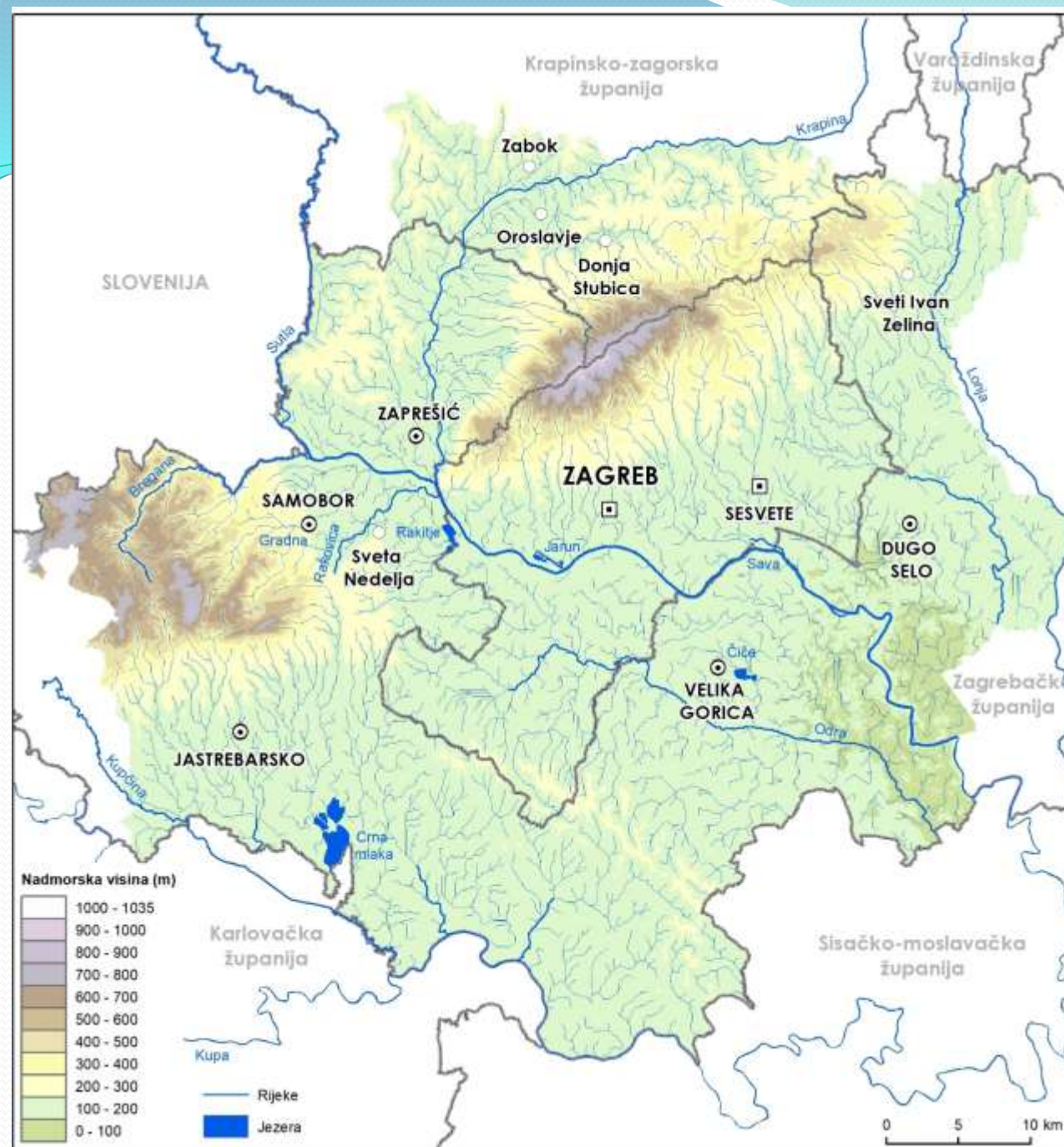


Vodni resursi Zagreba

Izv. prof. dr. sc. Ivan Čanjevac

Vodni resursi Zagreba

- Cijelo područje Urbane aglomeracije Zagreba (UAZ) smješteno je u poriječju Save koja preko Dunava pripada slijevu Crnoga mora.
- Zahvaljujući prirodnogeografskim obilježjima, prije svega geološkoj građi, reljefnim i klimatskim obilježjima promatrano područje obilježava bogatstvo površinskih i podzemnih vodnih resursa.
- **Bogatstvo površinskih vodnih resursa** očituje se u gustoj i razvijenoj mreži tekućica u kojoj dominira rijeka Sava a bogatstvo podzemnih voda postojanjem **izdašnih zaliha podzemnih voda**, u prije svega strateški važnom savskom aluvijalnom vodonosniku.



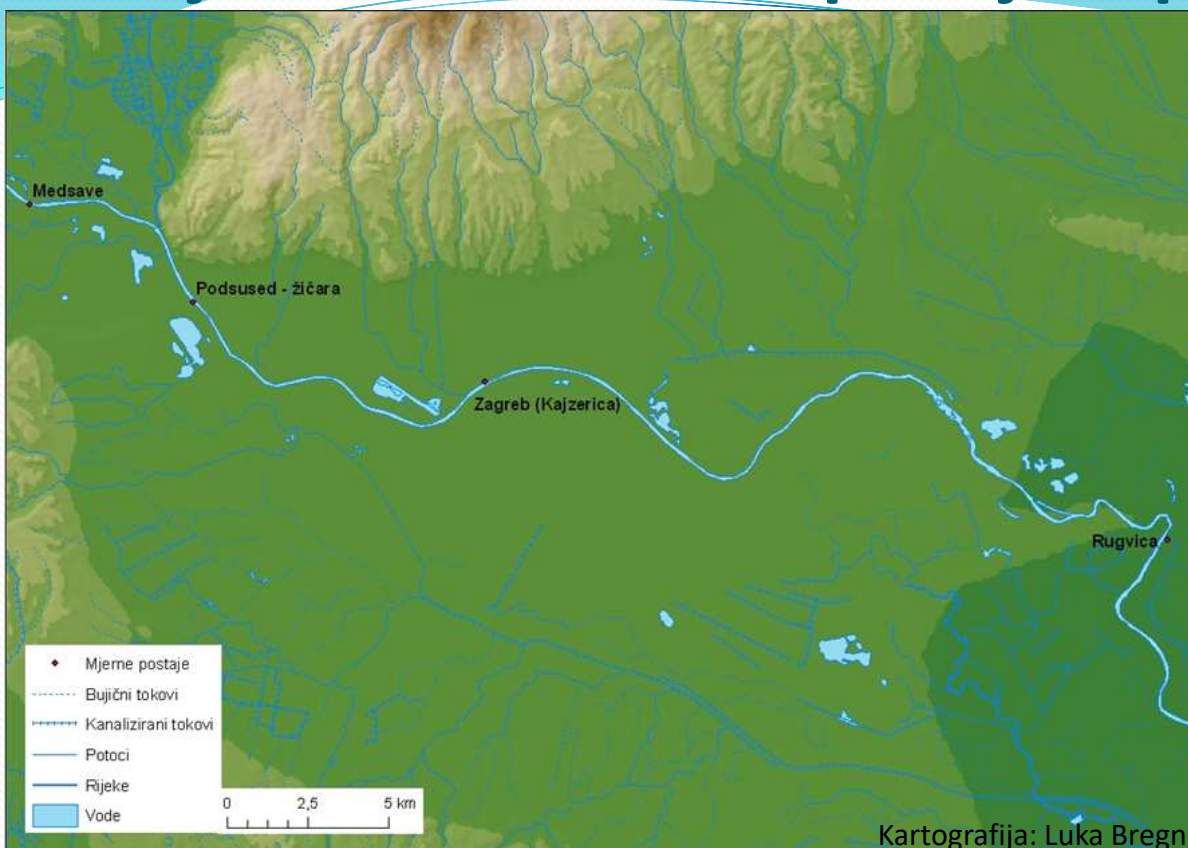
Više predjele (Medvednica, Žumberak, Samoborsko gorje) općenito obilježavaju relativno kraći, strmiji vodotoci koji naglo prelaze u nizine.

Veliki dijelovi južnog (poriječje Lomnice-Odre), istočnog (Črnc polje) i jugozapadnog (zavala Crne Mlake) dijela UAZ-a su prirodne retencije ili područja slična tim obilježjima s usporenim, vijugavim vodotocima te čestim plavljenjem i zadržavanjem vode (+ donji dio Krapine, Sutle, Lonje sa Zelinom).

Prirodni procesi su dijelom izmijenjeni hidrotehničkim radovima kojima se kontrolira zadržavanje vode.

Sve su to područja koja su izložena opasnosti visokih voda velike i srednje vjerojatnosti (stogodišnji povratni period) pojave.

Pojas medvedničkih prisojnih potoka



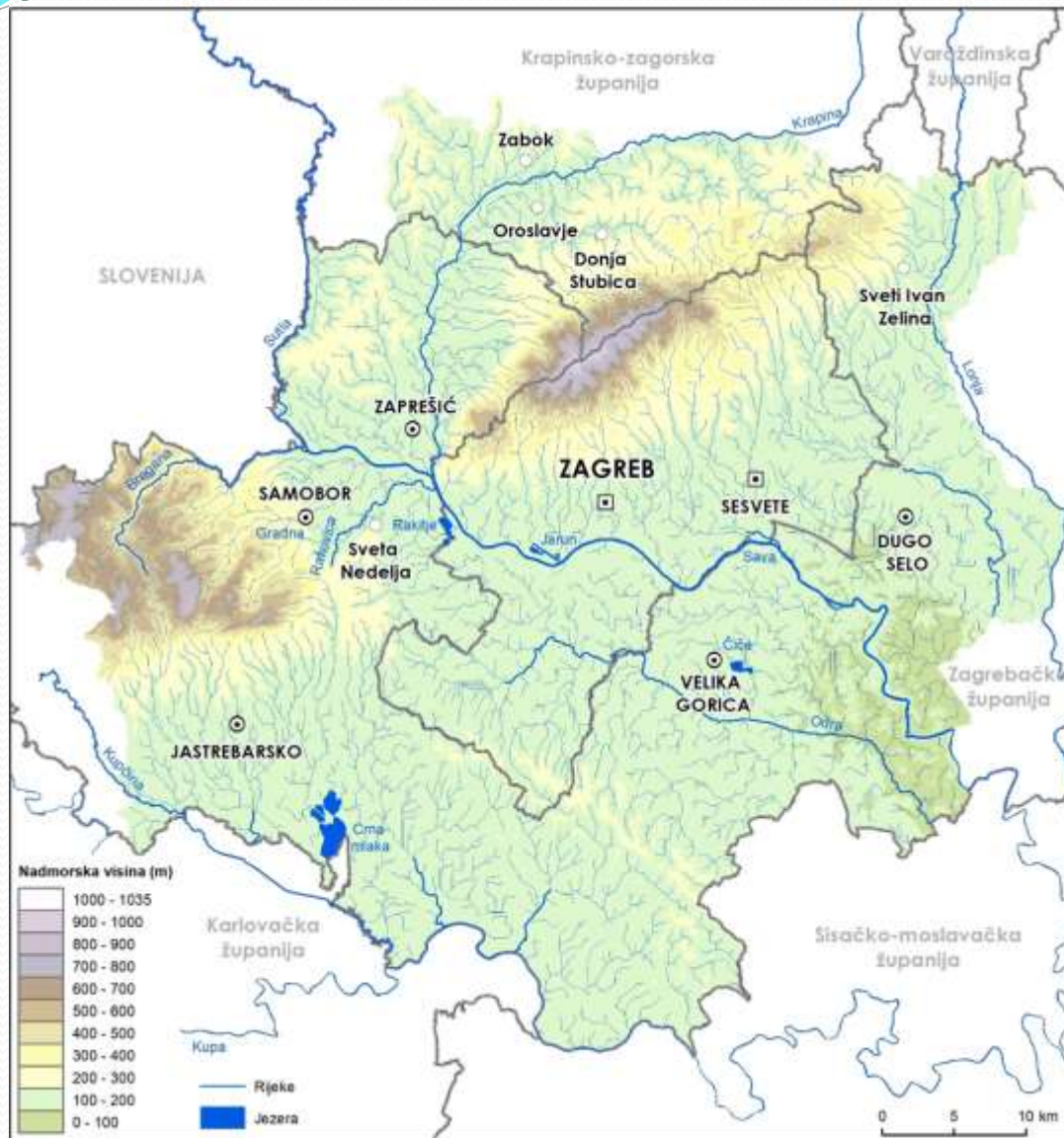
- izdvaja se brojnošću i snagom gorskih tekućica
- kraće tekućice, uglavnom pružanja sjever-jug, koje izvire u gornjoj zoni Medvednice
- u početku većeg pada (vodne i erozijske snage) koji se spuštanjem u savsku ravnicu smanjuje

- medvednički potoci su oduvijek vrlo značajni u razvoju i funkcioniranju grada jer su stalni i imaju prirodan pad (Zagreb se upravo i razvio uz njih a ne uz Savu); u prošlosti su korišteni za pranje i pokretanje vodeničkih kola te su ugrožavali grad čestim poplavama
- današnji značaj im je znatno izmijenjen; poplavljanje je izgradnjom gorskih retencija prestalo te su većim dijelom kanalizirani, nadsvođeni i dijelom se koriste za odvodnju otpadnih voda sjevernih i središnjeg dijela grada; doline potoka su bile i ostale prometni koridori od višestrukog značaja za razvoj grada i njegove sjeverne okolice
- imaju lokalni značaj te se voda koristi za umjetno zasnježivanje, planinarske domove i ostale potrebe u rekreacijsko-turističkoj zoni Zagreba

Šestinske pralje



Prisavska ravnica



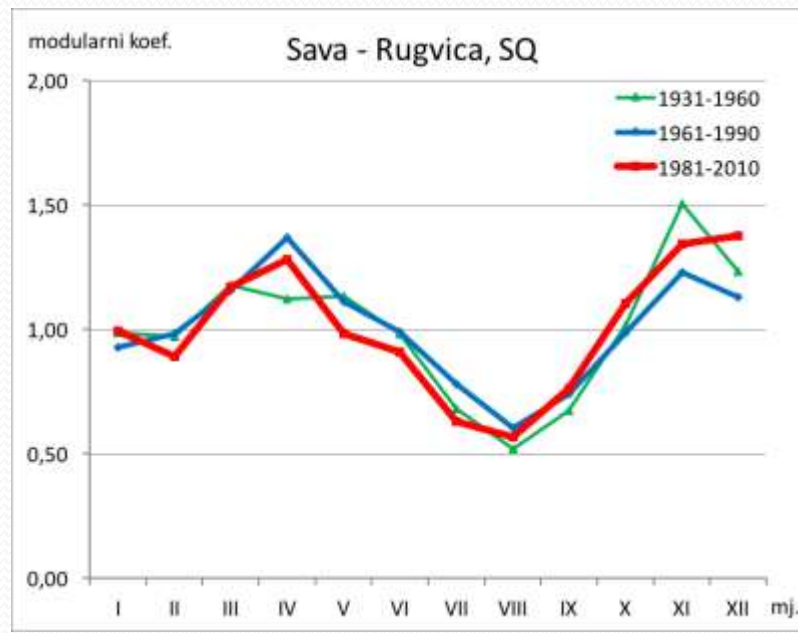
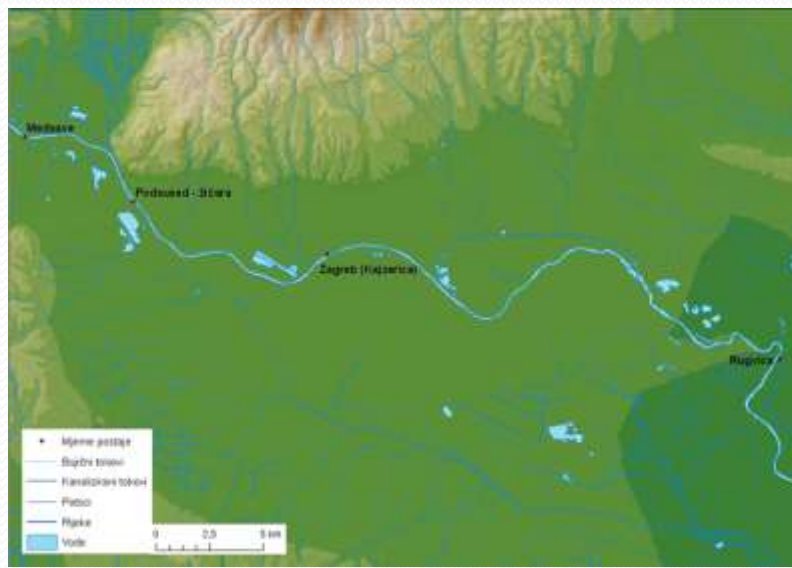
- predstavlja hidrografsku okosnicu zagrebačke regije

- Sava je višestruko najvažnija tekućica koja je utjecala i utječe na Zagreb i njegovu urbanu aglomeraciju

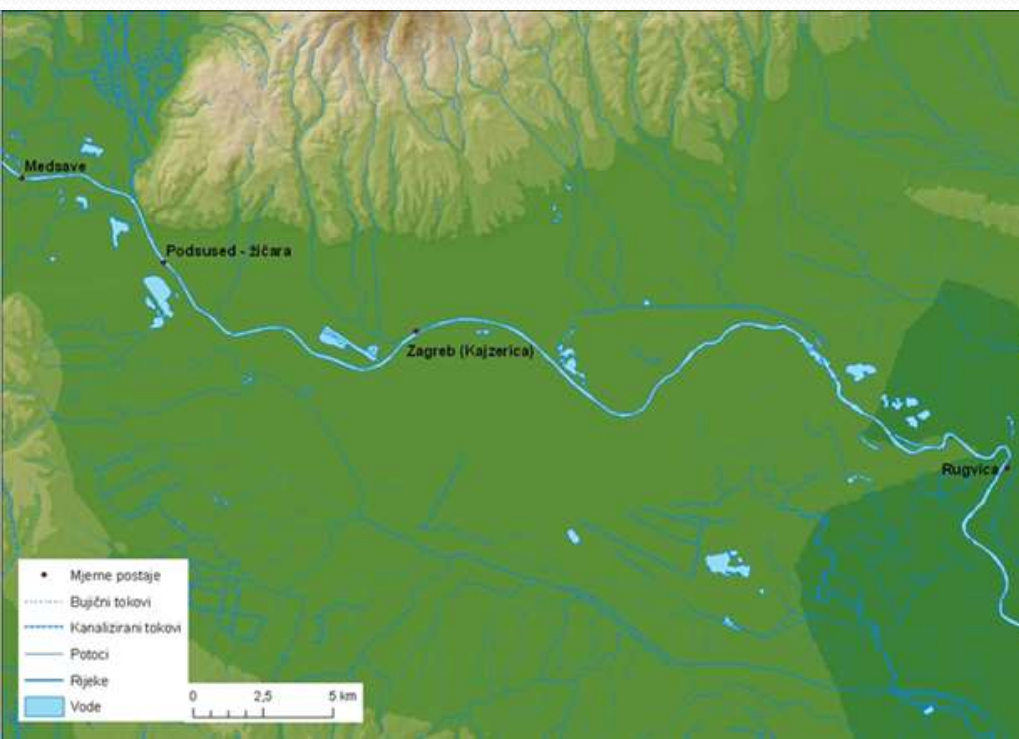
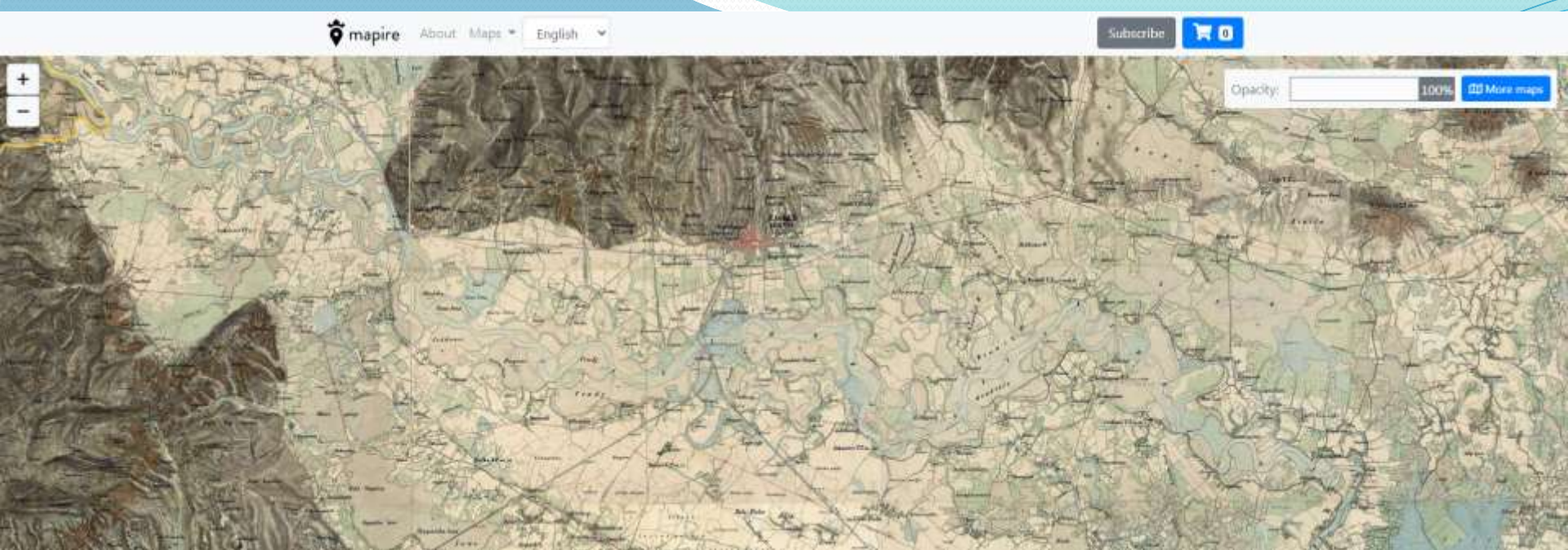
- to je prostor od ulaza Save u Hrvatsku na SZ do Lonjskog polja na JI

- uključuje i ravnicu Odre te manje i kraće aluvijalne tokove, koji s izdašnom podzemnom vodom u debelim naslagama šljunka čine **hidrografski povezan kompleks**

- okosnicu čini rijeka **Sava**, prema bogatstvu vode najveći prtok Dunava, koja odvodnjava čitavi prostor prema jugoistoku, odnosno Crnom moru (u RH duga 562 km te odvodnjava oko 43% površine RH)
- Sava utječe u promatrani prostor iz Slovenije s prosječnim godišnjim protokom od oko 300 m³/s; vodostaj i protok Save u širem zagrebačkom području imaju negativan trend te dosta variraju (100 do >3000 m³/s) što za posljedicu ima naglašenu prostornu i vremensku varijabilnost širine i dubine korita kroz pojačanu bočnu (više naglašena u prošlosti) te dubinsku eroziju
- protočni režim Save ima prijelazna obilježja no možemo reći da joj je režim Peripanonski kišno-snježni (pluvio-nivalni) s primarnim jesenskim i sekundarnim proljetnim maksimumom te izraženim ljetnim i sekundarnim zimskim minimumom protoka (Čanjevac, 2013); prijelazna obilježja daje povremena pojava godina s naglašenijim proljetnim maksimumom.

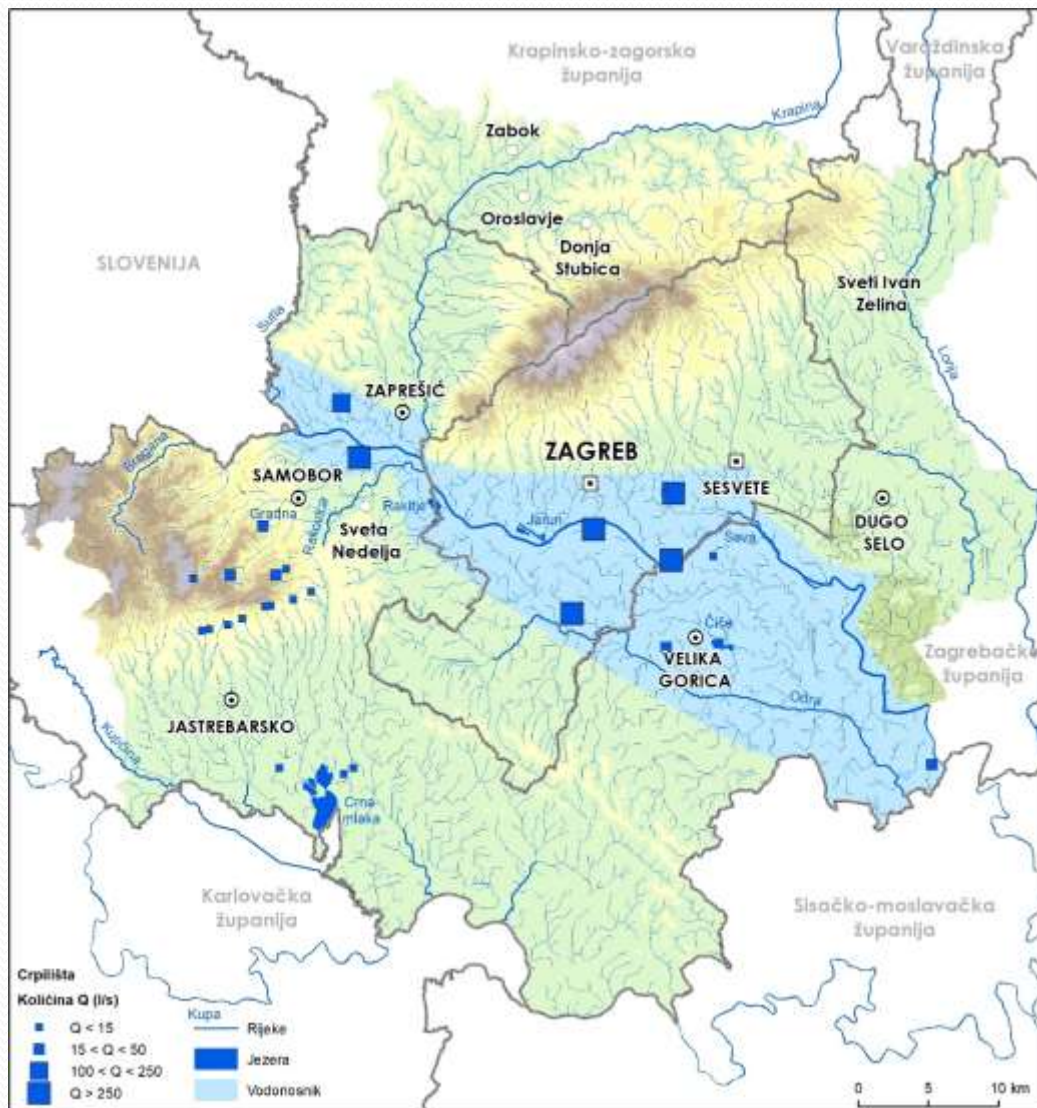


- Sava prema hidromorfološkim obilježjima kod Zagreba prelazi iz mehanizma gornjeg (brdsko-planinskog) toka prema mehanizmu srednjeg i donjeg odnosno nizinskoga toka. To se očituje kroz vrijednosti pada korita Save na dionicama: Čatež – Podsused 0,79 ‰, Podsused – Zagreb 0,66‰, Zagreb – Rugvica 0,43 ‰, Rugvica – Galdovo 0,03 ‰ (Friganović 1964. prema Ilešić, 1953.).
- Takav prijelaz uzrokovao je pad transportne moći rijeke i taloženje veće količine sedimenata (šljunaka) te pojave čestih poplava; danas su ti procesi dijelom antropogeno izmijenjeni.
- Sava nizvodno od Zaprešića, odnosno od Susedgradskog suženja (između Medvednice i Samoborskog gorja), teče isključivo kroz svoje nanose te se usijeca u vodonosnik. Dominacija njezina toka vidljiva je iz činjenice da do Susedgradskog suženja prima desne pritoke iz Žumberka i Samoborskog gorja, a nakon njega do Siska ne prima niti jedan desni pritok. Slična situacija je i nizvodno od Rugvice, gdje ponovno radi svoje dominacije odgađa utok Lonje sve do šireg prostora Lonjskog polja.



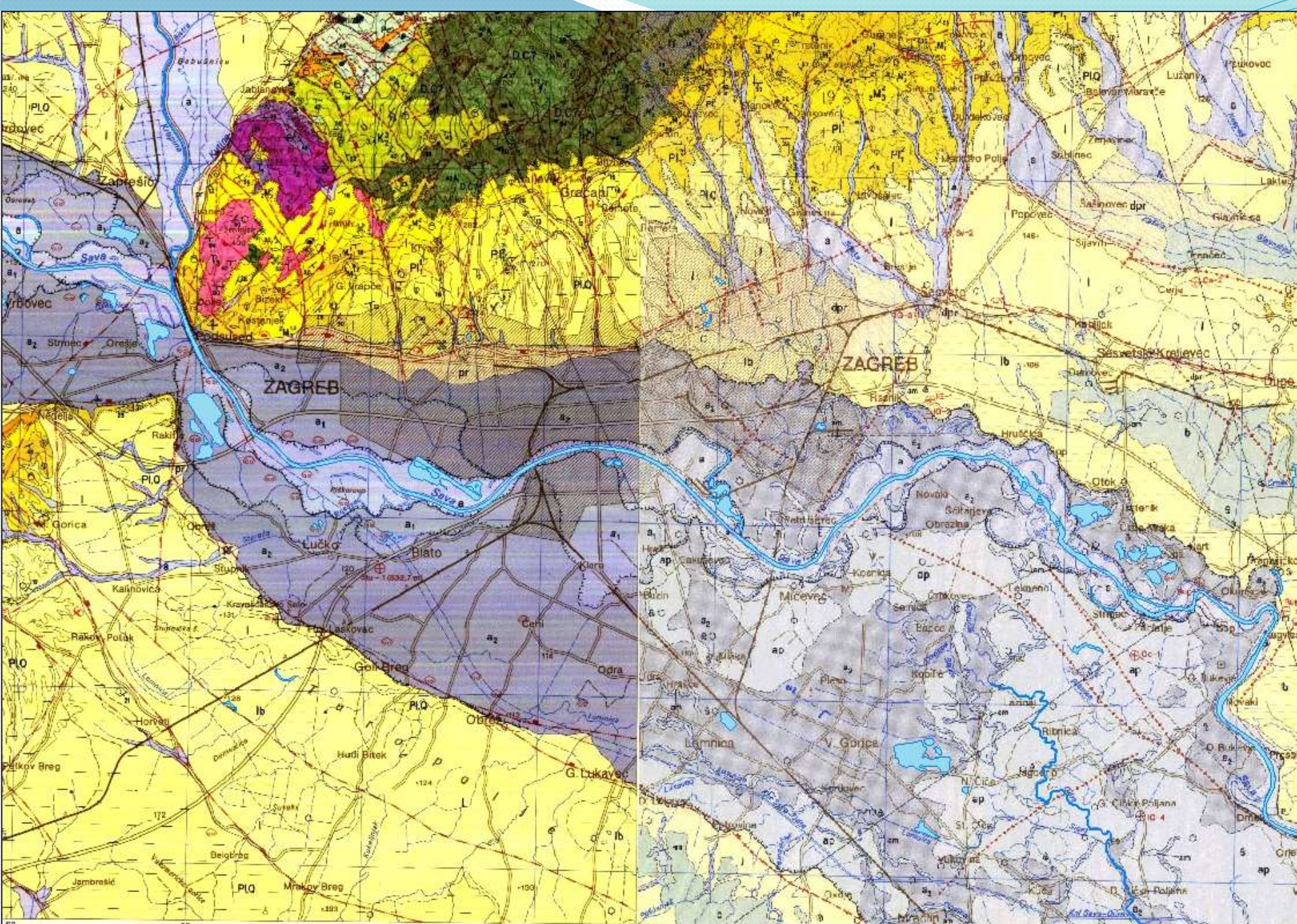
Idući nizvodno od ulaza u RH, Sava više krivuda i ostatci meandriranja su brojniji što se odražava u prostornim (krajobraznim) elementima poput meandara (zavoja) i mrtvica.

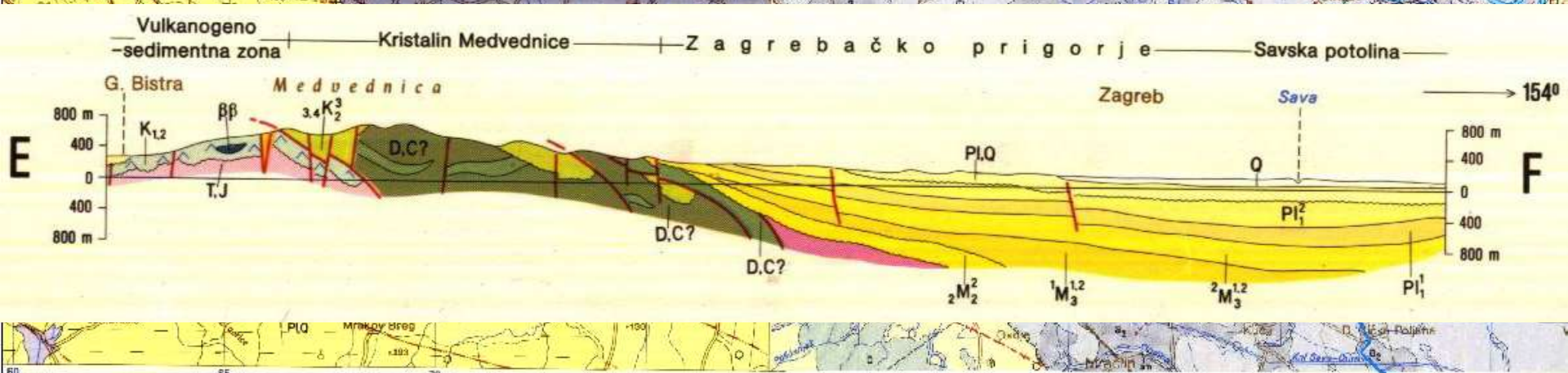
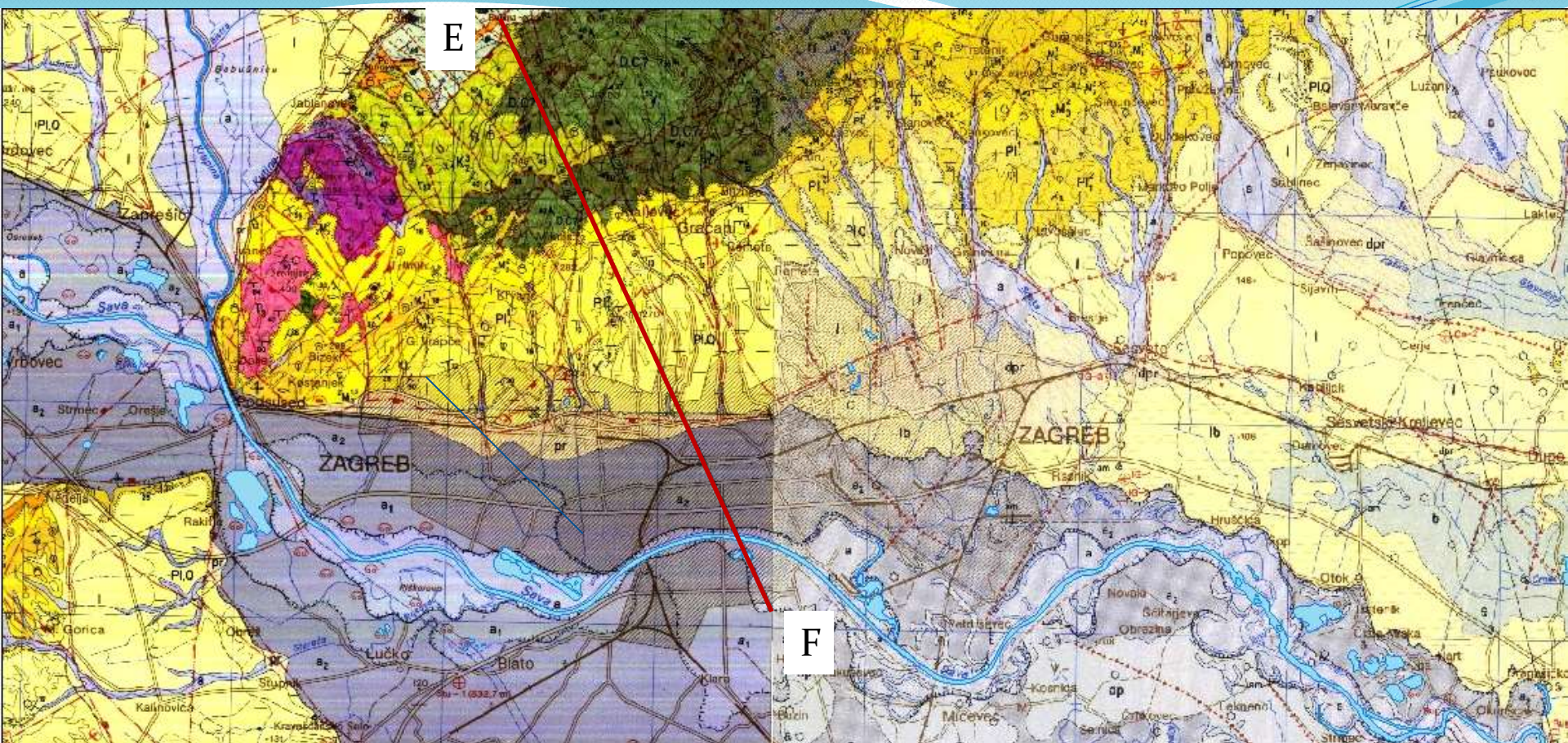
Prisavska ravnica prostor je izrazite interakcije i međuovisnosti površinskih i podzemnih voda te debelih naslaga šljunka koje čine **aluvijalni zagrebački i samoborsko-zaprešićki vodonosnik**.

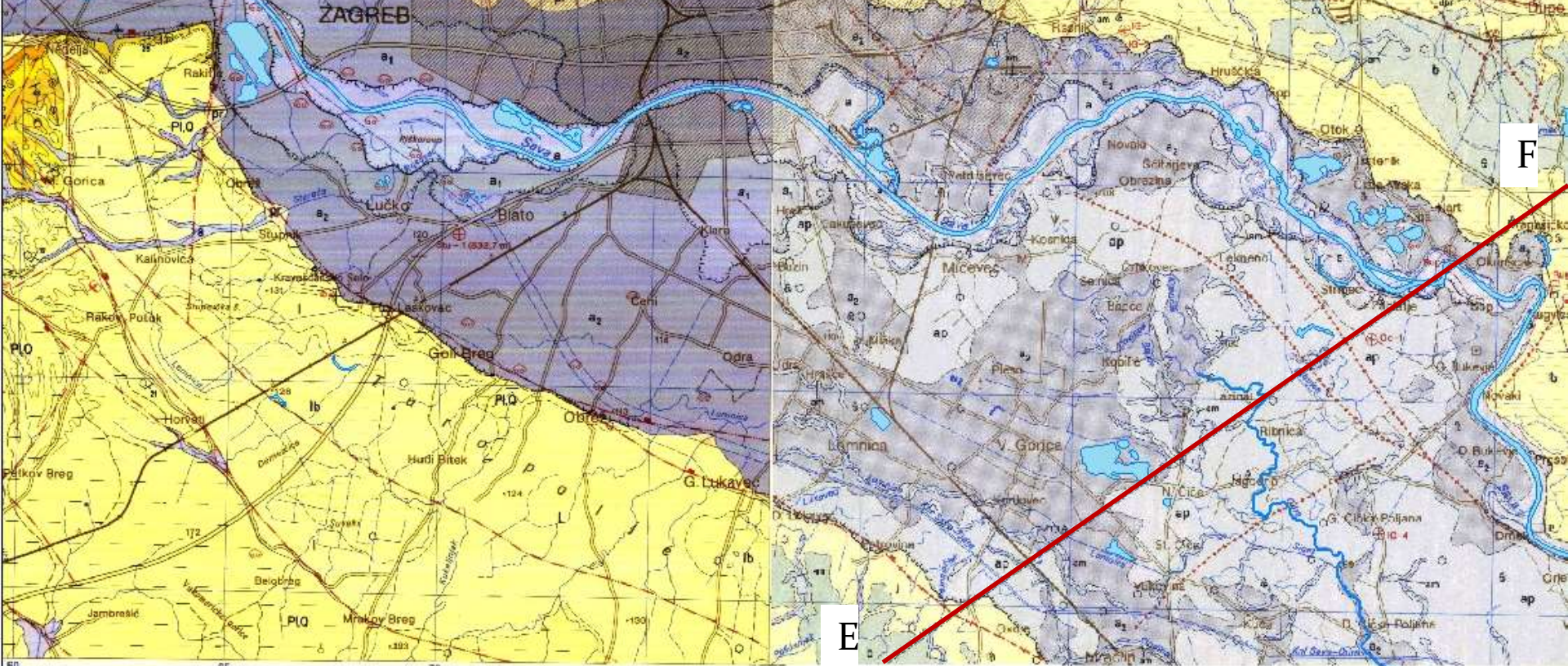
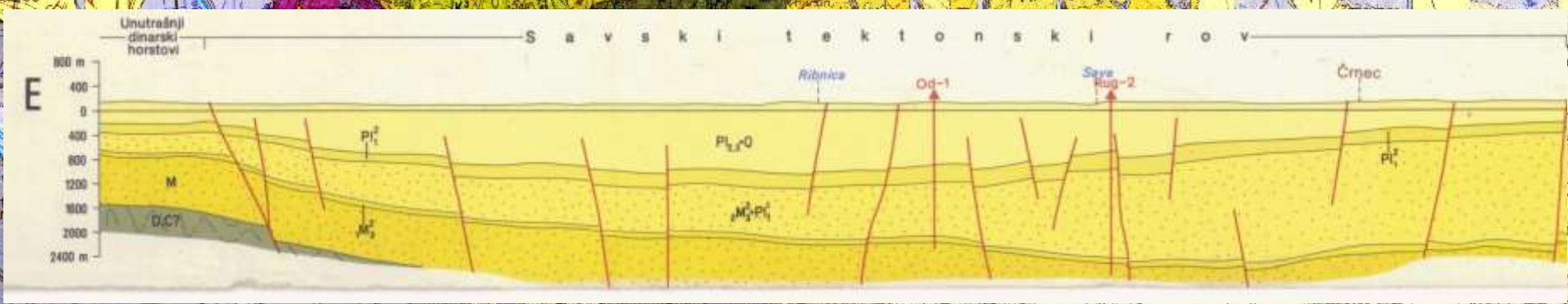


Navedeni vodonosnici predstavljaju sa stajališta vodoopskrbe najvrjedniji vodni resurs Zagreba i Zagrebačke županije

Prostiranje vodonosnika i položaj vodocrpilišta u UAZ;
kartografija: dr. sc. Ivan Šulc







Kvartarni vodonosnik

- Pokrovni horizont
 - Debljina varira, cca 7 m; pijesak i pjeskovite gline
 - Ne postoji uz sami vodotok
- Vodonosni horizont
 - Uglavnom šljunak i pijesak
 - Debljina se povećava prema istoku; u Zagrebu uglavnom 10-15 m, mjestimično 5 (Podsused) – 70 (Petruševac) m
 - Hidraulička provodljivost:
 - Na zapadu: 0,01 m/s; središnji dio: 0,004 – 0,008 m/s; rubni dijelovi: 0,002 m/s
- Podinski horizont
 - Šljunkovite gline u gornjem sloju; barski les u donjem (provodni sloj)
 - Hidraulička provodljivost: 0,000001 m/s
- Drugi vodonosni horizont
 - U istočnom dijelu na dubinama većim od 35 m; debljine 20-30 m
 - Hidraulička provodljivost: 0,004 m/s

Za potrebe vodoopskrbe uglavnom se koristi plići aluvijalni dio vodonosnika (uglavnom karbonatni šljunci) koji je u izravnoj vezi s rijekom Savom. Iznad aluvijalnog vodonosnika nalaze se slabo propusne naslage koje su u pravilu deblje prema istoku i rubovima ravnice.

Korito Save je u ovom prostoru usječeno u vlastiti aluvij, odnosno vodonosnik te zajedno s njim čini hidrauličku cjelinu. Ona se ogleda kroz procese prihranjivanja vodonosnika vodama Save za viših vodostaja te odvodnjavanjem (otjecanjem) vode iz vodonosnika za nižih vodostaja.

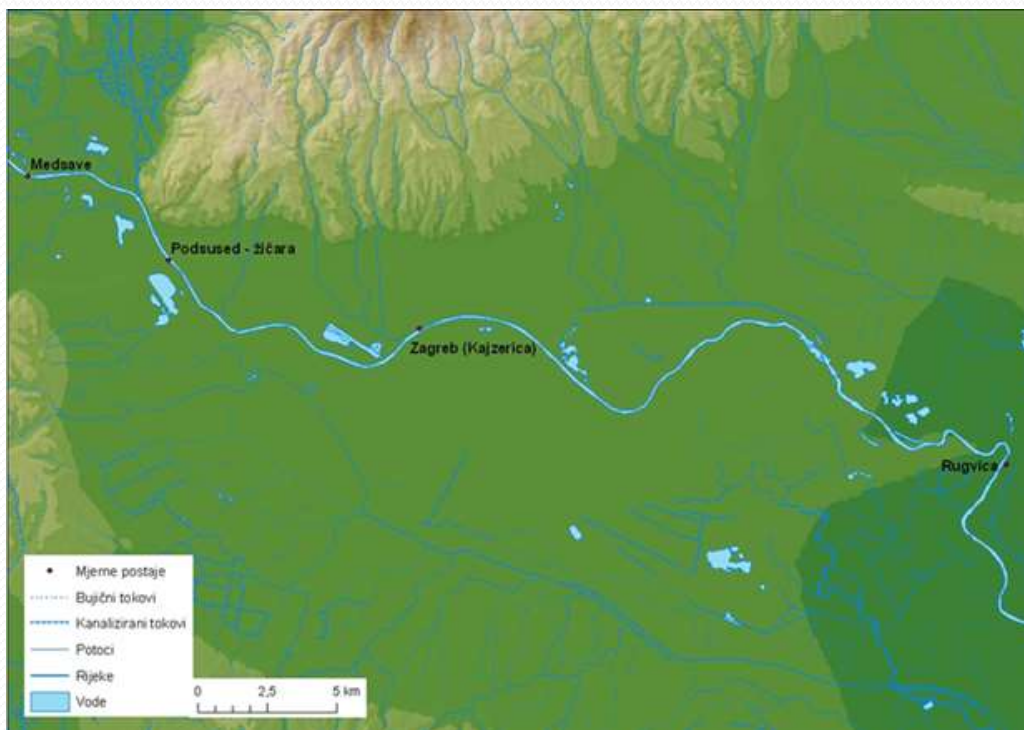
Doprinos Save u obnavljanju količina podzemne vode iznosi preko 70 % (Nakić i dr., 2016 prema Miletić i Bačani, 1999).

Vodostaji jezera i šljunčara izravno su ovisni o Savi.



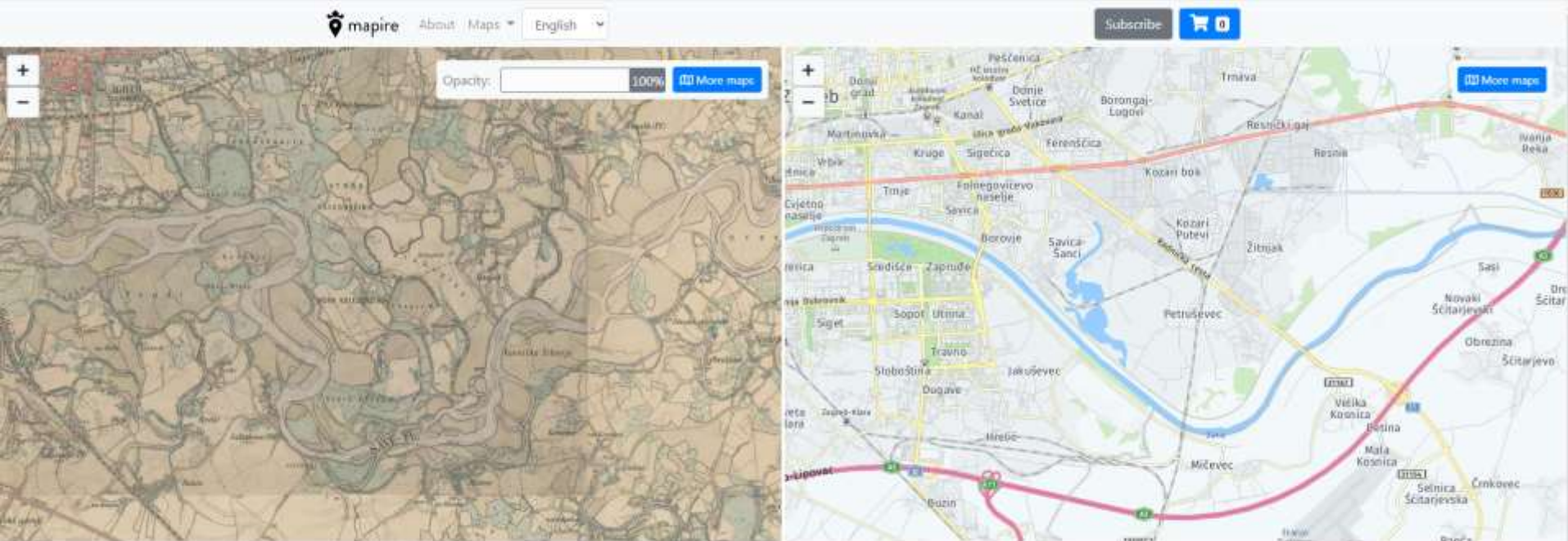
Nizvodno od Zagreba podzemna voda istječe na površinu što je posljedica dotoka podzemne vode sa zapadnog i južnog dijela ravnice, te iz rijeke Save u neotektonsku depresiju.

Posebno je to izraženo u vrijeme visokih vodostaja. Na taj se način formira Odra koja teče prisavskom ravnicom između Vukomeričkih gorica i rijeke Save, a predstavlja sabirnicu voda koje dotječu Lomnicom, dijelom s Vukomeričkih gorica, a dijelom s područja Črakovca. Odra je tipična nizinska rijeka s minimalnim padom, usporima i poplavnim površinama. Dijelom je regulirana, a u nju se ulijeva i odteretni kanal Sava-Odra.

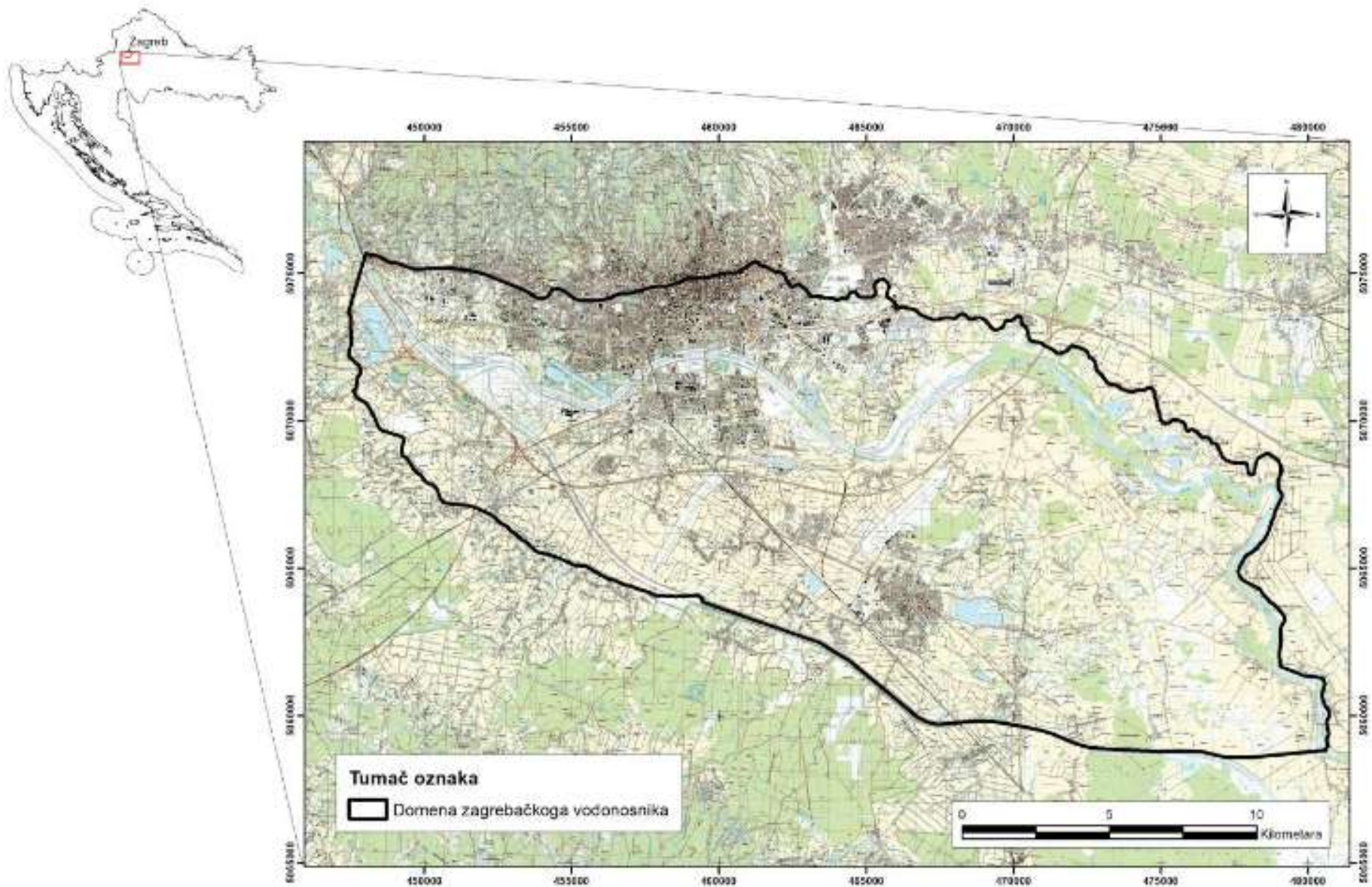


Analiza vodostaja i protoka Save na širem području Zagreba u posljednjih šezdesetak godina pokazala je negativan trend prosječnih i minimalnih protoka Save, dok istovremeno postoji trend porasta maksimalnih godišnjih protoka (Bonacci i Oskoruš, 2014).

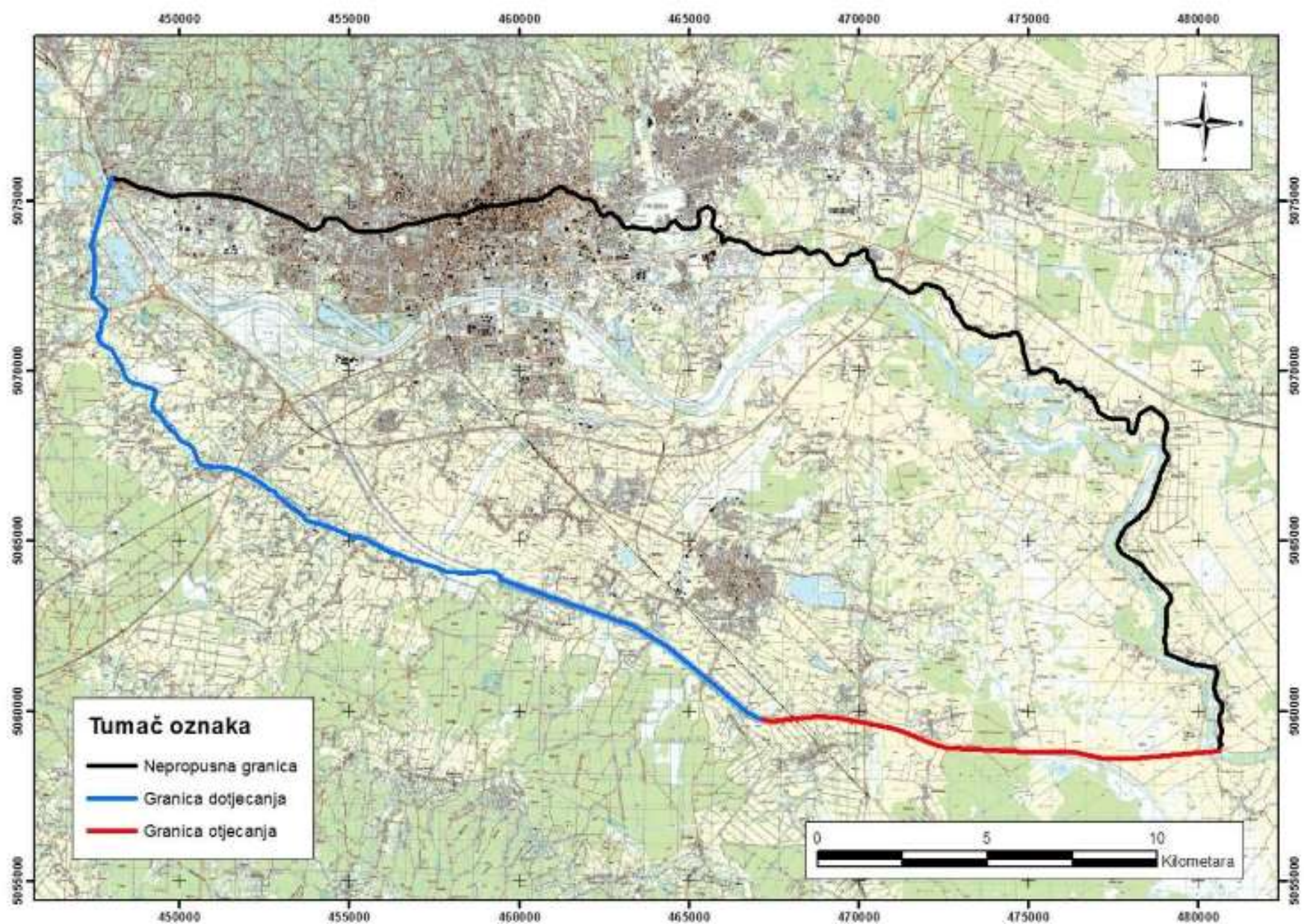
Sniženje savskih vodostaja prati i sniženje razina podzemne vode za oko 2 m (Brkić i dr., 2016). Posljedica je to većim dijelom antropogenih čimbenika kao što su izgradnja hidroelektrana u Sloveniji (u planu još nekoliko), hidrotehničkog uređenja pritoka Save te izgradnja nasipa i regulacija korita Save koje je dovelo do pojačane dubinske erozije i produbljivanja korita (dijelom ublaženo izgradnjom stuba u koritu kod toplane Zagreb – teren!) te smanjene infiltracije savskih voda u podzemlje.



Synchronized view

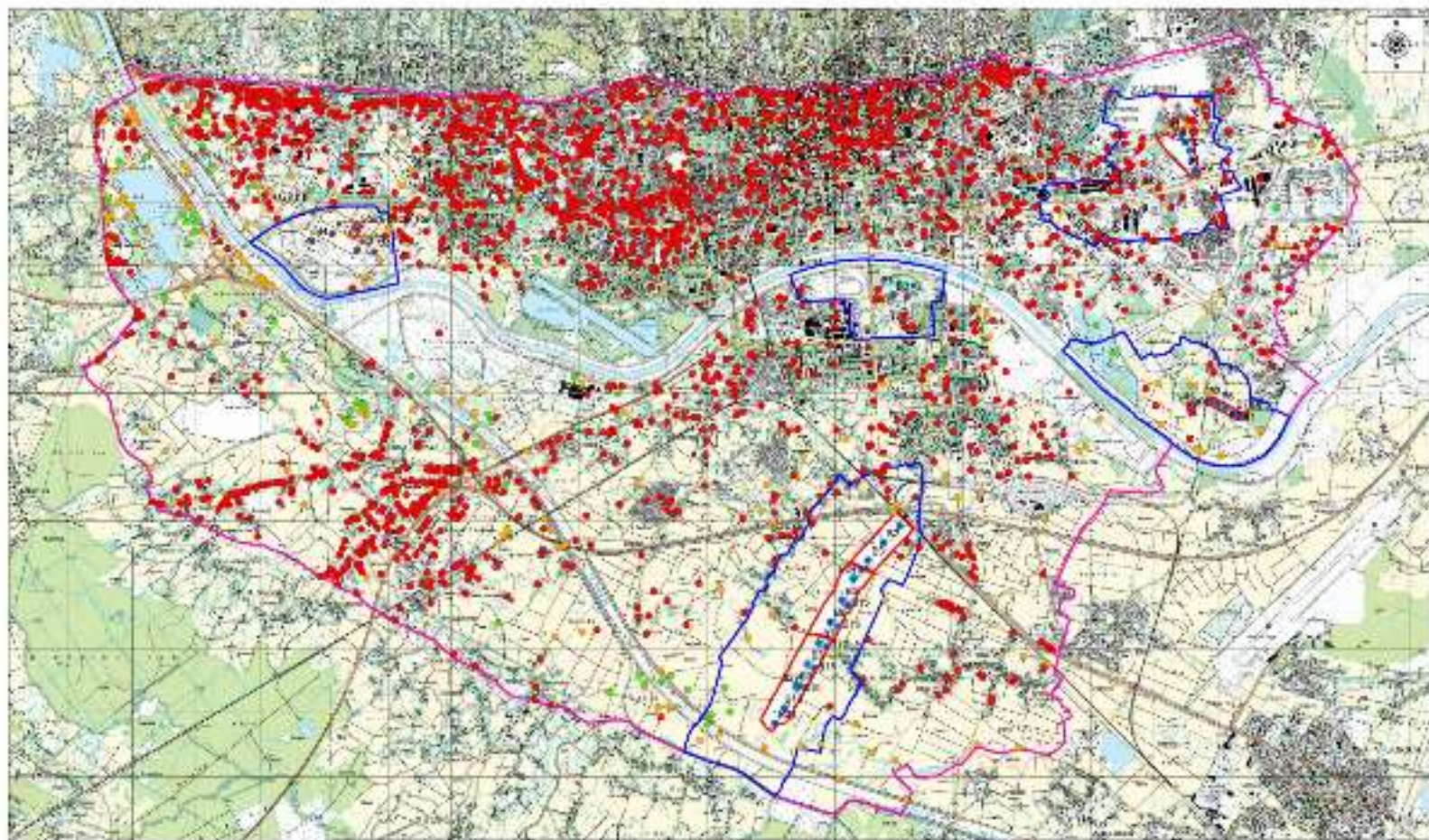


Prostorni smještaj Zagrebačkoga vodonosnika



Zone dotjecanja i otjecanja Zagrebačkoga vodonosnika

- Tomu treba dodati i širenje nepropusnih gradskih površina (smanjenje procjeđivanja u podzemlje odnosno evakuacija vode preko pročistača nizvodno od Zagreba), otvorenost vodonosnika (na oko 90 mjesta; šljunčare i rekreacija) te prekomjerno korištenje vodonosnika za vodoopskrbu koje je doseglo, prema blažoj ocjeni odnosa obnovljivih zaliha i zahvaćenih količina, gotovo 50 % (Nakić i dr., 2016).
- Prema istom istraživanju procijenjena prirodna ranjivost savskoga vodonosnika je visoka i vrlo visoka na oko 50 % površine! Nakić i dr. (2013) izdvajaju 5 glavnih skupina onečišćivala na području zagrebačkoga vodonosnika: pesticide, nitrate, potencijalno toksične metale, farmaceutske spojeve i klorirane alifatske ugljikovodik iz čega zaključujemo da su osim zabrinjavajućeg opadanja razina vode u vodonosniku najveći problem poljoprivreda, divlja odlagališta otpada te onečišćenje od prometa i industrije.
- Vodocrpilišta su pod znatnim antropogenim pritiskom što su pokazala i zadnja istraživanja (Marković i dr., 2015; Nakić i dr., 2016).



Legenda:

- ONEČIŠĆIVAČI UNUTAR ZONA 2014.
- ŠLJUNČARE UNUTAR ZONA 2014.
- SMETLIŠTA UNUTAR ZONA 2014.
- I ZONA ZAŠTITE
- II ZONA ZAŠTITE
- III ZONA ZAŠTITE
- ZDENCI

Zone zaštite Zagrebačkoga vodonosnika

165 divljih odlagališta otpada; 59 šljunčara; 1845 potencijalnih onečišćivača (industrijska postrojenja, obrtničke radionice, skladišta, plastenici...); poljoprivreda

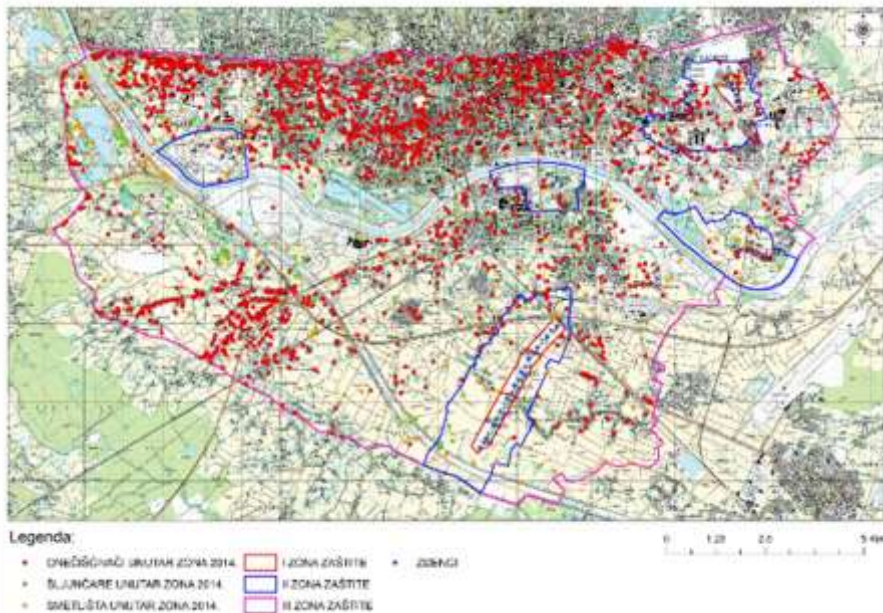
- Korištenje savskog vodonosnika za potrebe vodoopskrbe Zagreba započelo je 1878. kada je izgrađeno prvo vodocrpilište u Zagorskoj ulici i vodosprema u Jurjevskoj ulici.
- Od tada je izgrađeno 21 vodocrpilište na različitim lokacijama a 8 od njih je i danas u uporabi.
- Prvi kanalizacijski sustav u Zagrebu je izgrađen 1892. godine.



Fotke iz Muzeja vodoopskrbe grada Zagreba

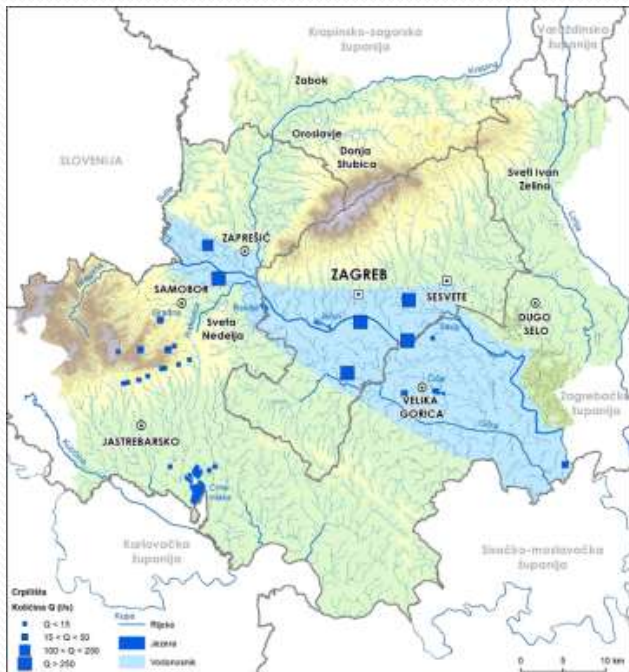
Mala Mlaka

- najveće zagrebačko vodocrpilište s deset glavnih i osam pomoćnih zdenaca
- smješteno je na desnoj obali rijeke Save
- okruženo je poljoprivrednim površinama i seoskim naseljima, te velikim brojem različitih manjih radionica



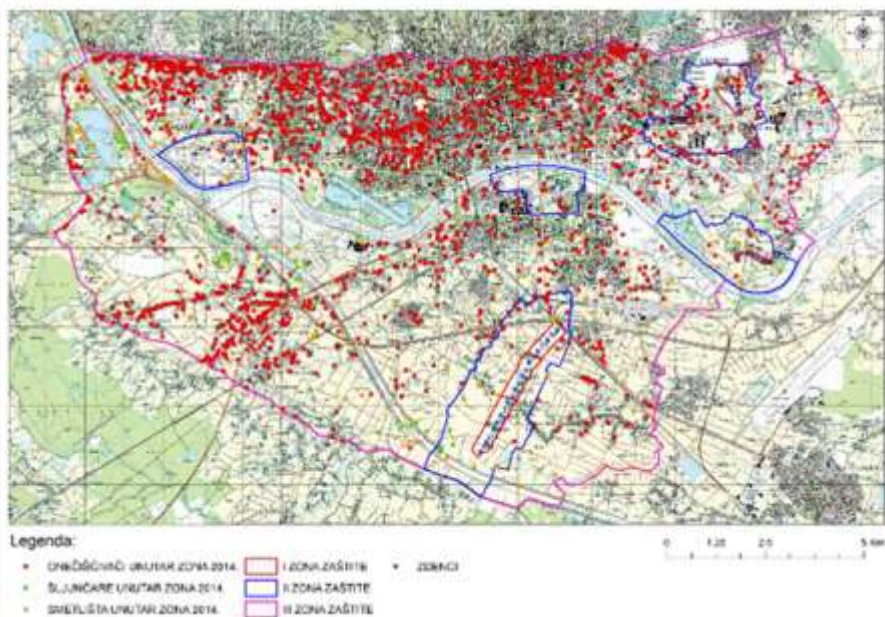
Zaprude (Bundek)

- vodocrpilište je smješteno u neposrednoj blizini jezera Bundek, mosta Slobode, rijeke Save i raznih prometnica
- izgrađeno je početkom osamdesetih godina kao interventno crpilište zbog nedostatka vode za opskrbu grada Zagreba
- sastoji se od tri zdenca



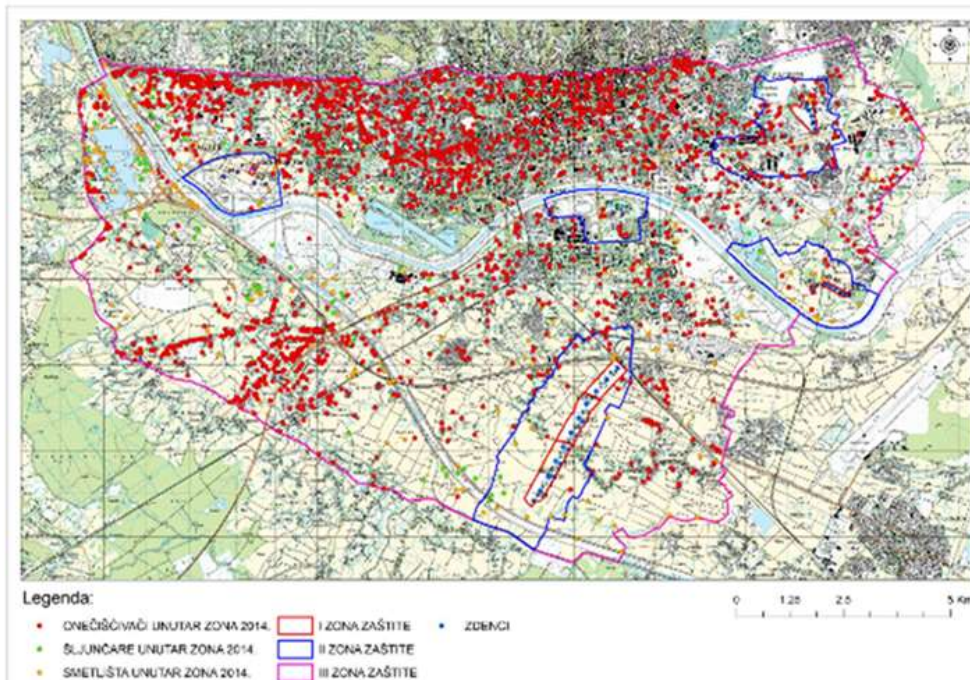
Petruševac

- južno od industrijske zone Žitnjaka
- okružuju ga manja naselja, poljoprivredne površine, željeznička pruga i rijeka Sava
- sastoji se od osam zdenaca od kojih je u funkciji šest
- opskrbljuje pitkom vodom istočni dio Novog Zagreba, Sesvete, Dugo Selo, Božjakovinu i Vrbovec



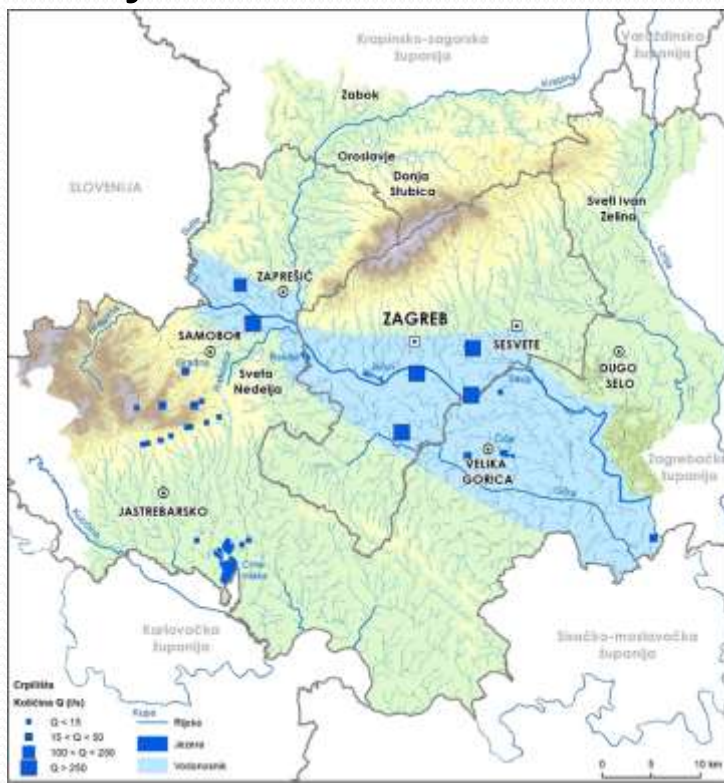
Sašnak

- nalazi se unutar najveće zagrebačke industrijske zone Žitnjak-Petruševac
- okruženo je tvornicama, prometnicama, stambenim naseljima, željezničkom prugom i bivšim vojnim kompleksom
- opskrbljuje sjeverni dio Zagreba (podsljemnsku zonu i Maksimir)



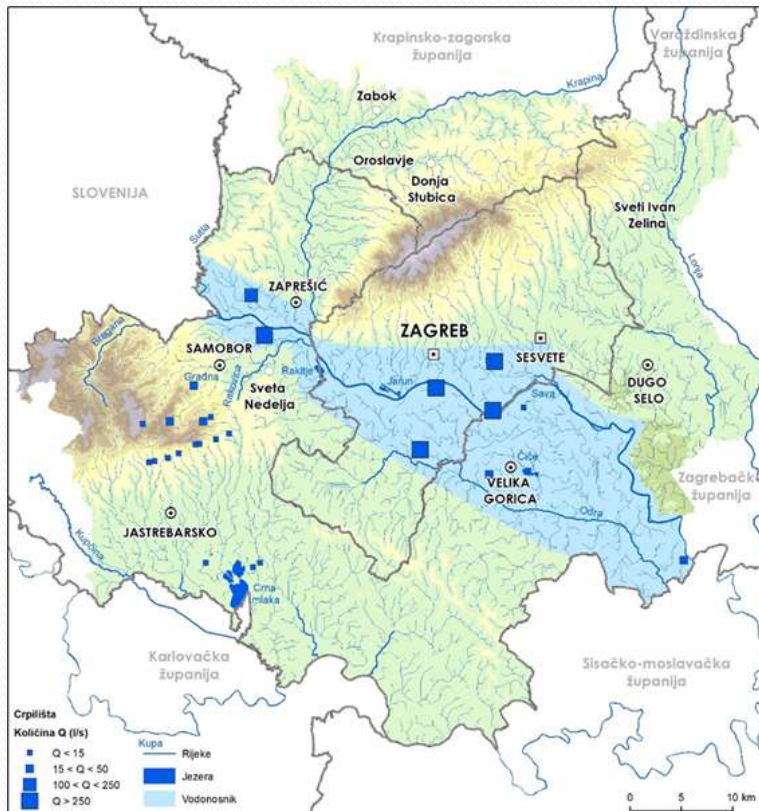
Strmec

- na području općine Sveta Nedjelja, u blizini naselja Strmec
- okruženo je rijekom Savom, manjim prometnicama i brojnim jezerima
- opskrbljuje grad Samobor i zapadni dio Zagreba
- sastoji se od 6 aktivnih zdenaca dubine od 23 do 41.5 m



Kosnica

- u nadležnosti je Vodoopskrbe i odvodnje Zagrebačke županije d.o.o.
- nalazi se sjeverno od istoimenog naselja na desnoj obali Save na području općine Orle



--> procijenjena izdašnost je od 4.000 do 6.000 L/s

--> sudjelovat će u vodoopskrbi istočnog dijela Grada Zagreba i Zagrebačke županije

Postojeća vodocrpilišta/zahvati vode - instalirana izdašnost i prosječno crpljene (zahvaćene) količine vode

Crpilišta u nadležnosti Vodoopskrbe i odvodnje d.o.o. Zagreb	Instalirana izdašnost crpilišta - prema podacima nadležne komunalne tvrtke	Crpljena i zahvaćena količina vode (l/s)
	Q (l/s)	Prosjeak 2008-2013
Petruševac	1.500	887
Mala Mlaka	1.000	975
Sašnak	900	751
Strmec	700	554
Žitnjak	120	59
Zapruđe	300	258
Slapnica i Lipovec	83	70
UKUPNO:	4.603	3.554
Crpilište u nadležnosti VG Vodoopskrbe d.o.o. iz Velike Gorice	Instalirana izdašnost crpilišta - prema podacima nadležne komunalne tvrtke Q (l/s)	Kupljena količina vode (l/s) Prosjeak 2008-2013
Velika Gorica	900 (700 za ZG, 200 za VG)	407
SVEUKUPNO	5.303	3.961

Podjela sustava

- vodoopskrbni sustav podijeljen je na tri cjeline (podsustava) s obzirom na crpilišta (**zapad, centar i istok**)
- unutar tih podsustava postoji podjela s obzirom na visinski položaj na tri tlačne zone:
 - I. – vodospremnici s kotom preljeva do 185,50 m n.m.
 - II. – vodospremnici s kotom preljeva do 264,50 m n.m.
 - III. zona – vodospremnici s kotom preljeva 345,00 m n.m.

Preporučena literatura:

Bonacci, O., Oskoruš, D. (2014): Analiza nekih hidroloških vidova evakuacije velikih voda na području Grada Zagreba, Hrvatske vode, 22 (87), 31-38.

Brkić i dr. (2016): Ocjena stanja podzemnih voda na područjima koja su u direktnoj vezi s površinskim vodama i kopnenim ekosustavima ovisnim o podzemnim vodama, Hrvatski geološki institut, Zagreb

Friganović, A. (1964): Vode Zagrebačke regije, Geografski institut Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta, Zagreb.

Marković, T., Larva, O., Brkić, Ž., Dolić, M., Kuhta, M. (2015): Stanje podzemnih voda na vodnom području rijeke Dunav s obzirom na prirodan sadržaj metala i njihov antropogeni utjecaj, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

Nakić, Z. i dr. (2016): Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Orešić, D., Čanjevac, I., Maradin, M. (2017): Changes in discharge regimes in the middle course of the Sava river in the 1931-2000 period, Prace Geograficzne, 151, 93–119. DOI: 10.4467/20833113PG.17.024.8036

Riđanović, J. (1964): Značenje voda u regiji Zagreba, Geografski institut Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta, Zagreb.

Riđanović, J. (1965): Vode i reljef u regiji Zagreba, Geografski institut Prirodoslovno-matematičkoga fakulteta, Zagreb.