

The background of the slide is a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered across it. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance. The main title is centered in the middle of the slide.

VEEVARUD ARVUTUSTEST EESTIS

INDREK TAMM, AS MAVES

PÕHJAVEEVARU

- **PÕHJAVEEVARU** – ARVUTUSLIK PÕHJAVEE HULK, MIDA ON VÕIMALIK KASUTADA NII, ET OLEKS TAGATUD PÕHJAVEE HEA SEISUNDI SÄILIMINE.

- **VEESEADUSE EELNÕU 27.06.2017 JÄRGI ON PÕHJAVEEVARU :**

ARVUTUSLIK VEETEENUSTE OSUTAMISEKS VÕI ENDA TARBEKS VÕETAV PÕHJAVEE HULK, MILLE KASUTAMISE KORRAL ON TAGATUD, ET KINNITATUD PÕHJAVEEVARUGA ALAL EI TOIMU PÕHJAVEE LIIGVÄHENDAMIST EGA HALVENE PÕHJAVEE SEISUND

- **EESTI NSV SEADUS "EESTI LOODUSE KAITSE KOHTA":**

VETT KASUTATAKSE TINGIMUSEL, ET LOODUSLIKUS RINGLUSES SÄILITATAKSE VAJALIK VEEHULK NING TAGATAKSE SELLE NORMATIIVNE PUHTUS JA VEE-ELUSTIKU SÄILIMINE

Veelgi varasemates NL aegsetes venekeelsetes juhendmaterjalides keskenduti peamiselt veehaaretele ja nende nõuetekohase töö (veekoguse ja veekvaliteedi) tagamisele põhjaveevaru arvestusperioodil

PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTE PÕHISEISUKOHAD

- PÕHJAVEEVARU JÄRGSSEL VEEVÕTUL KUJUNEVAD VEETASEMED, NENDE MUUTUSED NING SELLEST TULENEV MÕJU
 - VEETARBIJATELE
 - KESKKONNALE (sh piirkonna veebilansi muutus)
 - PÕHJAVEE KEEMILISELE KOOSTISELE
- PÕHJAVEE KVALITEET (sh vee käitlemise vajadus), VEE KEEMILISE KOOSTISE PÜSIVUS JA MUUTUSTE PROGNOOS
 - PROGNOOS TEHAKSE EESKÄTT PÕHJAVEEVARU SEISUKOHALT KRIITILISE TÄHTSUSEGA VEEKEEMIA KOMPONENTIDE KOHTA
 - PÕHJAVEEMUDELI KASUTAMINE PÕHJAVEE KEEMILISE KOOSTISE MUUTUSTE PROGNOOSIMISEKS VAJAB TEAVET MUDELIKIHTIDE LÄHTEKONTSENTRATSIOONIDEST, EFEKTIIVPOORSUSEST, MUDELISSE LISANDUVA VEE KOOSTISEST JNE.

PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTE ALGUS, kuni üheksakümnendate aastateni

- PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTE VARASEMAD ARUANDED ON KUUEKÜMNENDATEST AASTATEST, VEEHAARETE ARVUTUSI ON VEELGI VARASEMAST AJAST
- PÕHJAVEEVARU SUURUSED ON OLNUD ERINEVAD, VARU ON ANTUD NII ÜHELE PUURKAEVULE 10 M³/D KUI KA KOGU TARTU LINNALE (D₂₋₁-S) 48000 M³/D.
- HARILIKULT ON PÕHJAVEEVARU AJALINE KEHTIVUSPERIOOD OLNUD 20-30 AASTAT
- KUNI AASTANI 1998 TEGI PÕHJAVEEVARU ARVUTUSI NL AEGSE TOLLASE GEOLOOGIA VALITSUSE ALLASUTUSED, HILISEM EESTI GEOLOOGIAKESKUS

ALGUSPERIOODI VALEMARVUTUSED

kuni üheksakümnendate lõpp

- TUGINETI ERINEVATELE NL AEGSETES JUHENDMATERJALIDES JA VARASEMATES VEEHAARETE ARVUTUSTES TOODUD VALEMITELE
- SÜGAVATE SURVELISTE VEEKIHTIDE VALEMARVUTUSED OLID TÄPSEMAD, ARVUTUS EELDAS ET SURVELINE OLUKORD SÄILIB JA SEETÕTTU OLI SURVELISE OLUKORRA SÄILIMINE TAOLISEST VEEKIHI ÜHEKS PÕHJAVEEVARU SUURUST LIMITEERIVAKS TEGURIKS (survelis-survetu veeihi arvutusvalemid on ka oluliselt keerukamad).
 - SURVELISE VEEKIHI SÄILIMINE VÄLDIB KA AEROOBSE OLUKORRA TEKKEST TOIMUDA VÕIVAD MUUTUSED VEEKEEMIAS.
- KEERULINE OLI VALEMARVUTUSES KAJASTADA
 - VEEKIHTIDE TOITUMIST, VEEKIHTIDE VAHELIST LEKET JA ÜRGORGUDE OSA
 - MITME ÜHE VEEKIHI VEEHAARDE KOOSMÕJU
 - VEEKIHTIDE ERI KOOSTISE KORRAL SAI TEHA VAID LIHTSA SEGUNEMISARVUTUSE
- VEEHAARETE SANITAARKAITSELADE ARVUTUSED JÄID VÄGA PRIMITIIVSETEKS
- KAHEKSAKÜMNENDATE AASTATE LÕPUL JA ÜHEKSAKÜMNENDATE ALGUL HAKATI KASUTAMA KA ERINEVAID ANALOOG- JA DIGITAALSEID NL VÄLJATÖÖTATUD ARVUTUSPROGRAMME.
 - ÜHEKS ESIMESEKS TAOLISEKS PÕHJAVEEVARU ARUANDEKS OLI EESTI GEOLOOGIAKESKUSE HÜDROGEOLOOGIA OSAKONNA TEHTUD TALLINNA KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHI PÕHJAVEEVARU ARVUTUS AASTAL 1992 JA VARUDE MAARDLASISENE ÜMBERJAOTUS AASTAL 1994. NENDEST ARJANNETEST TEKKISIDKI ESIMESED PÕHJAVEEVARU ARVESTUSPIIRKONNAD. Veehaarete veevõttude põhjal arvutati arvestuspiirkonna tinglik raskuskese ja maardla arvutus tehti eri arvestuspiirkondade raskuskeskmetega.
- Kõik see põhjaveevaru järgsel veevõtu mõju tõepärase valem arvutuse tulemuse saamine oli keeruline ja nõudis aruande autoreilt täielikku arusaamist mida nad teevad

PÕHJAVEEVARU TÄNAPÄEVASED MUDELARVUTUSED

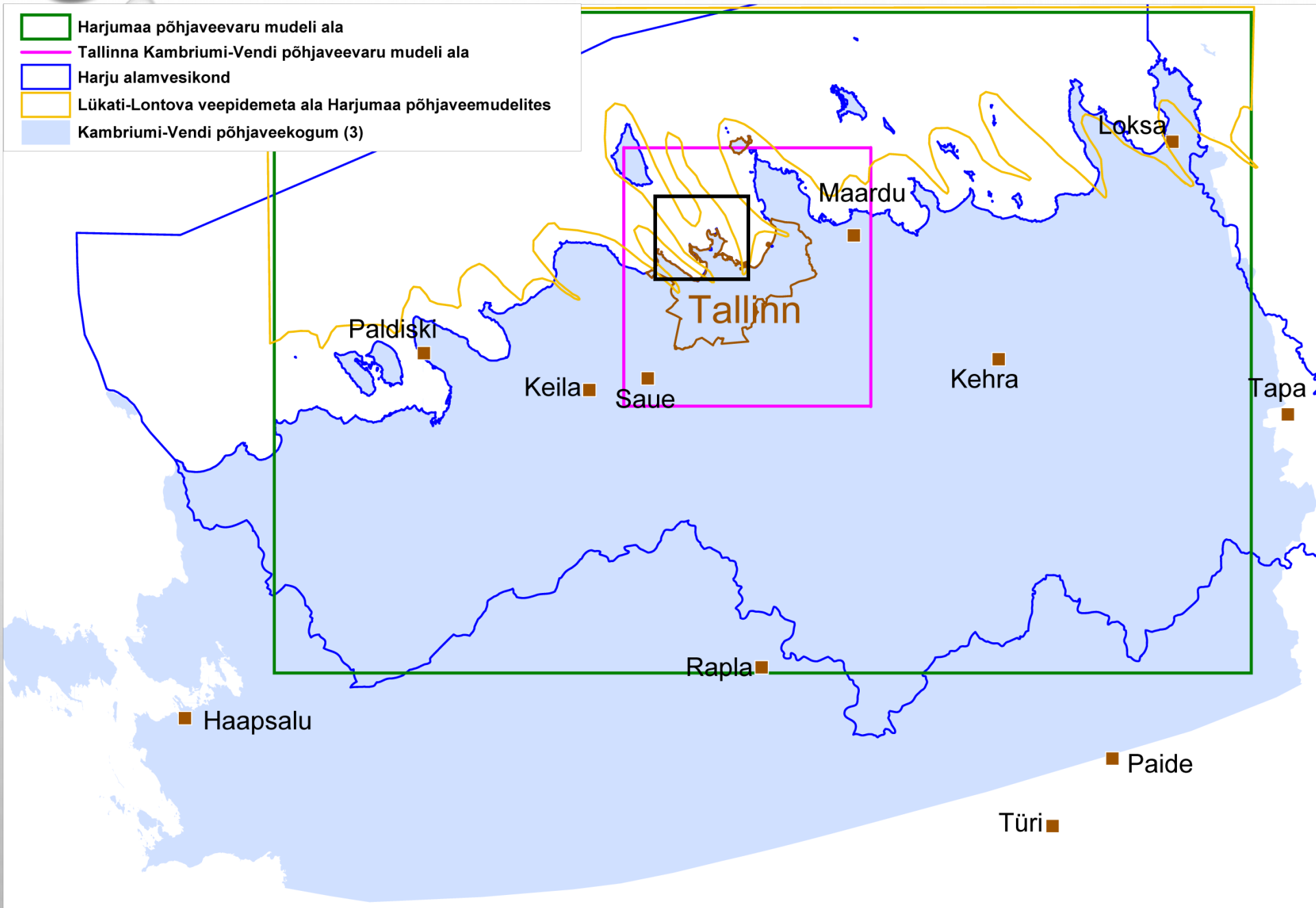
eelmise aastatuhande üheksakümnendate lõpust

- PÕHJAVEEVARU LIMITEERIVATEKS TEGURITEKS ON:
 - PÕHJAVEEVARU MAHUS VEEVÕTUL KUJUNEVA VEETASEME ALANEMISE OLULINE EBASOOVITAVA MÕJU ILMNEMINE (SH PINNAVEELE JA VEEST SÕLTUVATELE MAISMAAÖKOSÜSTEEMIDELE)
 - PÕHJAVEEVARU VEEKIHI KEEMILISE KOOSTISE EBASOODSATE MUUTUSTE OHT
- PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTEL (MODELLEERIMISEL) ON EESTIS KASUTATUD TASULISI TARKVARASID GROUNDWATER VISTAS JA GSM JA VABAVARA MODELMISE
 - MODELLEERIMISPROGRAMMID TUGINEVAD ÜLE MAAILMA PÕHJAVEEMUDELITES ENIMKASUTATUD MODFLOW ARVUTUSLAHENDUSTEL (MODFLOW 98, MODFLOW 2000 JA MODFLOW2005)
 - ARVUTUSI TEEB MODFLOW, ERINEVAD ON EESKÄTT KASUTAJALIIDESED MIS VALMISTAVAD ETTE MODFLOW ARVUTUSE LÄHTEFAILID NING VISUALISEERIVAD ARVUTUSTULEMUSED
- ESIMENE PÕHJAVEEVARU ARUANNE MIS TUGINES MODFLOW ARVUTUSLAHENDUSEL OLI AASTAL 1998 TEHTUD TALLINNA PIIRKONNA KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHI PÕHJAVEEVARU ÜMBERHINDAMINE KUNI AASTANI 2030 (AS MAVES)

ESIMESED MODFLOW MUDELID PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTEKS

- PÕHJAVEEVARU MUDEL TEHAKSE KINDLA EESMÄRGIGA
 - TALLINN 1998 OLI VAID KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHI MODELLEERIMISEKS, 250m SAMMUGA, 130 RIDA X 124 VEERGU, 6 KIHTI, 12 AJAPERIOODI.
 - KOPLI 1999 OLI VAID KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHI KLORIIDIDE MODELLEERIMISEKS, 125M SAMMUGA, 100 RIDA X 100 VEERGU, 7 KIHTI, 15 AJAPERIOODI
 - HARJUMAA 1999 OLI OORDOVIITSIUMI-KAMBRIUMI JA KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHTIDE MODELLEERIMISEKS, 1KM SAMMUGA, 80 RIDA X 120 VEERGU, 10 KIHTI, 35 AJAPERIOODI
 - HILISEMAD PÕHJAVEEVARUDE ARVUTUSMUDELID ON KEERULISEMAD JOHTUVALT VASTAMIST VAJAVATELE KÜSIMUSTELE
- PÕHJAVEEVARU MUDEL
 - KASUTAB GEOLOOGILISELT PIISAVALT TÕEVÄÄRSEID NÄITAJAID
 - VÄHEOLULISTELE ASJADELE POLE HÄDAVAJALIK LIIGSELT TÄHELEPANU PÖÖRATA
 - TULEMUS ON ÕIGE VAADELDAVA(TE) PÕHJAVEEVARU VEEKIHI (KIHTIDE) OSAS

- Harjumaa põhjaveevaru mudeli ala
- Tallinna Kambriumi-Vendi põhjaveevaru mudeli ala
- Harju alamvesikond
- Lütkati-Lontova veepidemeta ala Harjumaa põhjaveemudelites
- Kambriumi-Vendi põhjaveekogum (3)



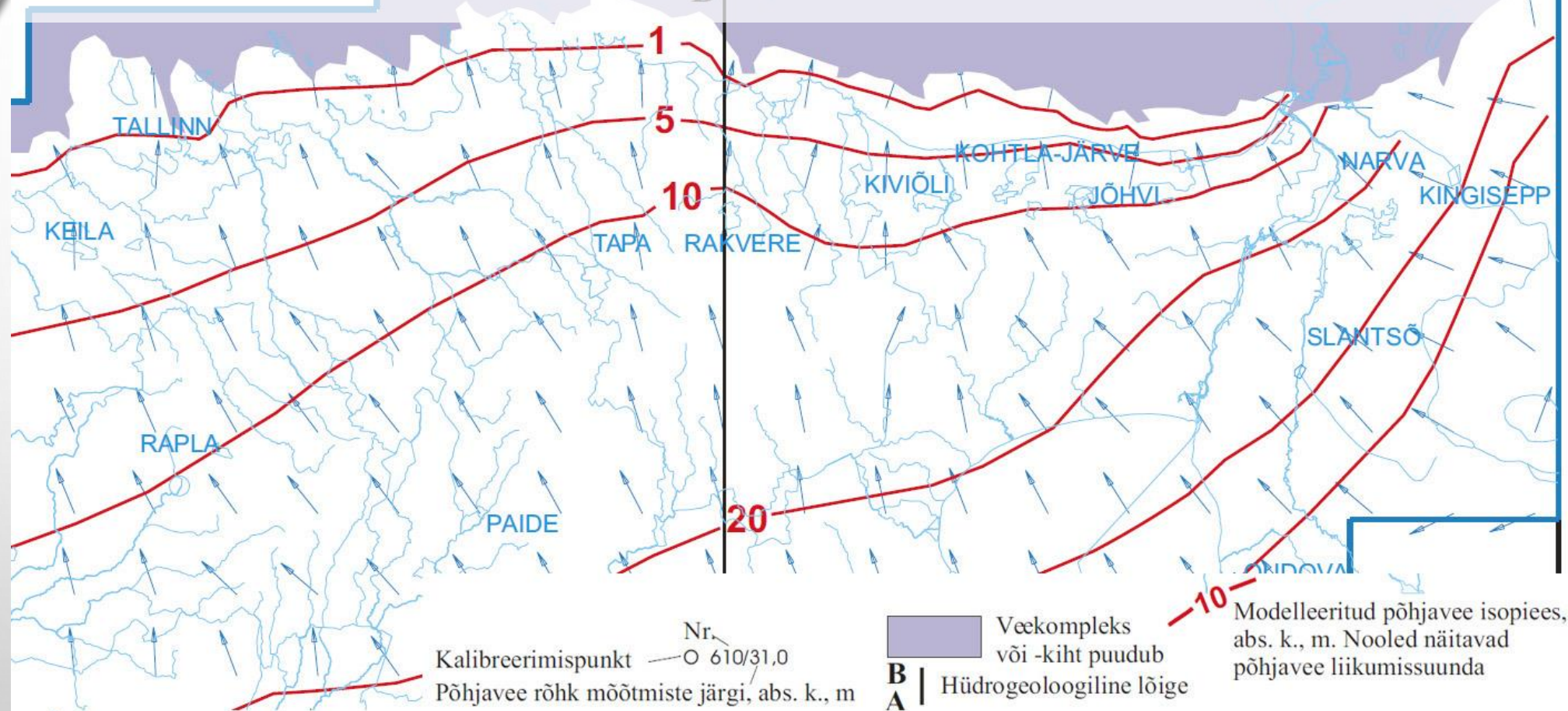
VÄHEOLULISED ASJAD??

- MODELLEERITAVA ALA SUURUSE, RUUTUDE, KIHTIDE JA ÄÄRETINGIMUSTE ARVU KASVADES TULEMUS EI PARANE VÕRDELISELT NÄHTUD VAEVAGA
 - KESKENDUDA TULEB OLULISELE MIS VÕIB PIIRATA PÕHJAVEEVARU SUURUST (TEISED VÕI KAVANDATAVAD VEEHAARDED, ÜRGORUD, VAJADUSEL VEEST SÕLTUVAD LOODUSKAITSEOBJEKTID JNE).
- PÕHJAVEEVARU MUDELI AJAPERIOODI PIKKUSEKS SOBIB ENAMASTI AASTA, VAID MAAPINNALÄHEDASES VEEKIHI PÕHJAVEEVARU KORRAL VÕI VEEST SÕLTUVATE ÖKOSÜSTEEMIDE OLEMASOLUL VÕIB OLLA VAJALIK KASUTADA KUU PIKKUSEID AJAPERIOODE

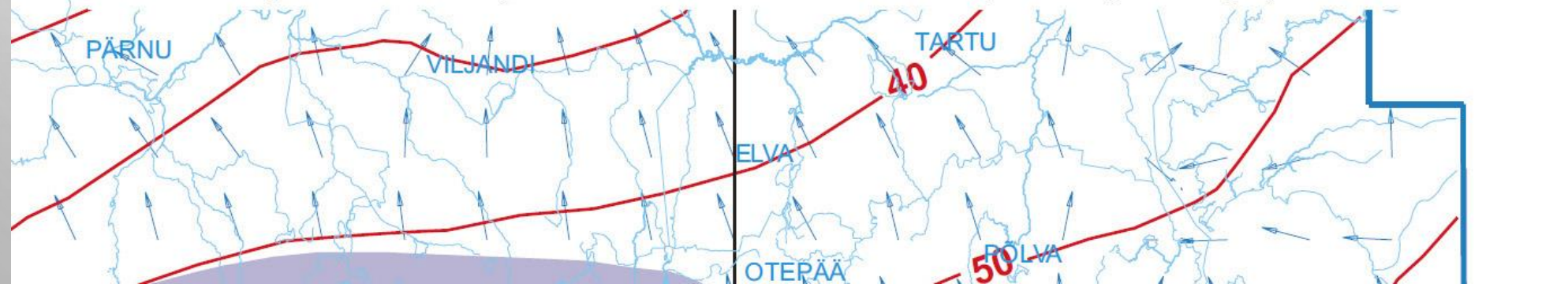
OLULISED ASJAD: VEEKIHI ÄÄRETINGIMUSED

- VÕIB JÄTTA ANDMATA KUI ON SUUR MUDEL JA JUURDEVOOL VÄLJASPOOLT MODELLEERITAVALE ALALE ON TÜHINE
- SURVELISES VEEKIHI, KUI KIHT JÄTKUB VÄLJASPOOL MODELLEERITAVAT ALA
 - PEAVAD MUDELI ÄÄRES VEETASEMED KÄITUMA LOOGILISELT
 - IDEAALIS ON ÄÄRETINGIMUSE VEETASEMEKS LOODUSLIK VEETASE (veevõtul muutuv)
 - SURVELISES VEEKIHI LOODUSLIKU VEETASEMEGA GHB ÄÄRETINGIMUSE KASUTAMISEL TULEB ÄÄRETINGIMUSE KM VÄHENDADA
 - KUI VÄLJASPOOL MODELLEERITAVAT ALA ON OLULINE VEEVÕTT, VÕIB ÄÄRETINGIMUSE VEETASEME PANNA AJAS KA MUUTUMA, KUI SELLEKS ON PIISAVALT TEAVET
- VEEKIHI ÄÄRETINGIMUSE KÄITUMINE PÕHJAVEEVARU MUDELIS PEAB OLEMA MODELLEERIJA JAOKS ARUSAADAV JA NENDE KASUTAMISE VAJADUS LOOGILISELT PÕHJENDATAV, ILMA VAJADUSETA NEID PIGEM EI KASUTAKS

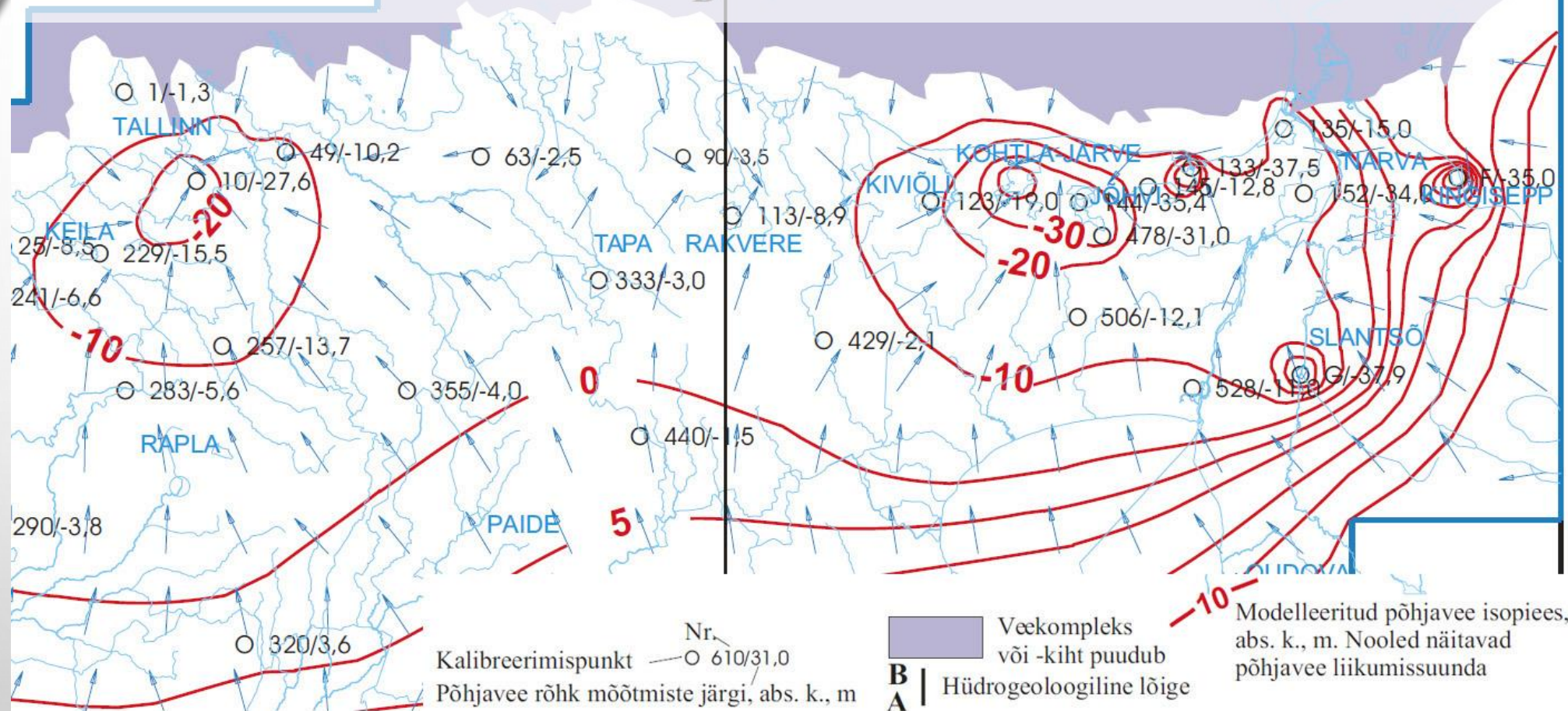
VEEKIHI ÄÄRETINGIMUSED ON OLULISED KUI KIHT JÄTKUB



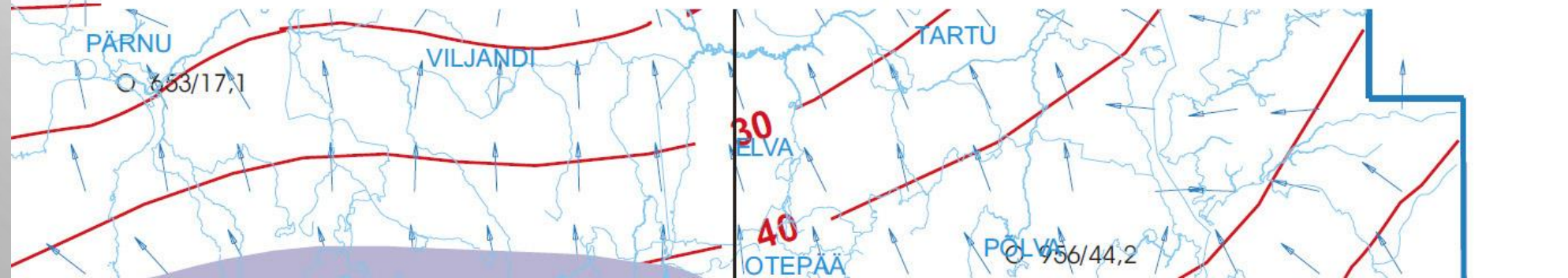
Joonis 15. Põhjavee looduslik rõhk ja liikumissuund Kambrüümi-Vendi veekompleksis ning Voronka põhjaveekihi. Autor: L. Vallner



VEEKIHI ÄÄRETINGIMUSED ON OLULISED KUI KIHT JÄTKUB



Joonis 17. Põhjavee rõhk ja liikumissuund Kambriumi-Vendi veekompleksis ning Voronka põhjaveekihis 1976. aastal. Autor: L. Vallne



OLULISED ASJAD: KIHITIDE NÄITAJAD

- PUURKAEVUDE ANDMETE (ERIDEEBIT) JA PUMPAMISKATSETE (KUI NEID ON) ANDMEID ON REEGLINA VÄHE, NEED TULEB KRIITILISELT ÜLE VAADATA JA INTERPRETEERIDA KÕIGISSE MUDELIRUUTUDESSE MIS ARVUTAVAD
 - VEEKIHI KOHTA SAAME LOOGILISE FILTRATSIOONIKOEFIITSIENTIDE (KA S_y , S_s JA EFEKTIIVPOORSUS) ÜLDVAHEMIKU, SELLES ÜLDVAHEMIKUS VÕIB NÄITAJAID MUUTA MUDELI KALIBREERIMISEL
 - MUDEL KASUTAB ARVUTUSTEL KIHIVEEJUHTIVUSE **KM** VÄÄRTUSI MISTÕTTU ON KIHIPAKSUSE MUUTLIKKUS JA SELLEST TULENEVAD VEAD KORDADES VÄIKSEMAD VÕRRELDES FILTRATSIOONIKOEFIITSIENTIDE MUUTLIKKUSE JA VIGADEGA
 - FILTRATSIOONIKOEFIITSIENTIDE ÜLDNÄITAJATEST OLULISELT ERINEVAID NUMBREID KASUTATAKSE RIKETE JUURES, RIKKE JUURES VÕIKS OLLA RIKKE MÕJU KAJASTAV VEETASEME SEIREVÕRK (REEGLINA VÄGA HARV JUHUS)


MUDELI BILANSS

- MUDELI JA SELLES VALITUD ALADE BILANSS JA SELLE MUUTUMINE AITAB MÕISTA MUDELI KÄITUMIST
- BILANSS ON ERITI OLULINE AJALISTE MUDELITE KORRAL
- PÕHJAVEEMUDELI (NN FILTRATSIOONIMUDELI) PEAL AINE TRANSPORDIMUDELI RAKENDAMISEL ON MUBELIBILANSI ANALÜÜS KOHUSTUSLIK
- PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTES ON SAGELI OTSTARBEKAS ANALÜÜSIDA MAARDLA JA/VÕI PÕHJAVEEVARU ARVESTUSPIIRKONNA VEEBILANSSI. Seda on põhjaveevaru aruannetes tehtud kuid tulemusi on vähe kajastatud senistes põhjaveevaru aruannetes

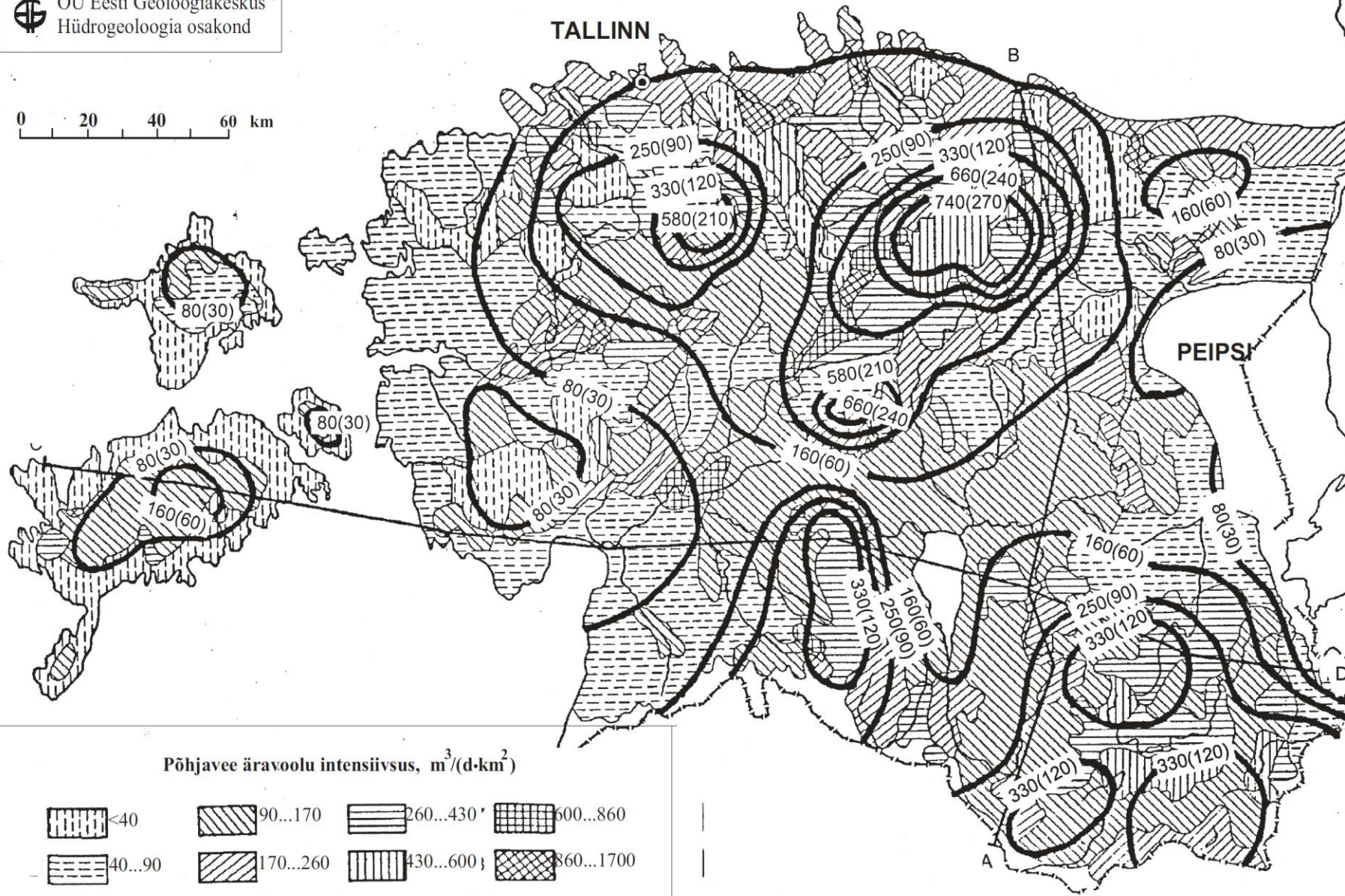
OLULISED ASJAD: ÜLEMISE MUDELIKIHI TOITUMINE

- LIIVA-KRUUSA ALADE SADEMETEST 30-60 % INFILTREERUB PÕHJAVEEKS, SAVIALADEL OLULISELT VÄHEM
- ÜLDREEGLINA VÄLDITAKSE MUDELIS LIIGSUURE SADEMETEST TOITUMISE ANDMIST. SEDA ETTEVAATUSEST KUNA SEE VÄHENDAB OLULISELT MAAPINNALÄHEDASES VEEKIHIS VEEVÕTU MÕJU ULATUST (ON OMAMOODI VARUTEGUR)
- SUURES SKAALAS PEAKS ESIMESE MUDELIKIHI TOITUMINE ÜLDJOONTES VASTAMA PEAMISELT JÕGEDE MIINIMUMÄRAVOOLUDE TUGINEVALE LEO VALLNERI TEHTUD INFILTRATSIOONIKAARDILE
 - SELLEST DETAILIDES ERINEVUSI SAAB PÕHJENDADA TUGINEDES TUGINEDE KUIVENDUSE-MAAPARANDUSE, KVATERNAARIPINNASTE KOOSTISE JA MULLAKAARTIDE ANDMETELE JNE
- ÜLEMISE MUDELIKIHI (TAVALISELT KVATERNAAR) TOITUMIST SAAB TÄPSUSTADA VEEKIHI TASEME JÄRGI, SEE EI SAAKS OLLA ÜLE MAAPINNA EBALOOGILISTES KOHTADES JA KUIV KOHTADES KUS VESI ON REAALSELT OLEMAS (LISAKS TOITUMISELE VÕIB ILMNENUD EBALOOGILISTES KOHTADES MUUTA FILTRATSIOONIKOEFIITSIENDI VÄÄRTUSI MÕISTLIKKUSE PIRES)

EESTI HÜDROGEOLOOGILINE MUDEL


 OÜ Eesti Geoloogiakeskus
 Hüdrogeoloogia osakond

0 20 40 60 km



© OÜ Eesti Geoloogiakeskus. 2002

Joonis 4. Netoinfiltratsioon ja põhjavee äravool jõevõrku. Autor: L. Vallner

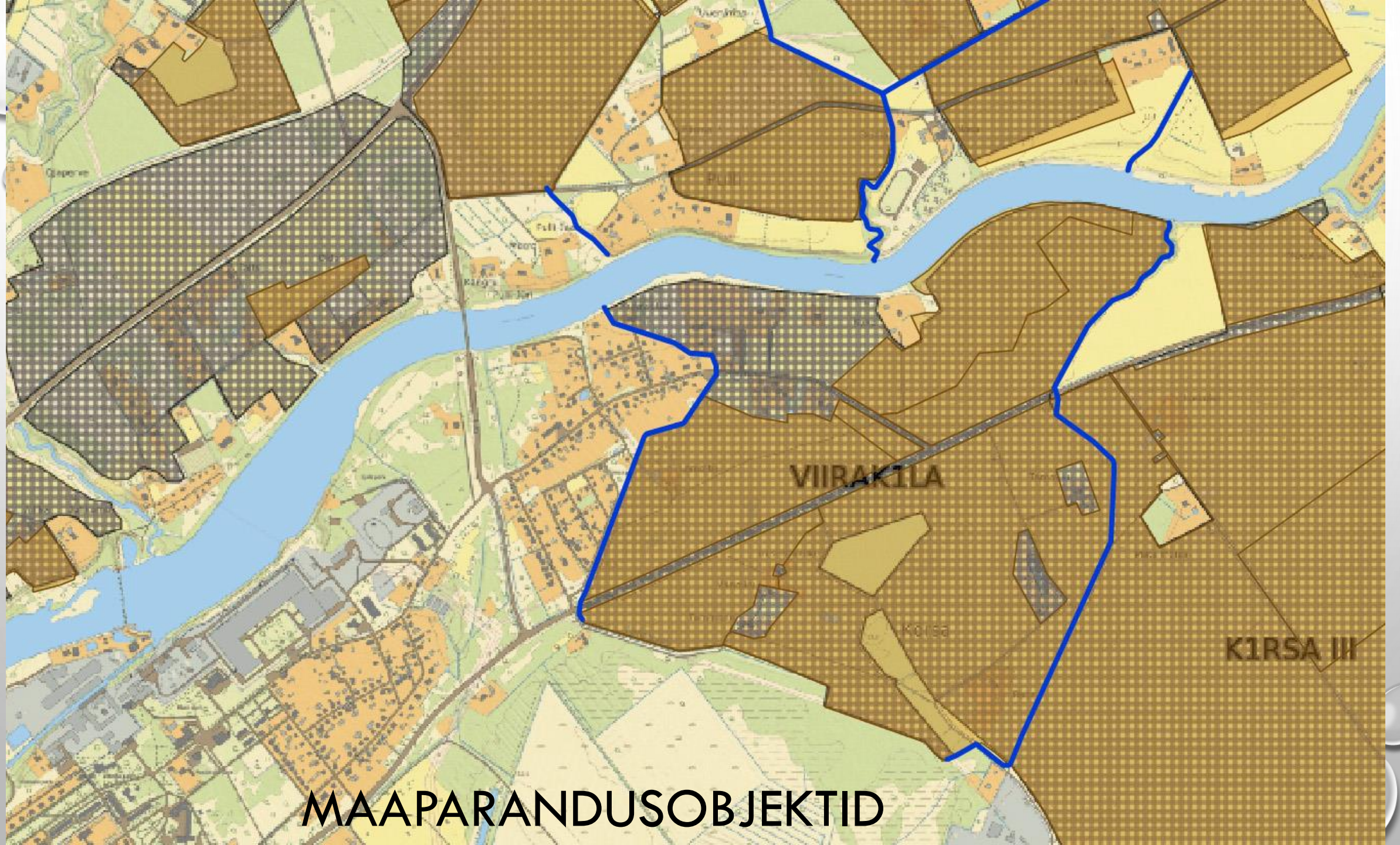
Isojooned: netoinfiltratsiooni intensiivsus, $m^3/(d \cdot km^2)$; sulgudes mm aastas

Veetaseme muutus Kvaternaari veekihis

- River
- Drain
- GHB
- Dry Cell
- Flooded Cell



KUIVAD JA ÜLE MAAPINNA TASEMEGA
ALAD SINDI PÕHJAVEEMUDELIS



MAAPARANDUSOBJEKTID

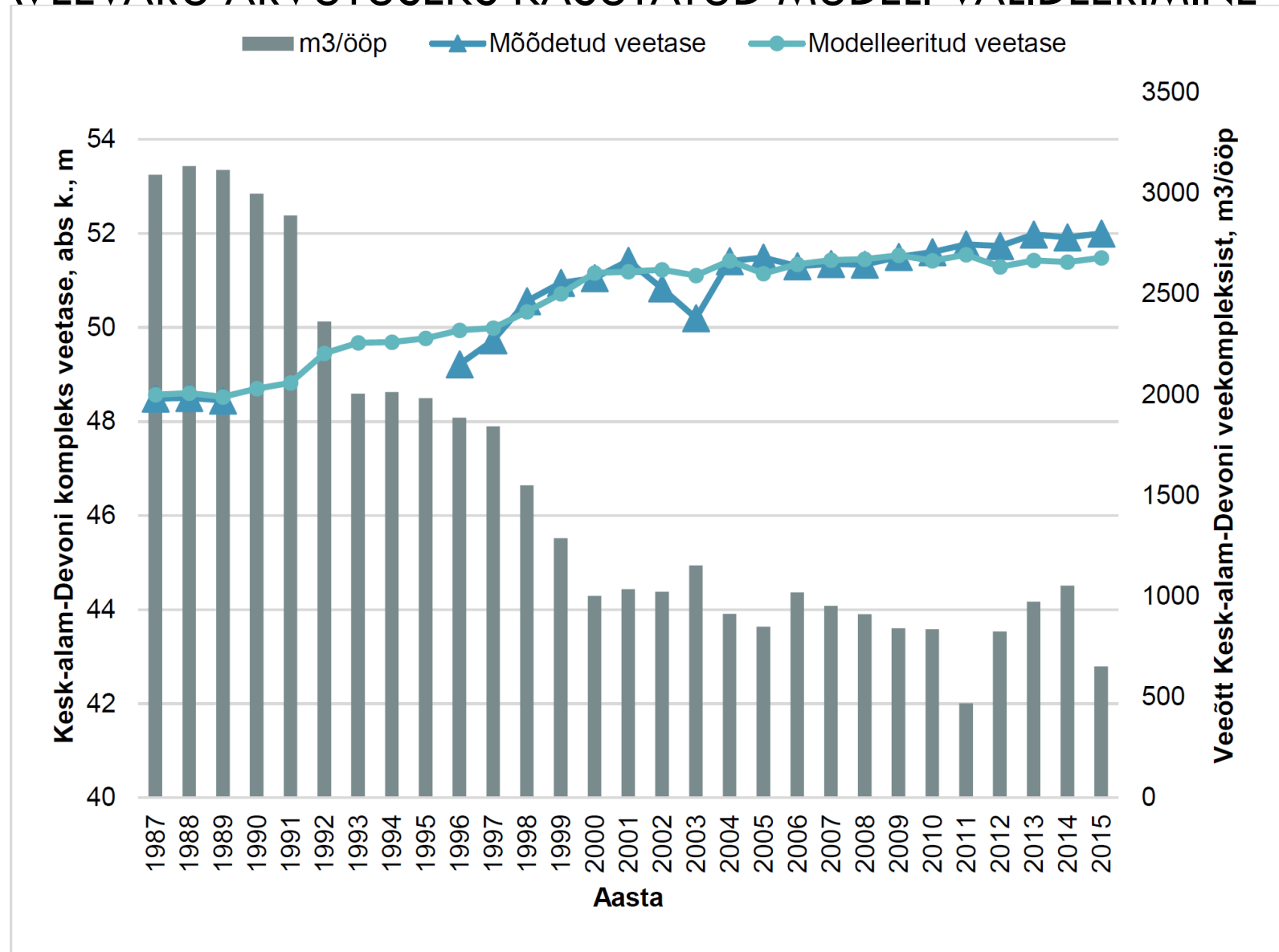
VEEL MÕNED TÄHELEPANEKUD

- KÕIGE OLULISEM PÕHJAVEEVARU ARVUTUSEKS – MUDELDAJA PEAB ARU SAAMA MIDA TA TEEB. KUIDAS MUDELISSE VIIDAVAD NÄITAJAD JA TINGIMUSED TULEMUSI MÕJUTAVAD, SUUTMA VALITUD LAHENDUST JA KASUTATUD NÄITAJATE ARVÄÄRTUSI LOOGILISELT PÕHJENDADA
 - SEEGA MUDELIS PEAKSID OLEMA VAID ASJAD, MIS ON SELLE KASUTAMISE EESMÄRGIST LÄHTUVALT HÄDAVAJALIKUD
 - UNIVERSAALSET KÕIGEKES SOBIVAT PÕHJAVEEMUDELIT PÕHJAVEEVARU ARVUTUSTEKS ENAMASTI POLE VAJA TEHA (KEERUKAIMAD ON MAAPINNALÄHEDASE PÕHJAVEEKIHIS)
- PÕHJAVEEMUDELID RIKASTAVAD MUDELDAJA HÜDROGEOLOOGILISI TEADMISI KUID SELLEST EI PIISA.
 - PÕHJAVEEMUDEL SAA MUUTUDA ASJAKS ISEENESES MISTÕTTU TULEB RÕHUTADA TEGELIKE MÕÕTMISTE OLULISUST
- MUGAV JA KIIRE ON KASUTADA SUURE RESOLUTSIOONIGA MONITORI PRINTSCREENE MUDELIS MUUDETUD NÄITAJA MÕJUST ARUSAAMISEKS (KULENUSTE VÕRDLEMISEL)

PÕHJAVEEVARU ARUANDES ON VAJALIK ESITADA

- PÕHJAVEEVARU ARVUTAMISEKS KOOSTATUD PÕHJAVEEMUDELI KIRJELDUS
- KUI ALAL ON OLNUD EELNEV OLULINE PÕHJAVEEVÕTT TULEB MUDELI VALIDEERIMISEKS NÄIDATA VARASEMATE AASTATE VEEVÕTU JA VEEHAARETE PAIGUTUSE JUURES MUDELI KOKKULANGEVUS VEETASEMETE MÕÕTMISTULEMUSTEGA
- PÕHJAVEEKIHI HÜDROGEOLOOGILISED PARAMETRITE ISELOOMUSTUS, SH LAMAVA JA LASUVA VEEPIDEME HÜDROGEOLOOGILISED OMADUSED, RIKKEVÖÖNDITE MÕJU, PÕHJAVEEVARU TOITUMISTINGIMUSED, PÕHJAVEEMUDELI ÄÄRETINGIMUSTE ISELOOMUSTUS (SH, PINNAVEEKOGUD).
- MODELLEERIMISEL TULEB ARVESTADA VAJADUSEGA KÄSITLEDA PÕHJAVEEVARU KASUTAMISE MÕJU HINNANGUT TEISTELE VEEHAARETELE (SEALHULGAS ÜKSIKMAJAPIDAMISTE KAEVUDELE), PÕHJAVEEKOGUMITELE, EHITISTELE JA PINNAVEEKOGUDELE NING ÜLDISELE ÖKOLOOGILISELE SEISUNDILE.

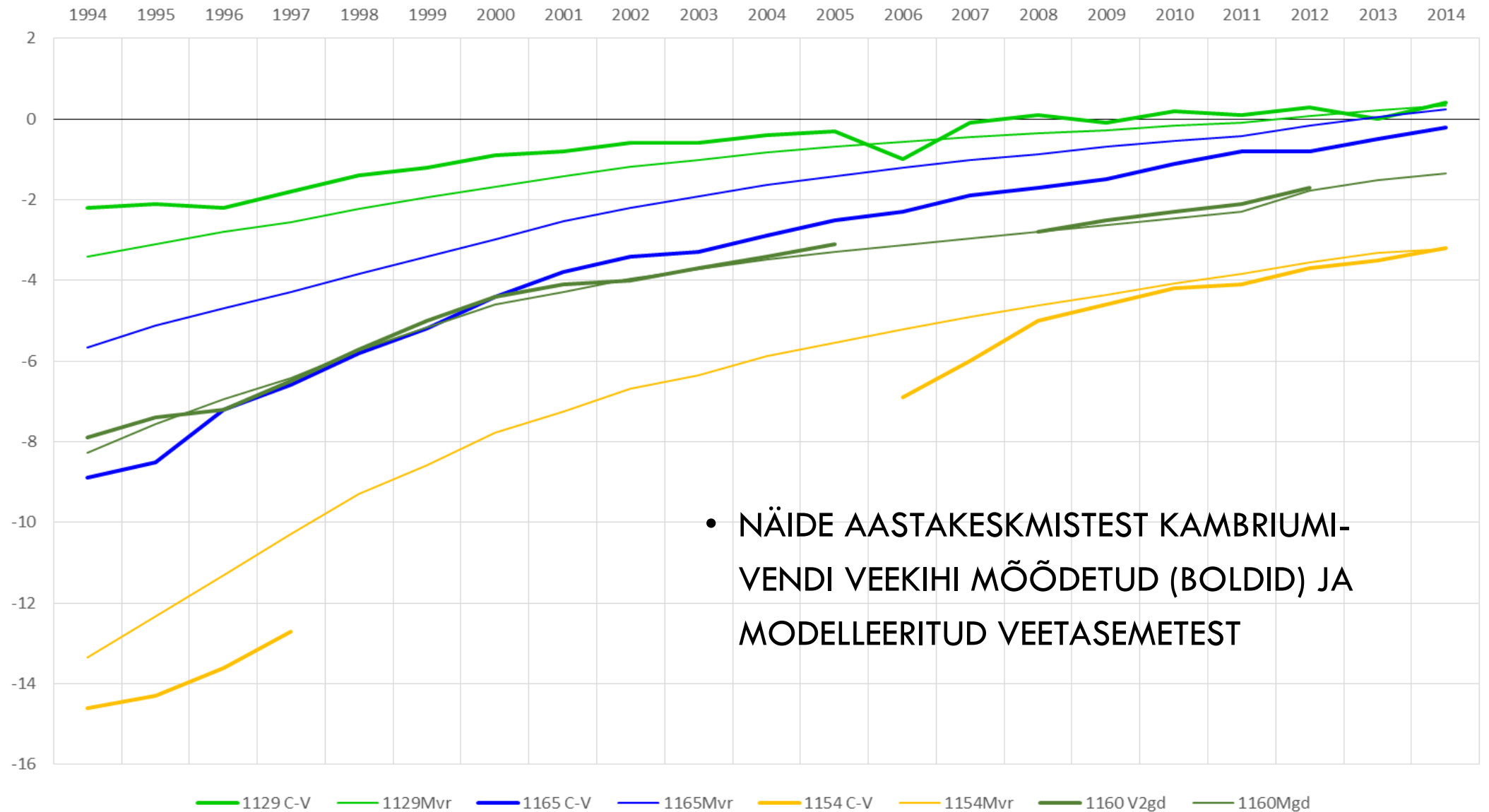
PÕHJAVEEVARU ARVUTUSEKS KASUTATUD MUDELI VALIDEERIMINE



JOONIS 38. MUDELI POOLT ARVUTATUD JA MÕÕDETUD VEETASEMED KESK-ALAM-DEVONI VEEKOMPLEKSIS

PÕHJAVEEVARU ARVUTUSEKS KASUTATUD MUDELI VALIDEERIMINE

Jõelähtme-Kuusalu-Kehra-Kiili C-V seirekaevud ja modelleeritud veetasemed neis



- NÄIDE AASTAKESKMISTEST KAMBRIUMI-VENDI VEEKIHI MÕÕDETUD (BOLDID) JA MODELLEERITUD VEETASEMETEST

TÄNAN TÄHELEPANU EEST

OKTOOBRI VALMIV

PÕHJAVEEVARU HINDAMISE JUHEND KÄSITLEB KA
PÕHJAVEEMUDELITE KASUTUST PÕHJAVEEVARU ARUANDE
KOOSTAMISEL

TÖÖ MUDELIGA ON VAID OSA PÕHJAVEEVARU ARUANDEST