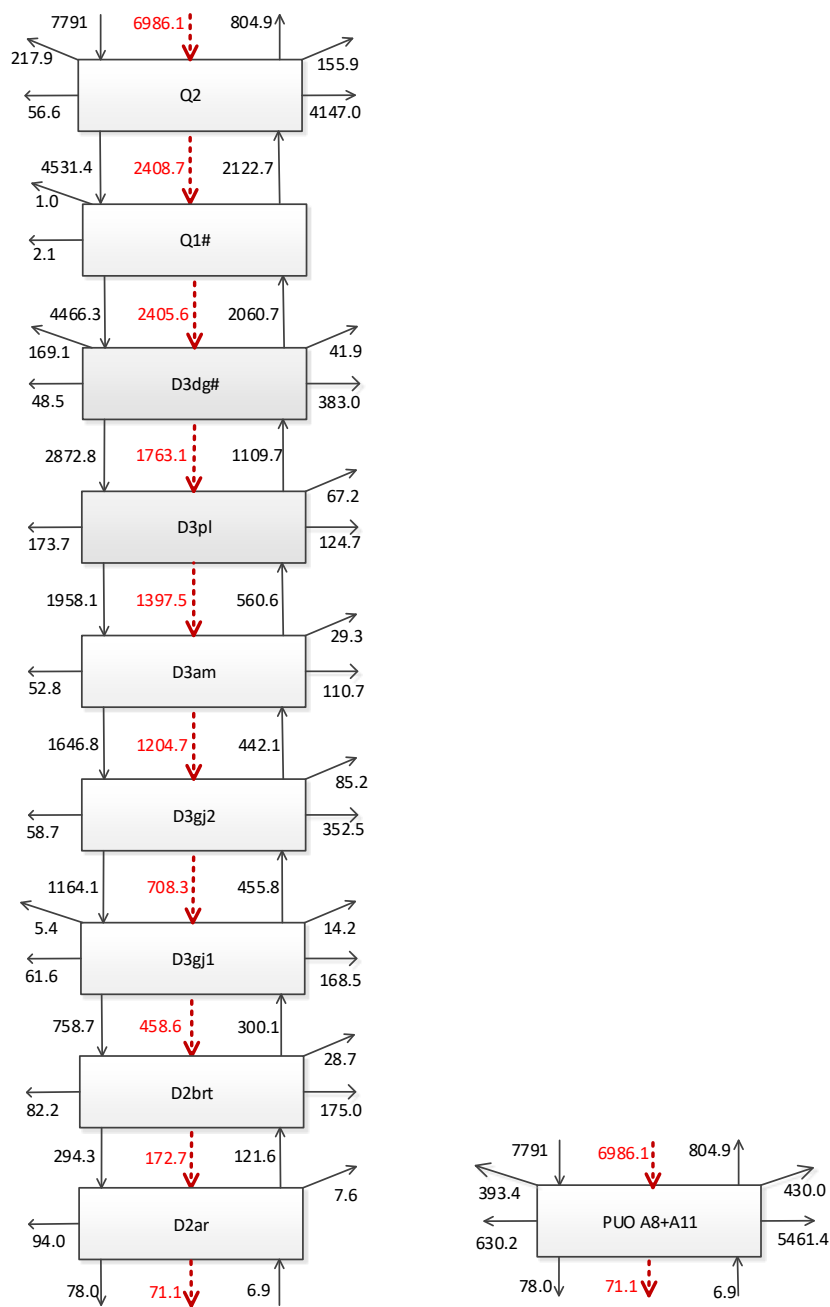
3.22. att. PŪO **A11** uz pamatiežu virsmas kartes



3.23. att. PŪO A11 ūdens plūsmu bilance

3.12 PŪO A8+A11

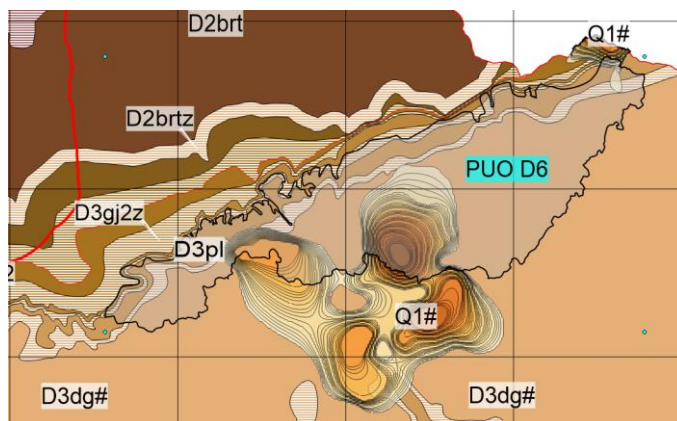
PŪO A11 ir uzskatāms par PŪO A8 daļu, jo atrodas PŪO A8 apgabalā, salai līdzīgā veidā. Līdz ar to būtu korekti pieņemt šos abus PŪO kā viena kompozīta PŪO A8+A11 daļām, ar atrašanās vietu, skat. 3.16. att. PŪO A8+A11 pārklājas ar Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksu. Līdzīgi PŪO A3 aprakstītajai situācijai, PŪO A8+A11 ūdens plūsmu bilanci tiks iekļauti horizonti *D3dg#* un *D3pl*. PŪO A8+A11 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.24. att.



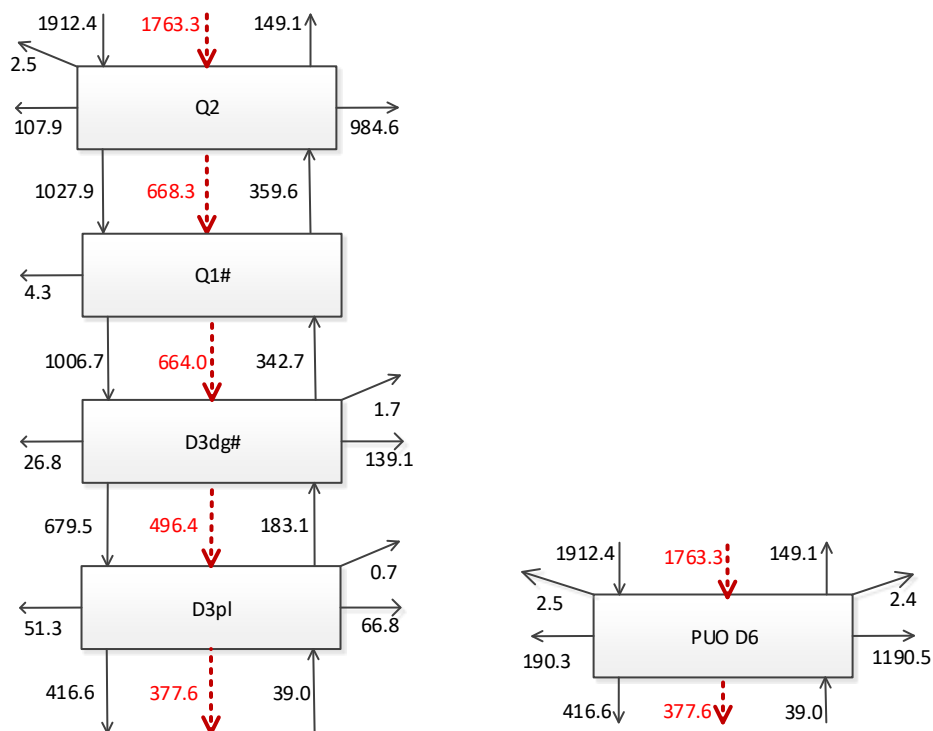
3.24. att. PŪO A8+A11 ūdens plūsmu balance

3.13 PŪO D6

PŪO **D6** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.25. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D6** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg#*, kas pieder Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksam. PŪO **D6** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.26. att.



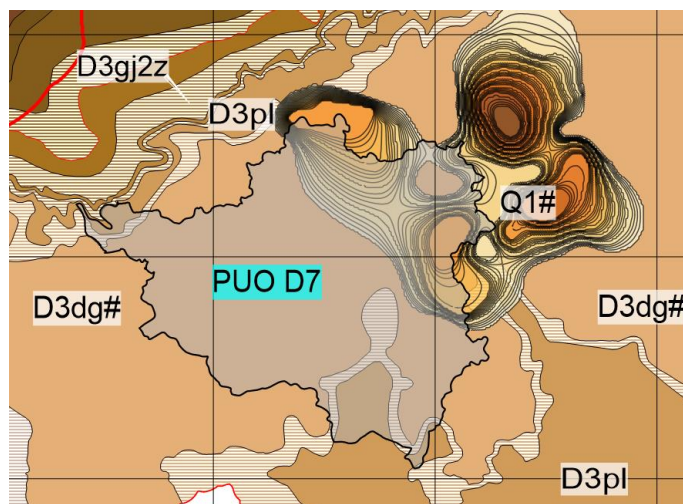
3.25. att. PŪO **D6** uz pamatiežu virsmas kartes



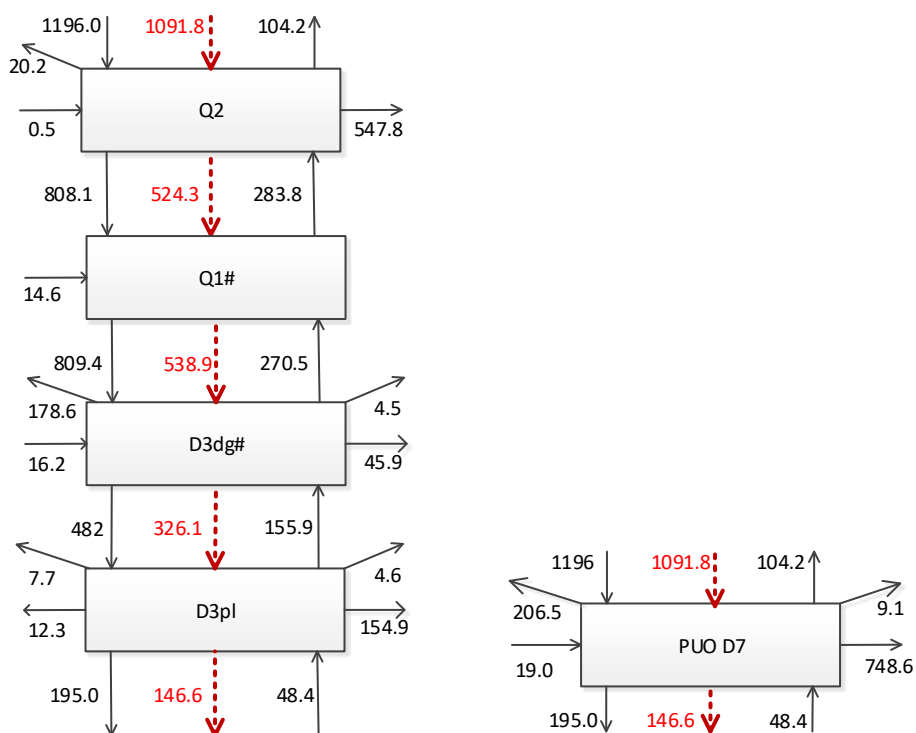
3.26. att. PŪO **D6** ūdens plūsmu balance

3.14 PŪO D7

PŪO **D7** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.27. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D7** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg##*, kas pieder Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksam. PŪO **D7** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.28. att.



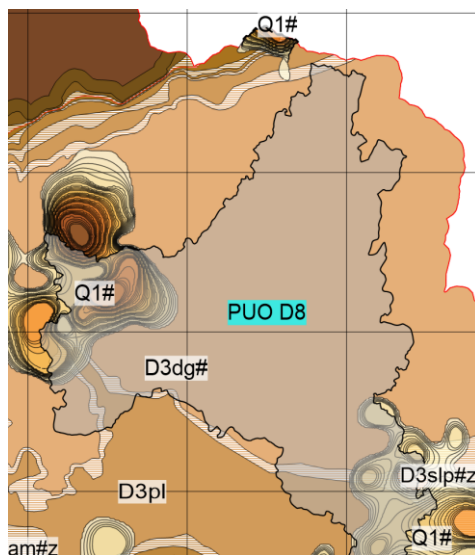
3.27. att. PŪO **D7** uz pamatiežu virsmas kartes



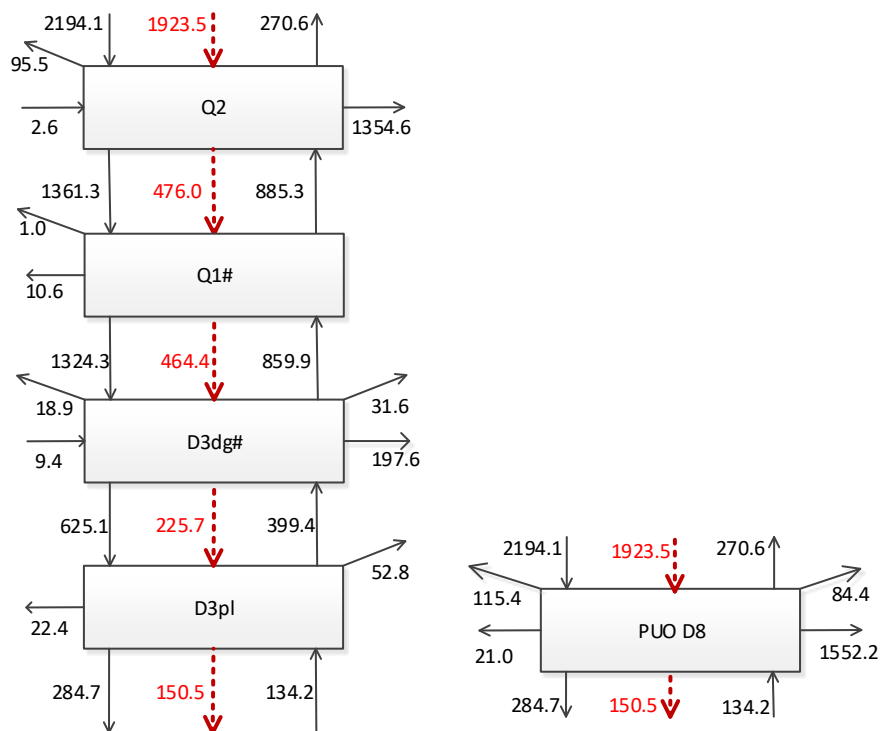
3.28. att. PŪO **D7** ūdens plūsmu balance

3.15 PŪO D8

PŪO **D8** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.29. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D8** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg#*, kas pieder Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksam. PŪO **D8** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.30. att.



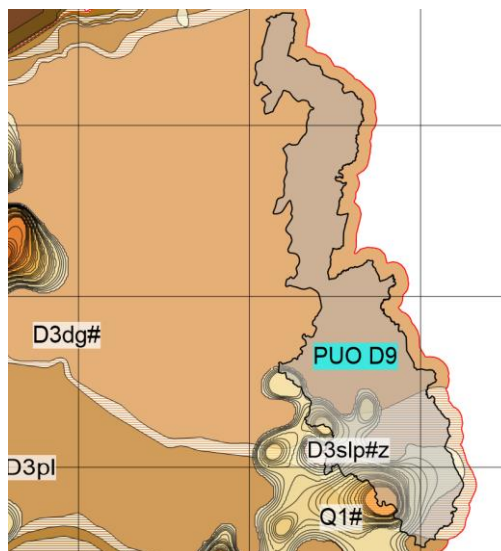
3.29. att. PŪO **D8** uz pamatiežu virsmas kartes



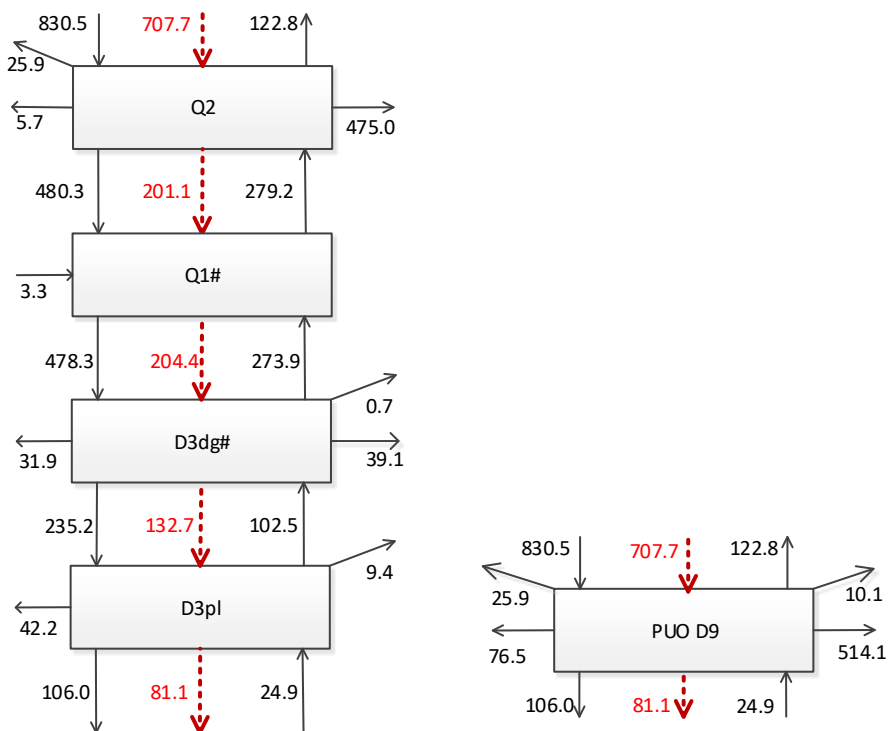
3.30. att. PŪO **D8** ūdens plūsmu balance

3.16 PŪO D9

PŪO **D9** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.31. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D9** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg#*, kas pieder Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksam. PŪO **D9** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.32. att.



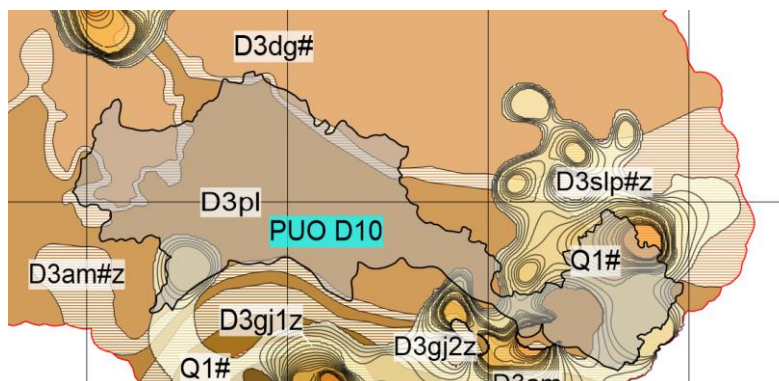
3.31. att. PŪO **D9** uz pamatiežu virsmas kartes



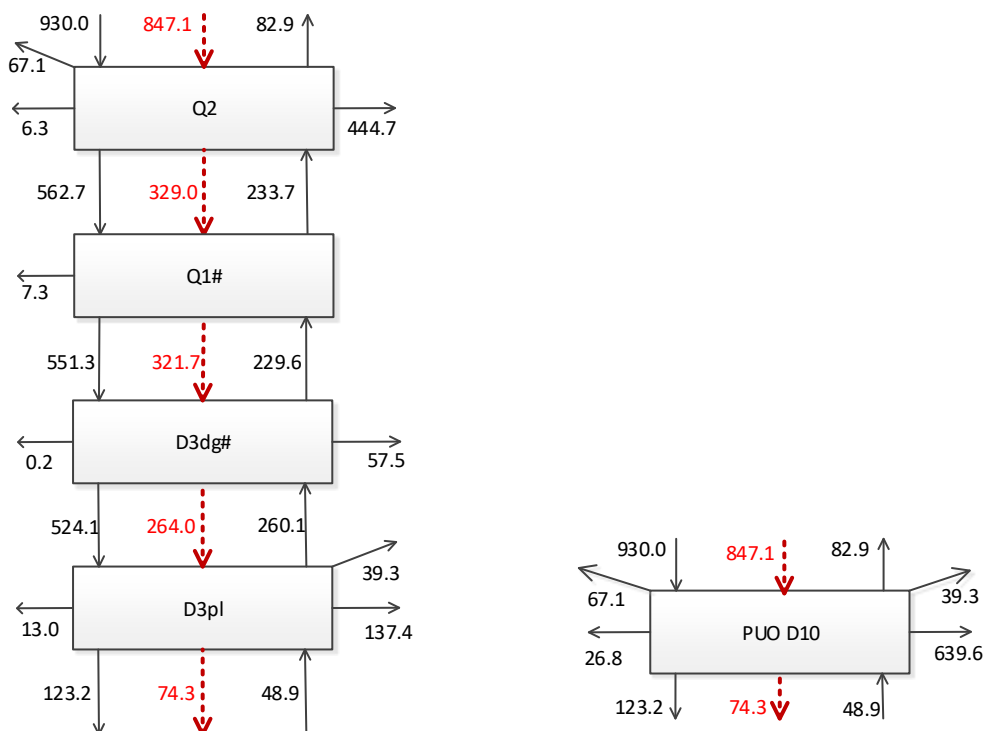
3.32. att. PŪO **D9** ūdens plūsmu balance

3.17 PŪO D10

PŪO **D10** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.33. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D10** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3dg#*, kas pieder Pļaviņu-Amulas PŪO kompleksam. PŪO **D10** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.34. att.



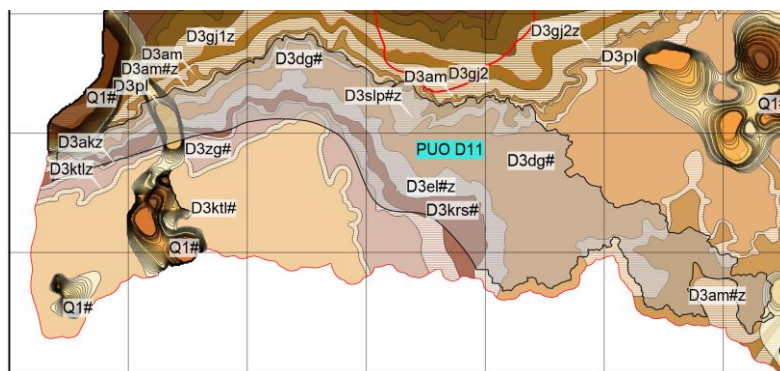
3.33. att. PŪO **D10** uz pamatiežu virsmas kartes



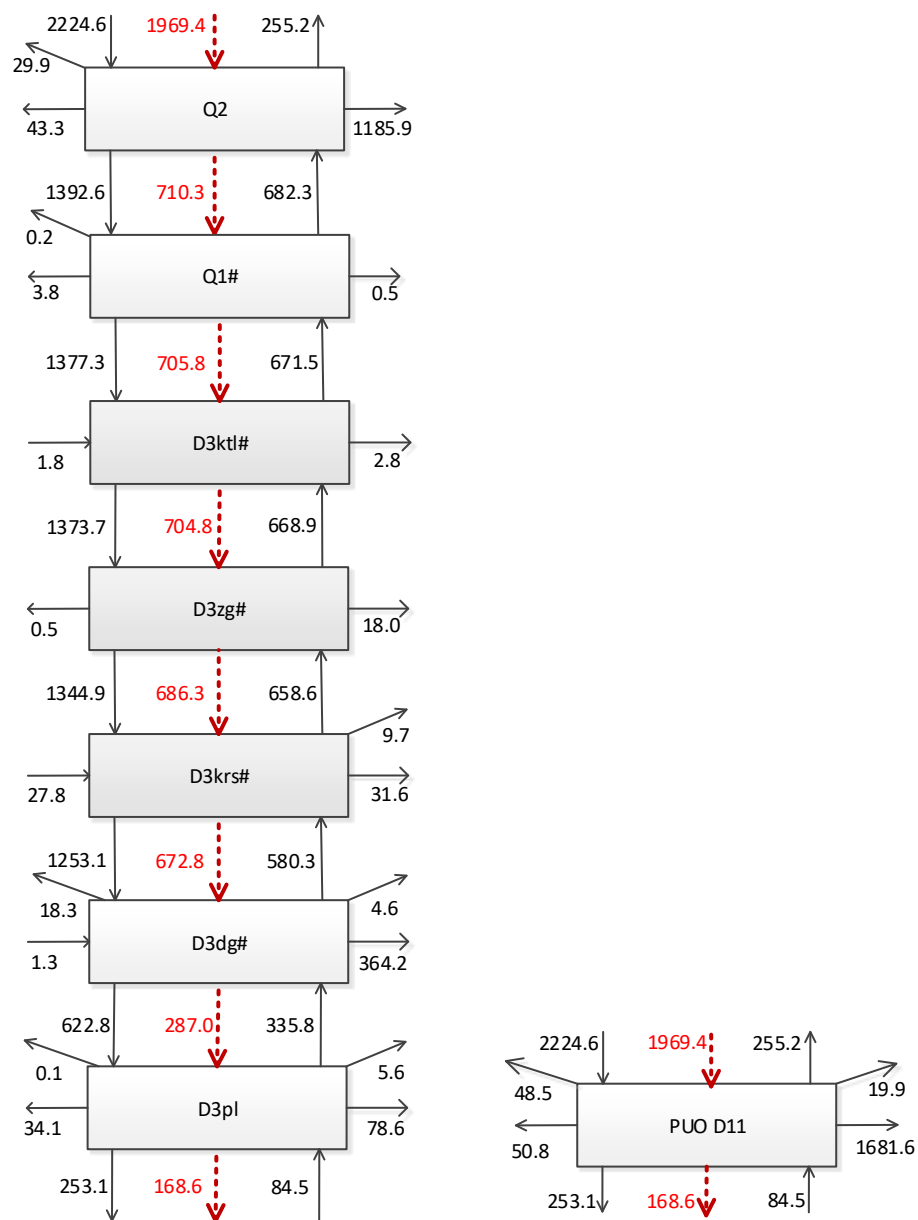
3.34. att. PŪO **D10** ūdens plūsmu balance

3.18 PŪO D11

PŪO **D11** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.35. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **D11** ir klātesošs kvartāra *Q1#* ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3ctl#*, acīmredzami šeit ir pārklāšanās ar Famenas PŪO kompleksu. Līdzīgi situācijai ar PŪO **A3**, pazemes ūdens bilanci PŪO **D11** tiks iekļautas pazemes ūdens plūsmas no *D3ctl#*, *D3zg#* un *D3krs#* ūdens horizontiem. PŪO **D11** ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.36. att.



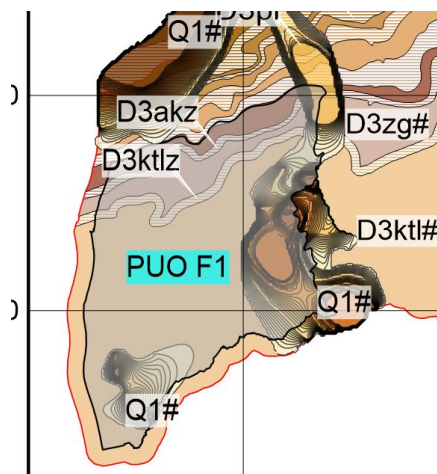
3.35. att. PŪO **D11** uz pamatiežu virsmas kartes



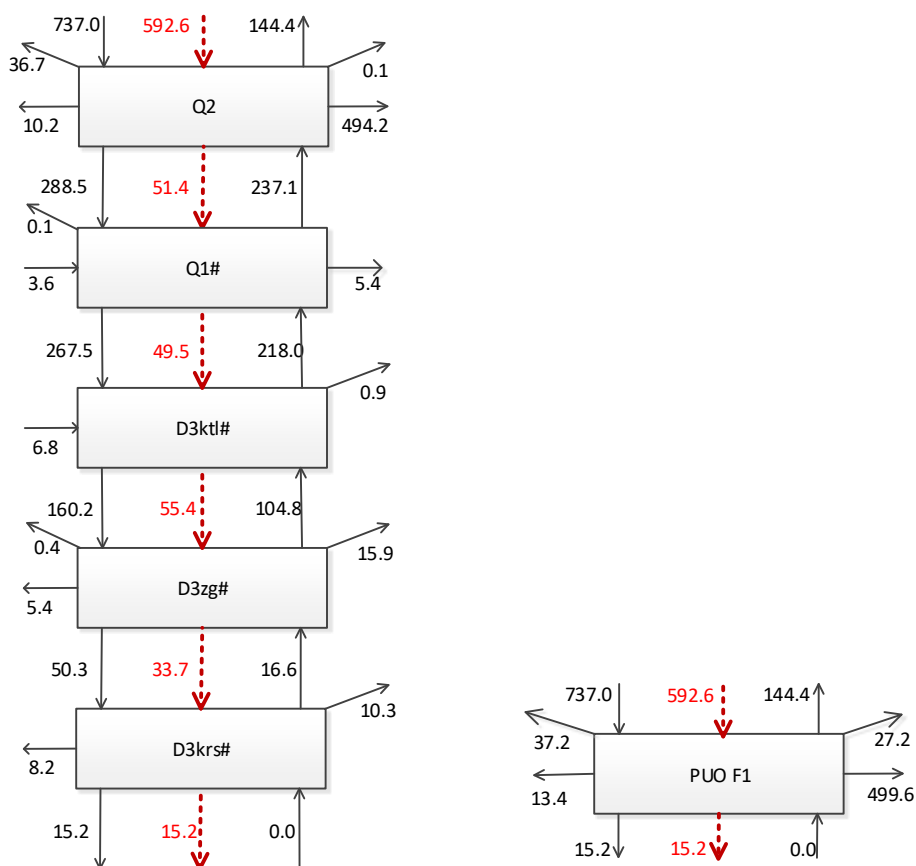
3.36. att. PŪO **D11** ūdens plūsmu balance

3.19 PŪO F1

PŪO F1 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.37. att. Šeit ir redzams, ka PŪO F1 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ktl#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F1 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.38. att.



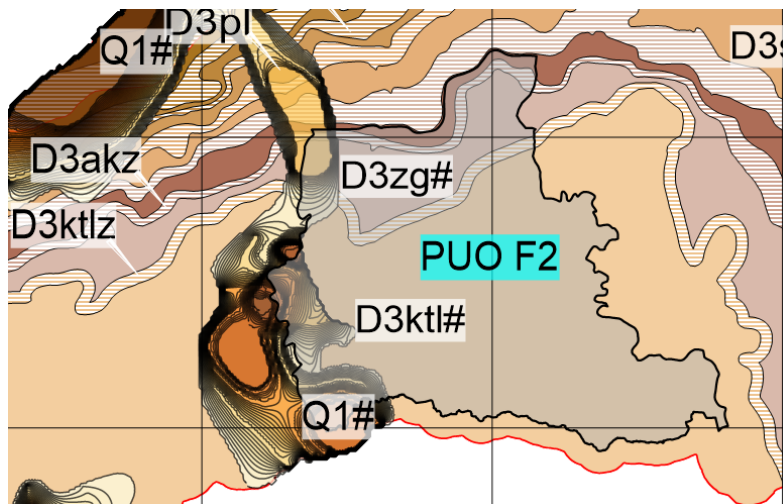
3.37. att. PŪO F1 uz pamatiežu virsmas kartes



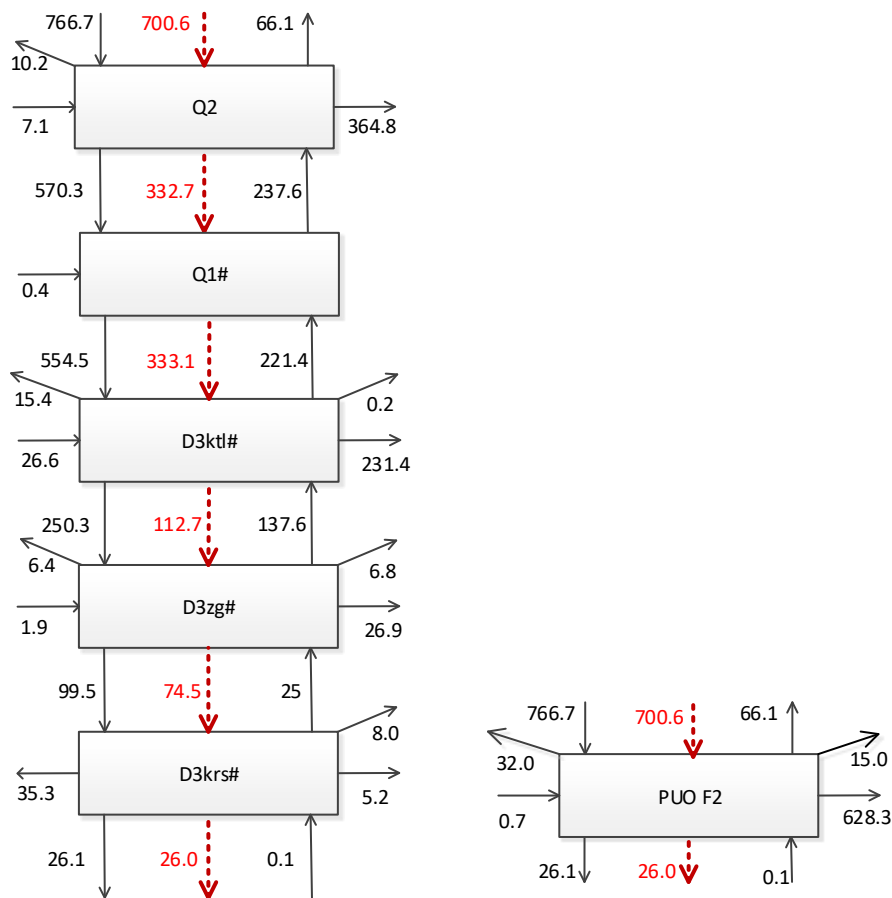
3.38. att. PŪO F1 ūdens plūsmu balance

3.20 PŪO F2

PŪO F2 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.39. att. Šeit ir redzams, ka PŪO F2 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ktl#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F2 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.40. att.



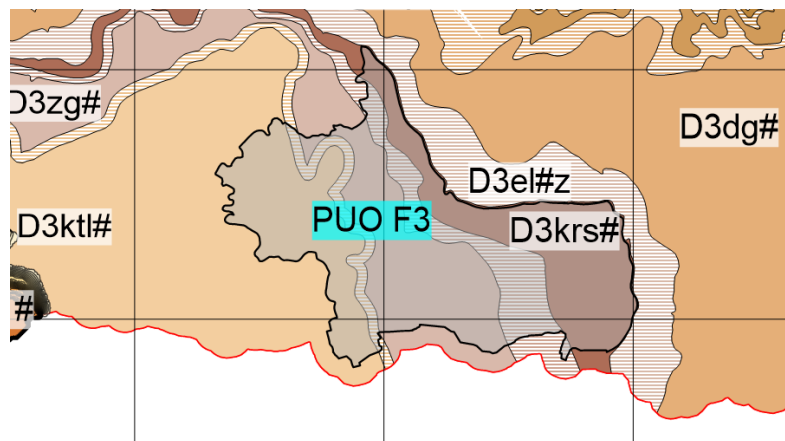
3.39. att. PŪO F2 uz pamatiežu virsmas kartes



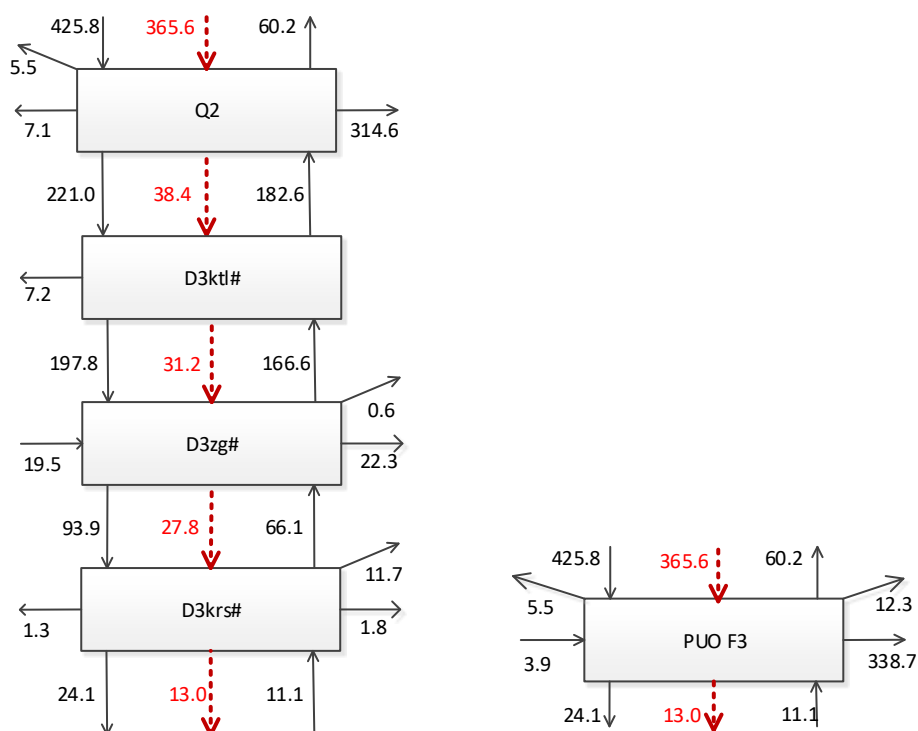
3.40. att. PŪO F2 ūdens plūsmu balance

3.21 PŪO F3

PŪO F3 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.41. att. Šeit ir redzams, ka PŪO F3 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ctl#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F3 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.42. att.



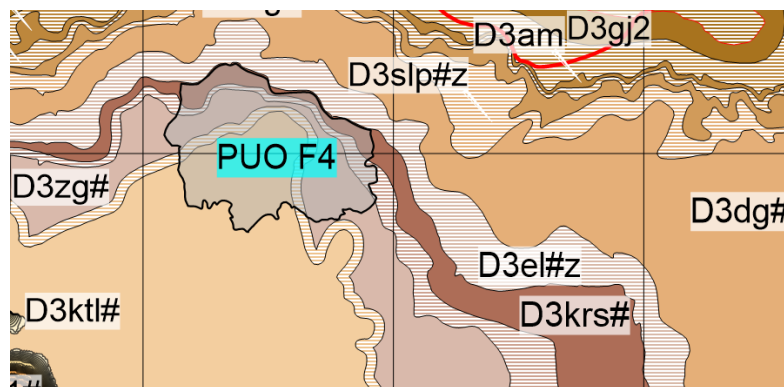
3.41. att. PŪO F3 uz pamatiežu virsmas kartes



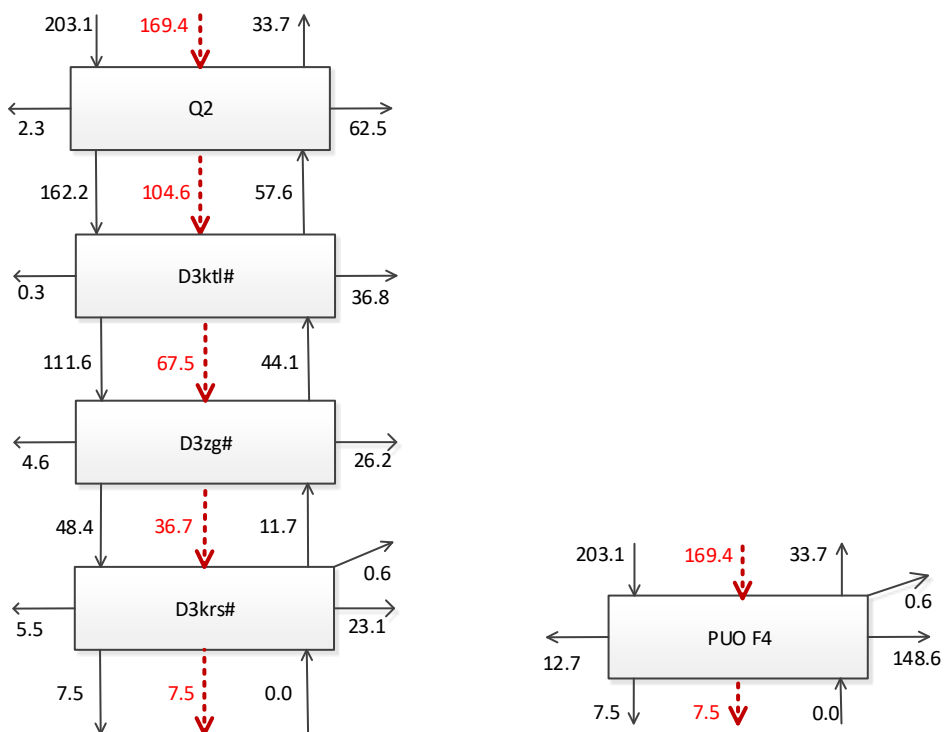
3.42. att. PŪO F3 ūdens plūsmu balance

3.22 PŪO F4

PŪO F4 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.43. att. Šeit ir redzams, ka PŪO F4 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3k_{tl}#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F4 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.44. att.



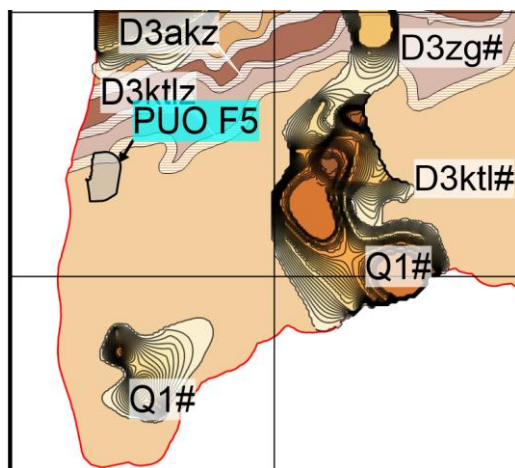
3.43. att. PŪO F4 uz pamatiežu virsmas kartes



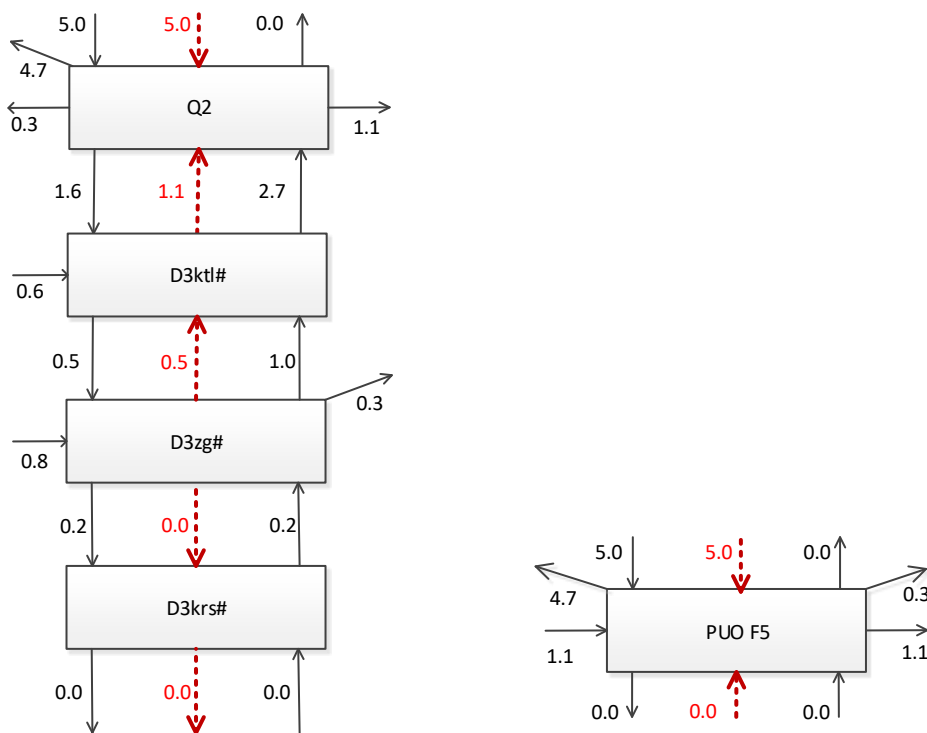
3.44. att. PŪO F4 ūdens plūsmu balance

3.23 PŪO F5

PŪO F5 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.45. att. Šeit ir redzams, ka PŪO F5 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ktl#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F5 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.46. att.



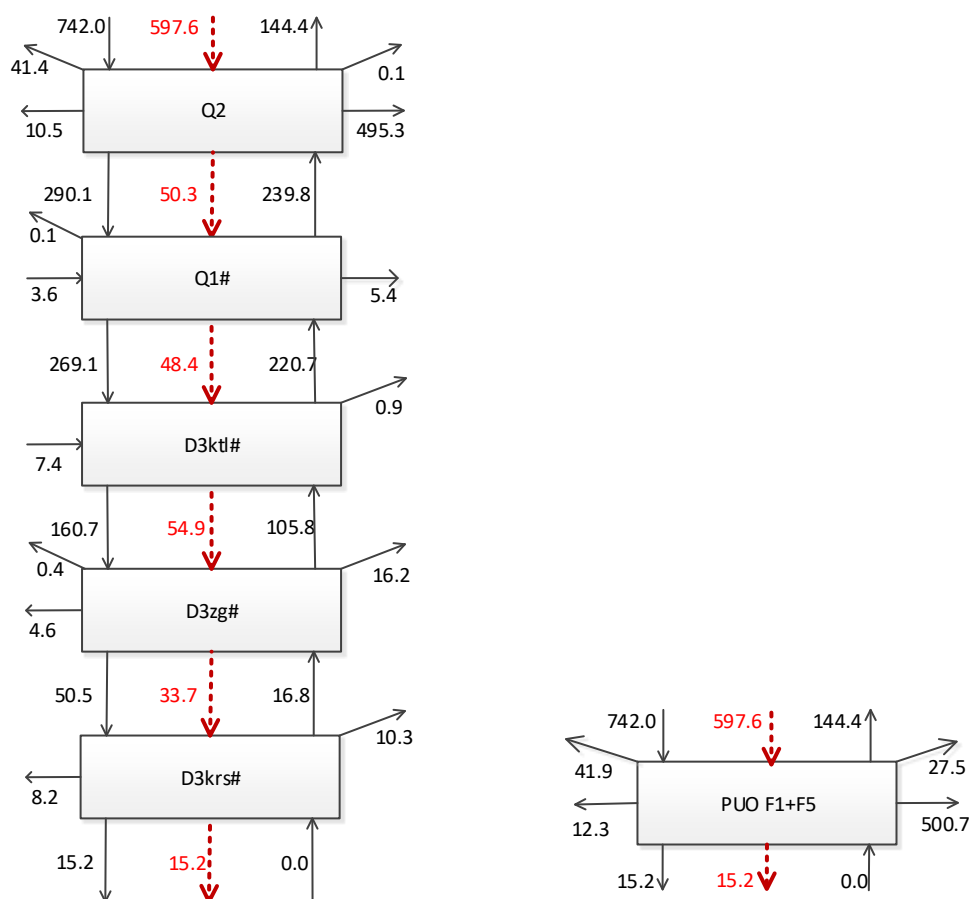
3.45. att. PŪO F5 uz pamatiežu virsmas kartes



3.46. att. PŪO F5 ūdens plūsmu balance

3.24 PŪO F1+F5

PŪO F5 ir uzskatāms par PŪO F1 daļu, jo atrodas PŪO F1 apgabalā, salai līdzīgā veidā. Līdz ar to būtu korekti pieņemt abus minētos PŪO kā viena apvienota PŪO F1+F5 daļām, ar atrašanās vietu, skat. 3.37. att. Redzams, ka PŪO F1+F5 ir klātesošs kvartāra Q1# ūdens horizonts, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3ktl#, kas pieder Famenas PŪO kompleksam. PŪO F1+F5 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.47. att.

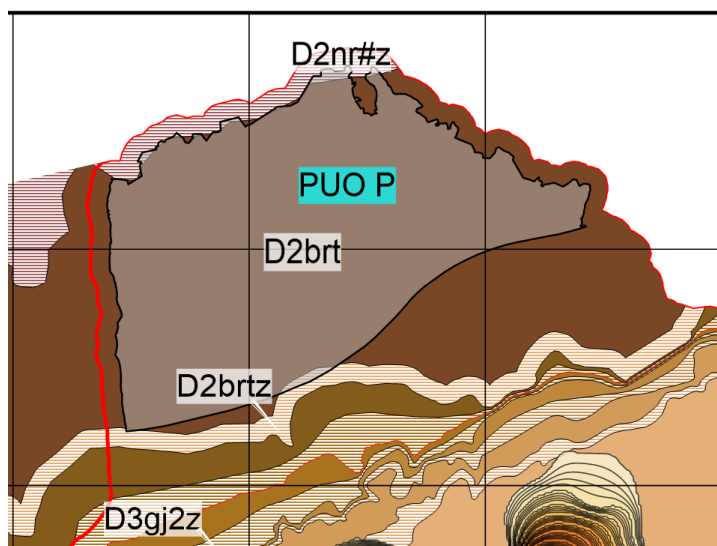


3.47. att. PŪO F1+F5 ūdens plūsmu balance

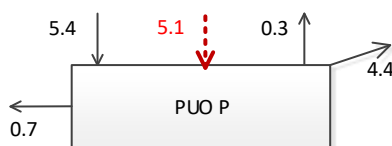
3.25 PŪO P

PŪO P atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.48. att. Šeit ir redzams, ka PŪO P neskar kvartāra *Q1#* ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D2brt*, kas ir ārpus PŪO P vertikālajām robežām. PŪO P iekļauj no LAMO4 modeļa ūdens horizontiem tikai *D2pr*, kas ir arī robežnoteikumu piesaistes slānis modelī, katrā modeļa šūnā. No šī apstākļa izriet tas, ka LAMO4 modelī nav iespējams iegūt plūsmas vērtības *D2pr* horizontā esošiem urbumiem, piesaistītām upēm, ezeriem. Šeit nav arī iespējams iegūt datus par izejošām plūsmām uz dziļākiem ūdens horizontiem un arī sānu plūsmu. Lai būtu iespējams aprēķināt pazemes ūdens plūsmu bilances PŪO P ar LAMO4, nepieciešams papildināt modeli ar Ķemeru *D1km* ūdens horizontu un Ordovika ūdens horizontu.

PŪO P ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.49. att. No LAMO4 tika izmantoti tikai dati par vertikālām ūdens plūsmām starp *D2ar* un *D2pr* ūdens horizontiem. Urbumu debitu vērtība tikai iegūta skaitliski.



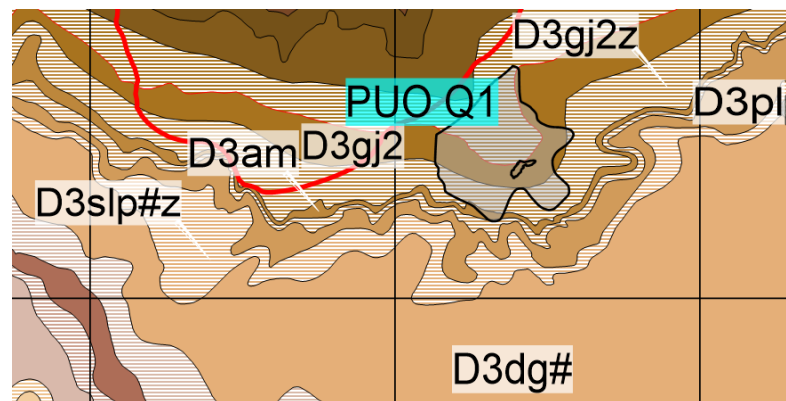
3.48. att. PŪO P uz pamatiežu virsmas kartes



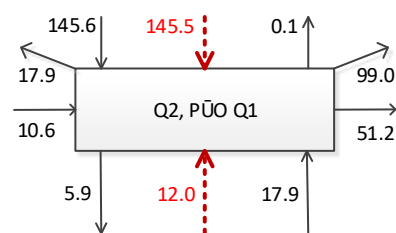
3.49. att. PŪO P ūdens plūsmu balance

3.26 PŪO Q1

PŪO **Q1** atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un *Q1#* slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.50. att. Šeit ir redzams, ka PŪO **Q1** neskar kvartāra *Q1#* ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3am*, kas ir ārpus PŪO **Q1** vertikālām robežām, līdz ar to bilancē ir iekļauts tikai *Q2* ūdens horizonts. PŪO **Q1** ūdens plūsmu bilance ir apkopota 3.51. att.



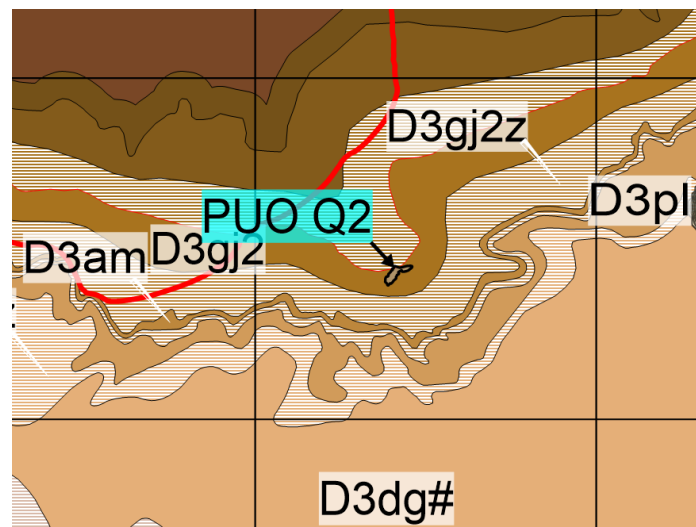
3.50. att. PŪO **Q1** uz pamatiežu virsmas kartes



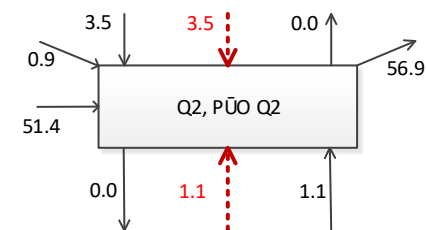
3.51. att. PŪO **Q1** ūdens plūsmu bilance

3.27 PŪO Q2

PŪO Q2 atrašanās vieta uz pamatiežu virsmas un Q1# slāņa biezuma apvienotās kartes, skat. 3.52. att. Šeit ir redzams, ka PŪO Q1 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir D3gj2, kas ir ārpus PŪO Q1 vertikālām robežām, līdz ar to bilanci ir iekļauts tikai Q2 ūdens horizonts. PŪO Q2 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.53. att.



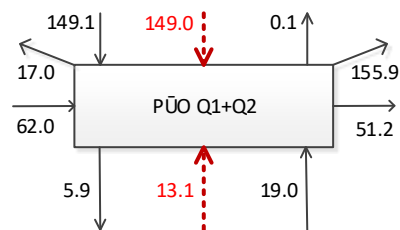
3.52. att. PŪO Q2 uz pamatiežu virsmas kartes



3.53. att. PŪO Q2 ūdens plūsmu balance

3.28 PŪO Q1+Q2

PŪO Q2 ir uzskatāms par PŪO Q1 daļu, jo atrodas PŪO Q1 apgabalā, salai līdzīgā veidā. Līdz ar to būtu korekti pieņemt šos abus PŪO kā viena kompozīta PŪO Q1+Q2 daļām, ar atrašanās vietu, skat. 3.50. att. Redzams, ka PŪO Q1+Q2 neskar kvartāra Q1# ūdens horizontu, pirmais pamatiežu ūdens horizonts šeit ir *D3am*, kas ir ārpus PŪO Q1+Q2 vertikālām robežām, līdz ar to bilancē ir iekļauts tikai Q2 ūdens horizonts. PŪO Q1+Q2 ūdens plūsmu balance ir apkopota 3.54. att.



3.54. att. PŪO Q1+Q2 ūdens plūsmu balance

4 PŪO bilanču apkopojums

Iepriekšējā nodaļā pazemes ūdens plūsmas bilances tika skatītas, katram PŪO atsevišķi, papildus tika realizētas apvienoto PŪO bilances **A8+A11**, **F1+F5** un **Q1+Q2**. Apkopojumu pazemes ūdens plūsmas bilancēm 25 PŪO kopā ar 3 apvienotiem PŪO, skat. Tabula 4.1.

Tabula 4.1 Pazemes ūdens objektu bilanču apkopojums

PŪO	Pieejamie resursi tūkst. m ³ /d	Papildināšana, tūkst. m ³ /d							Atslodze, tūkst. m ³ /d				
		q topin	q topout	q toprez	q botin	q botout	q botrez	summā	urbumi	upes	ezeri	robeža	summā
A1	327.8	416.8	86.7	330.1	0.1	2.4	2.3	327.8	3.6	202.8	23.9	97.5	327.8
A2	267.6	286.3	17.2	269.1	0	1.5	1.5	267.6	0.5	258.7	0.3	8.1	267.6
A3	1148.8	1309.4	155.7	1153.7	0.2	5.1	4.9	1148.8	46.1	893.4	66.8	142.5	1148.8
A4	834.2	854.3	119.8	734.5	0.7	0.9	0.2	834.2	55.9	724.2	54.1	-99.9	834.2
A5	701.3	787	94.4	692.6	4.8	1.2	-3.6	701.3	82.1	600.4	18.8	-5.1	701.3
A6	796.8	862.6	85.3	777.3	5.6	2.1	-3.5	796.8	31.2	758.9	6.7	-16	796.8
A7	2140.8	2334.9	266.8	2068.1	0	22.4	22.4	2140.8	124.6	1861.7	154.5	-95.1	2140.8
A8	6906.5	7785.8	804.8	6981	6.9	78	71.1	6906.5	430	5452.9	393.4	633.6	6906.5
A9	188	196.5	8.6	187.9	0.6	0.5	-0.1	188	4.6	102	34.2	47.2	188
A10	636.6	681.5	55.1	626.4	0.1	3.9	3.8	636.6	0	596.6	40	-14	636.6
A11	8.5	5.2	0.1	5.1	0	0	0	8.5	0	8.5	0	-3.4	8.5
A8+A11	6915	7791	804.9	6986.1	6.9	78	71.1	6915	430	5461.4	393.4	630.2	6915
D6	1385.7	1912.4	149.1	1763.3	39	416.6	377.6	1385.7	2.4	1190.5	2.5	190.3	1385.7
D7	964.2	1196	104.2	1091.8	48.4	195	146.6	964.2	9.1	748.6	206.5	-19	964.2
D8	1773	2194.1	270.6	1923.5	134.2	284.7	150.5	1773	84.4	1552.2	115.4	21	1773
D9	626.6	830.5	122.8	707.7	24.9	106	81.1	626.6	10.1	514.1	25.9	76.5	626.6
D10	772.8	930	82.9	847.1	48.9	123.2	74.3	772.8	39.3	639.6	67.1	26.8	772.8
D11	1800.8	2224.6	255.2	1969.4	84.5	253.1	168.6	1800.8	19.9	1681.6	48.5	50.8	1800.8
F1	576.3	737	144.4	592.6	0	15.2	15.2	576.3	27.2	499.6	37.2	13.4	576.3
F2	675.3	766.7	66.1	700.6	0.1	26.1	26	675.3	15	628.3	32	-0.7	675.3
F3	356.5	425.8	60.2	365.6	11.1	24.1	13	356.5	12.3	338.7	5.5	-3.9	356.5
F4	161.9	203.1	33.7	169.4	0	7.5	7.5	161.9	0.6	148.6	0	12.7	161.9
F5	6.1	5	0	5	0	0	0	6.1	0.3	1.1	4.7	-1.1	6.1
F1+F5	582.4	742	144.4	597.6	0	15.2	15.2	582.4	27.5	500.7	41.9	12.3	582.4
P	5.1	5.4	0.3	5.1	0	0	0	5.1	4.4	0	0	0.7	5.1
Q1	168.1	145.6	0.1	145.5	17.9	5.9	-12	168.1	99	51.2	17.9	-10.6	168.1
Q2	56.9	3.5	0	3.5	1.1	0	-1.1	56.9	56.9	0	-0.9	-51.4	56.9
Q1+Q2	225	149.1	0.1	149	19	5.9	-13.1	225	155.9	51.2	17	-62	225

5 Secinājumi

Projekta pirmā etapā “Esošo ūdensgūtvju iestrāde LAMO4” atbilstoši darba uzdevumam realizēti sekojoši punkti:

1. Tika veikta hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 aktualizācija, nomainot ūdensgūtņu kopu, ar pazemes ūdens ieguves debītiem ar vismaz 100 m³/dnn, LVĢMC dati, 2024. gads.
2. Sastādītas un iekļautas esošajā atskaitē 25 PŪO pazemes ūdens plūsmu bilances.
3. Atskaite publicēta mājaslapā http://www.emc.rtu.lv/LVAF_2024.htm

Pamatojoties uz sadarbības iestādes komentāriem, priekšlikumiem, atskaitē realizēti sekojošas pozīcijas:

1. Aprēķinātas pazemes ūdens bilances apvienotiem PŪO **A8+A11, F1+F5** un **Q1+Q2**.
2. Koriģētas PŪO vertikālās robežas, atbilstoši katra atsevišķa PŪO vertikālām robežām.
3. Sagatavota apkopojuma tabula ar visu PŪO aprēķinātām ūdens plūsmu bilancēm.
4. Pievienots skaidrojums un atsauce uz literatūras avotu par hidrogrāfiskā tīkla iestrādi LAMO4.
5. Pievienoti skaidrojumi un priekšlikumi, kā arī šībrīža risinājums PŪO **P** pazemes ūdens plūsmas bilances aprēķinam.

6 Literatūras saraksts

- [1] «Groundwater Modeling Software,» ESI Software, 2022. [Tiešsaiste].
Pieejams: https://www.groundwatermodels.com/ESI_Software.php.
- [2] A. Spalviņš un citi, «Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 pielietošana vides problēmu risināšanai,» *Latvijas ekosistēmu dinamika klimata ietekmē*, Rīga, Latvijas Hidroekoloģijas institūts, pp. 80-88.
- [3] A. Spalviņš un citi, «Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO izveidošana, izmantošana un pilnveidošana,» *Boundary Field Problems and Computer Simulation*, pp. 5-15, 2018.
- [4] K. Krauklis un citi, «Incorporation of the Hydrographical Network into the Digital Map of the Ground Relief,» %1 *Boundary Field Problems and Computer Simulation*, Rīga, 2010.