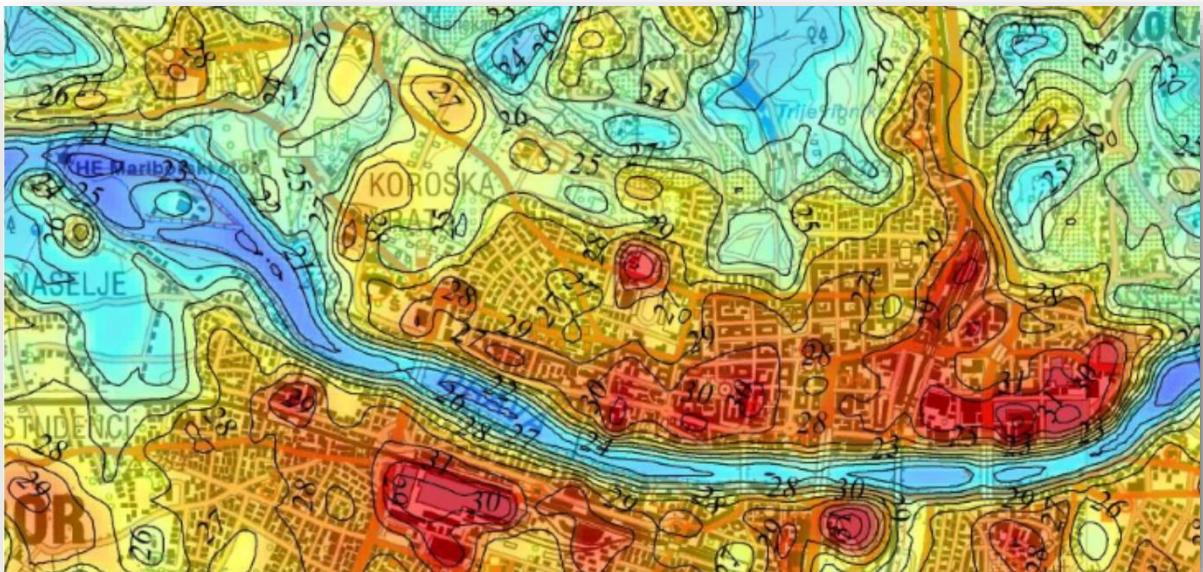




Aneri Eco Inženiring
Irena Kopač, s.p.,
strokovno svetovanje in storitve
Maistrova ul. 4, 9252 Radenci

VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA VODNE VIRE NA OBMOČJU MESTNE OBČINE MARIBOR

I. FAZA – OSNOVE LOKALNEGA PRISTOPA DO OCENE VPLIVA PODNEBNIH SPREMEMB NA VODNI VIR VRBANSKI PLATO



NOVEMBER 2019



Aneri Eco Inženiring
Irena Kopač, s.p.,
strokovno svetovanje in storitve
Maistrova ul. 4, 9252 Radenci

INFORMACIJE O PROJEKTU:

NASLOV

**Vpliv podnebnih sprememb na vodne vire na območju
Mestne občine Maribor - i. faza – osnove lokalnega
pristopa do ocene vpliva podnebnih sprememb na
vodni vir Urbanski plato**

Številka projekta:

6H-19024

Naročnik:

MESTNA OBČINA MARIBOR
MEDOBČINSKI URAD ZA VARSTVO OKOLJA
IN OHRANJANJE NARAVE
SLOVENSKA ULICA 40

Izdelal:

2000 Maribor
ANERI ECO INŽENIRING,
MAG. IRENA KOPAČ, S.P.
STROKOVNO SVETOVANJE IN STORITVE
MAISTROVA UL. 4
9252 RADENCI

Zunanji sodelavec:

IZR. PROF. DR. IGOR ŽIBERNA

Datum izdelave:

November 2019

Aneri Eco Inženiring:

mag. Irena KOPAČ, univ.dipl.inž.grad



VSEBINA

1	UVOD.....	7
2	PREGLED EU IN SLOVENSKE NACIONALNE STRATEGIJE.....	8
2.1	Pristop do podnebnih sprememb na evropskem nivoju	9
2.2	Pristop do podnebnih sprememb v Sloveniji	13
3	PREDLOG PRISTOPA DO OCENE PODNEBNIH SPREMEMP NA LOKALNEM NIVOJU.....	19
3.1	Priprava osnov za prilagajanje podnebnim spremembam	21
3.2	Identifikacija tveganja in določitev rešitev	22
3.3	Izvedba in monitoring uporabljenih akcij	24
4	INVENTARIZACIJA OBSTOJEČIH VIROV S PODROČJA PODNEBJA IN PODNEBNE KAKOVOSTI BIVALNEGA OKOLJA.....	27
4.1	Meteorološki podatki na območju mesta Maribor.....	28
5	OCENA OBSTOJEČEGA RAZPOLOŽLJIVEGA MONITORINGA HIDROLOŠKIH PARAMETROV	32
5.1	Vodonosnik Vrbanskega platoja	34
5.2	Črpališče Vrbanskega platoja.....	37
5.3	Hidrološki monitoring na območju Vrbanskega platoja	39
5.4	Model toka podzemne vode na območju Vrbanskega platoja.....	43
6	PREDLOG MOREBITNO POTREBNIH DOPOLNITEV PODNEBNIH IN HIDROLOŠKIH MERITEV	46
7	PRIMER OCENE PODNEBNIH PODATKOV ZA POSTAJO MARIBOR-TABOR	49
7.1	Nastajanje mestnega toplotnega otoka in oblikovanje specifičnega mestnega podnebja kot posledica človekovega delovanja	49
7.2	Trendi temperatur zraka v Mariboru v obdobju 1876-2010	52
7.3	Trendi višine padavin, evapotranspiracije in vodne bilance v Mariboru v obdobju 1876-2010	54
7.4	Trendi ekstremnih temperatur zraka v obdobju 1961-2018.....	56
7.5	Trendi števila vročinskih valov, dolžine trajanja in njihove intenzivnosti v obdobju 1961-2018	60
8	PREDLOG RAZDELITVE OBRAVNAVANEGA OBMOČJA NA URBANI IN RURALNI DEL Z VIDIKA PODLAG ZA PODNEBNE SPREMEMBE.....	66
9	PREDLOG UVAJANJA SIVIH, ZELENIH IN MEHKIH UKREPOV ZA BLAŽENJE OBREMENITEV OB VROČINSKIH VALOVH.....	66
10	PREDLOG OCENE RANLJIVOSTI VODNIH VIROV NA PODNEBNE SPREMEMBE ...	67



10.1	Povečanje sušnih obdobji.....	69
10.2	Zvišanje temperature.....	70
10.3	Povečanje intenzivnosti padavin	70
10.4	Povečanje dogodkov visokih voda.....	70
11	PREDLOG NADALJNJIH KORAKOV ZA OCENO IN PRISTOP K LOKALNIM VPLIVOM PODNEBNIH SPREMEMB.....	70
12	PREDLOG ZASNOVE DODATNEGA MERILNEGA OMREŽJA ZA POTREBE MONITORINGA HIDROLOŠKIH MIKROKLIMATSKIH PARAMETROV	71
12.1	Meritev meteoroloških parametrov	71
12.2	Meritev hidroloških parametrov	71
12.3	ZAKLJUČEK	72
13	VIRI	72
14	PRILOGE.....	76
14.1	Pregledna karta obravnavanega območja	76
14.2	Raba tal obravnavanega območja	76
14.3	Raba tal na širšem območju Vrbanskega platoja.....	76
14.4	Urbani atlas obravnavanega območja – osnova za razmejitev urbanih in suburbanih območij	76
14.5	Površinski mestni toplotni otok na primeru Maribora in okolice (19. avgusta 2018 ob 10:30 po SEC)	76
14.6	Maribor – Urban atlas.....	76
14.7	Vodonosnik Vrbanskega platoja	76
14.7.1	Območje vodonosnika Vrbanskega platoja.....	76
14.7.2	Nepropustna podlaga vodonosnika Vrbanskega platoja	76
14.7.3	Debelina vodonosnika Vrbanskega platoja.....	76
14.7.4	Debelina nenasičene cone tal nad vodonosnikom Vrbanskega platoja.....	76
14.7.5	Tok podzemne vode z višino gladine na območju vodonosnika Vrbanski plato ...	76
14.7.6	Tok podzemne vode k vodnjakom	76

SEZNAM SLIK

Slika 1.1:	Območje vodnih virov javne oskrbe s pitno vodo Mariborskega vodovoda.....	8
Slika 2.1:	Ključni večnivojski pristop.....	9
Slika 2.2:	Koraki prilagajanja podnebnim spremembam.....	11
Slika 3.1:	Pristop prilagajanja podnebnim spremembam na lokalnem nivoju	20
Slika 3.2:	Ocena stroškov (vir: Stern et al., 2006).....	22
Slika 3.3:	Identifikacija obstoječih in bodočih učinkov podnebnih sprememb	25

Slika 3.4: Kompleksna medsebojna povezava	25
Slika 4.1: Lokacija meteorološke postaje Maribor-Tabor po preselitvi leta 1962 (vir: Arhiv GURS, 2005)	29
Slika 4.2: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 2003 (vir: Arhiv GURS, 2005)	29
Slika 4.3: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 2016 (vir: Arhiv GURS, 2016)	30
Slika 4.4: Lokacija meteorološke postaje na Vrbanskem platoju	31
Slika 4.5: Lokacija vremenske postaje ob lizimetrski postaji Tezno (podlaga Google Earth)	31
Slika 5.1: Območje nadzora podzemnih voda (vir: Kopač, 2014)	33
Slika 5.2: Lokacija vodonosnika (vir: ARSO Atlas okolja; Kopač, Vremec, 2017)	34
Slika 5.3: Območje vodonosnika Vrbanski plato (Kopač, Vremec, 2017)	36
Slika 5.4: Vodovarstvena območja vodonosnika Vrbanski plato (vir: Atlas okolja, ARSO)	36
Slika 5.5: Analiza poraba vode po občinah in črpališčih (Vrbanski plato je najpomembnejše črpališče – rdeči krog in povezave)	37
Slika 5.6: Obstoječi vodnjaki na območju črpališča Vrbanski plato (vir: Kopač et al., 2009)	38
Slika 5.7: Obstoječa I. in planirana II. faza aktivne zaščite (Kopač et al., 2009)	39
Slika 5.8: Piezometrične vrtnice na območju Vrbanskega platoja	40
Slika 5.9: Merilna mesta Mariborskega vodovoda (vir: Mariborski vodovod, Google Earth)	40
5.10.: Primer obdelave podatkov o gladini podzemne vode v piezometrih	41
Slika 5.11: Lokacije izvedenih piezometrov in črpalnih vodnjakov na območju MOM (Blažeka et al., 2018)	41
5.12: Globinsko orientirane meritve – sistem v piezometru PGo-1 na levem obrežju reke Drave nasproti Mariborskega otoka	42
Slika 5.13: Mreža modela z aktivnim in neaktivnim območjem (Kopač, Vremec, 2017)	43
Slika 5.14: Nepropustna podlaga vodonosnika (Kopač, Vremec, 2017)	44
5.15: Višinski model terena (vir: Atlas okolja, ARSO)	44
5.16: Debelina vodonosnika, ki varira od 0.1m do 25 m, v ključnem delu vodonosnika črpališča okrog 12 – 14m (Kopač, Vremec, 2017)	44
5.17: Debelina nenasičene varovalne cone nad vodonosnikom, ki varira od 0.1m do 40 m – na visokih terasah na območju črpališča cca 40 m, te se spuščajo nato proti Dravi (Kopač, Vremec, 2017)	45
5.18: Primerjava višine podzemne med osnovno modelno simulacijo (modre izhopipse) ter simulacijo s povprečno količino črpanja brez nalivanja (rdeče hidroizohipse) (Kopač, Vremec, 2017)	45
Slika 5.19: Advektivni transport delcev z uporabo orodja FREEWAT pred gradnjo sanacijskih vodnjakov na območju MOM (slika zgoraj) ter po gradnji sanacijskih vodnjakov (slika spodaj) (Kopač, Vremec, 2017) ..	46
Slika 6.1: Sodobna klimatska postaja pri Cmureku na avstrijski strani (foto: I. Kopač)	47
Slika 6.2: GPS-data logger za merjenje temperatur in relativne vlažnosti zraka	48
Slika 6.3: Primer uporabe meritev s pametnimi telefoni in elektronsko postavljeno merilno lato (CrowdWater)	48
Slika 7.1: Spreminjanje deleža mestnega prebivalstva na našem planetu med leti 1950 in 2050 (vir: Medmrežje 3) ..	49
Slika 7.2: Trendi povprečnih letnih temperatur zraka in petletne drseče sredine letnih temperatur v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)	53
Slika 7.3: Povprečne letne temperature zraka na meteoroloških postajah Maribor-Tabor in Starše (1961-2009) (vir: Žiberna, 2006)	54
Slika 7.4: Trendi letne višine padavin v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)	55
Slika 7.5: Trendi letne vodne bilance v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)	56
Slika 7.6: Trendi števila dni z maksimalno temperaturo nad 30°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)	58
Slika 7.7: Število dni z maksimalnimi temperaturami nad 30°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018)	58



Slika 7.8: Trendi števila dni z minimalno temperaturo nad 20°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018).....	59
Slika 7.9: Število tropskih noči ($T_{min} \geq 20,0^{\circ}\text{C}$) po desetletjih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019	60
Slika 7.10: Število vročinskih valov na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018)	61
Slika 7.11: Število dni v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018).....	62
Slika 7.12: Povprečno trajanje vročinskega vala na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: Lastni izračuni, 2018).....	62
Slika 7.13: Absolutne maksimalne temperature v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018).....	63
Slika 7.14: Kumulative maksimalnih temperatur zraka v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)	64
Slika 7.15: Temperature površja v Mariboru 19. avgusta 2018 ob 10:45 po srednjeevropskem času (vir: Landsat 8; lastni izračuni)	65

SEZNAM TABEL

Tabela 3.1: Sistematična kategorizacija procesa izvedbe prilagajanja na podnebne spremembe	26
Tabela 4.1: Lokacije meteorološke postaje Maribor med leti 1876 in 2010.....	28
Tabela 7.1: Število umrlih na milijon prebivalcev v regijah Evrope zaradi naravnih nesreč v obdobju 1991-2015	51
Tabela 7.2: Število tropskih noči ($T_{min} \geq 20,0^{\circ}\text{C}$) na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019.....	59
Tabela 9.1: Predlog uvajanja različnih ukrepov za blaženje obremenilnih vplivov lokalnih sprememb podnebja v mestih	67
Tabela 10.1: Pregled potreb po ukrepanju glede na izzive in možnosti ukrepanja.....	68



1 UVOD

Podnebne spremembe so variacije v globalnih, regionalnih in lokalnih klimah tekom časa. Podnebje se neprestano spreminja že od kar obstaja Zemlja. V teku milijone let se izmenjujejo bolj mrzla in toplejša obdobja. Te spremembe so naravne, a tempo sprememb, ki se pojavlja v zadnjih 200 letih, kaže tudi na vpliv človeka. Poleg tega je sedanja družba, kljub razvoju določene tehnologije (ali pa ravno zaradi nje), tudi bolj ranljiva. Tako podnebne spremembe predstavljajo ključne probleme in izzive, s katerimi se sooča današnja družba tako na globalni, regionalni in lokalni ravni. Pod tem izrazom se upošteva tako sedanje globalno segrevanje, ki ga povzroča človek, in na drugi strani spremembe podnebja na splošno. Razprave o podnebnih spremembah se sukajo sedaj v glavnem okrog zadnjih 150 let in sedanjem 21. stoletju, ker to nakazuje, da se končuje relativno daljše obdobje navidezne stabilnosti.

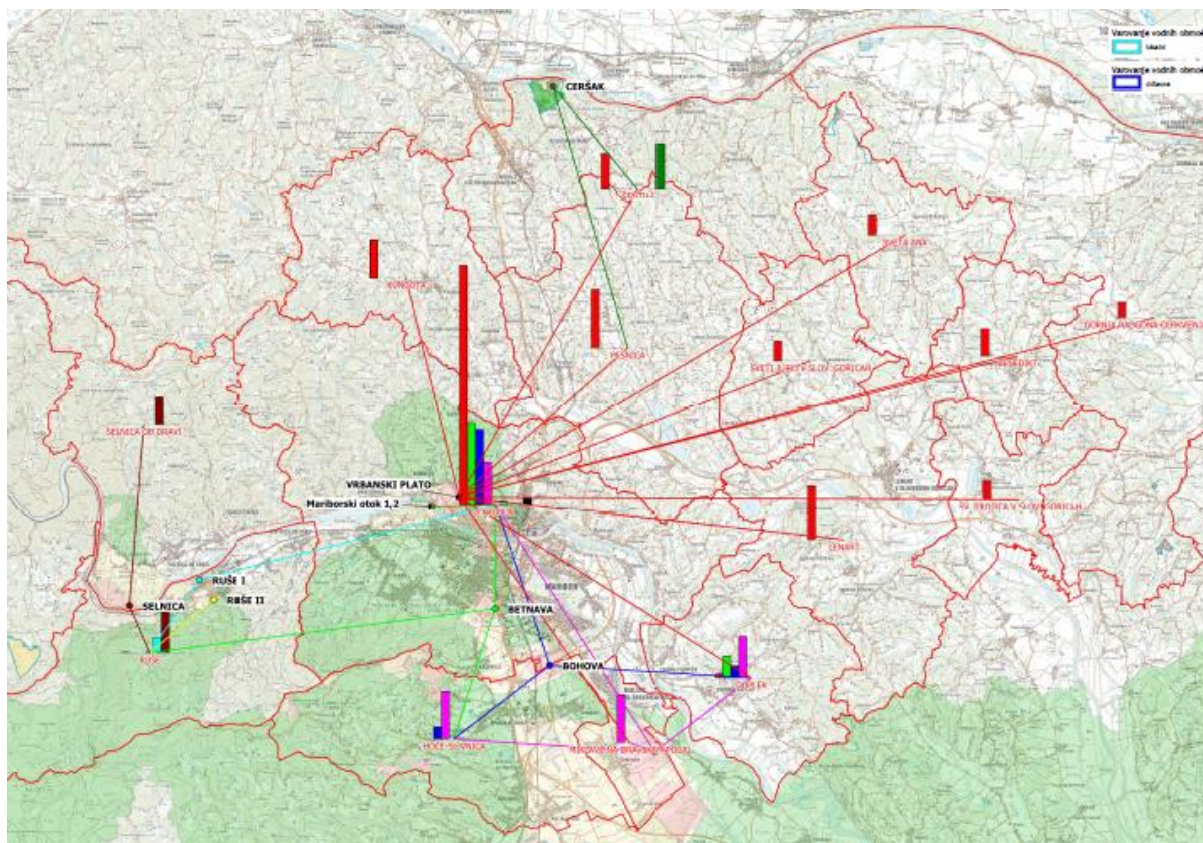
Eno ključnih vlog pri teh razpravah in pripravah strategij igra Medvladni odbor za podnebne spremembe – The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). IPCC je telo OZN za oceno z znanostjo povezanih podnebnih sprememb. IPCC določa stanje znanosti in identificira, kje se znanstvena družba strinja in kje so še potrebne dodatne raziskave. Kljub določenim kritikam njihovega dela imajo njihove usmeritve vseeno določen pomen. Prva poročila in ocene so dali že v letu 1990 in sledila so jim nadaljnja podrobnejša ter še štiri presečna poročila. Drugo v letu 1996, tretje v letu 2001, četrto v letu 2007 in peto 2013-2014. IPCC je sedaj v 6. ciklusu ocenjevanja in bo podal svoje zaključno poročilo v letu 2022. Ob zadnjem (5-tem) zaključenem ciklusu so med drugim opozorili tudi na to, da je **potrebno preiti iz globalnih in regionalnih ocen podnebnih sprememb na bolj lokalne ocene**.

Ocene na lokalnem nivoju lahko potegnejo za seboj bolj učinkovito planiranje in prilagajanje podnebnim spremembam, ki se tičejo predvsem vodnih virov, izrabe kmetijskih in gozdnih površin ter kvalitete urbanega bivanja. Ocene določenih mestnih klim pridobivajo vse večjo težo.

Ob ocenjevanju lokalnih klimatskih sprememb se izpostavi vprašanje, kaj je **smiselna meja lokalnega območja**. Ker je predvsem varna in zanesljiva oskrba z vodo osnovni temelj kakovostnega bivalnega okolja in osnova razvoja določenega območja, menimo, da so **vodni viri in v enotni sistem oskrbe z vodo z enim upravljavcem povezana območja tiste lokalne enote**, za katere je smiselna skupna strategija prilagajanja podnebnim spremembam. Seveda tudi to ne pomeni uniformiranosti, ker se tudi tukaj pojavlja pokrajinska in podnebna pestrost z različno rabo prostora.

Na območju Mestne občine Maribor zagotavlja varno oskrbo v vodo upravljavec Mariborski vodovod. Z vodo oskrbuje naslednjih 16 občin: Benedikt, Cerkevjak, Duplek, Gornja Radgona, Hoče-Slivnica, Kungota, Lenart, Maribor, Miklavž na Dravskem polju, Pesnica, Ruše, Selnica ob Dravi, Sveta Trojica v Slov. goricah, Sveta Ana, Sveti Jurij v Slov. goricah in Šentilj. Število oskrbivanih prebivalcev na tem območju je 165.051, v povprečju je to 79% prebivalcev tega območja. Največja pokritost oskrbe z vodo je v občinah Miklavž na Dravskem polju (98%) in Maribor (90%), najmanjša pa v obrobni občini Cerkevjak (3%) in Gornja Radgona (10%).

Ključne vodne vire vodovodnega sistema, ki ga upravlja Mariborski vodovod, predstavljajo vodonosniki Vrbanskega platoja, severnega dela Dravskega polja, Selnice, Ruš in Ceršaka.



Slika 1.1: Območje vodnih virov javne oskrbe s pitno vodo Mariborskega vodovoda

Zaradi obširnosti in kompleksnosti celotnega problema ocene in spremljanja podnebnih sprememb na danem območju je smiselno celoten pristop razdeliti na več faz. Ker je čas izdelave te naloge, ki predstavlja 1. fazo izvedbe, relativno kratek, je temu smiselno prilagojena tudi njena vsebina. Njen namen je v tem, da se poda strokovni predlog pristopa do ocene vpliva podnebnih sprememb na lokalnem nivoju, ki bo podprt z nekaj primeri ocene podatkov meteorološke postaje Maribor – Tabor, vodonosnika Vrbanski plato, mestne mikroklimе ter toplotnih tokov na območju mesta na levem bregu reke Drave.

Podala se bo razdelitev tega ožjega obravnavanega območja na posamezne cone, prilagojene ocenam podnebnih sprememb in planiranju rabe prostora. Ob vseh teh ukrepih je pomembna uporaba primernih GIS orodij z izdelanimi tematskimi kartami ter uporaba baze meteoroloških in hidroloških podatkov, ki se zbirajo v primerno zastavljenih monitoringih.

2 PREGLED EU IN SLOVENSKE NACIONALNE STRATEGIJE

Ker raziskave kažejo, da podnebne spremembe ogrožajo življenja več milijard ljudi, povzročajo izumrtje živalskih in rastlinskih vrst, grozijo z nepopravljivo gospodarsko škodo ter netijo nova vojna žarišča, se je poleg vrste števil nevladnih organizacij vzpostavil sistem določanja strategij in financiranja ukrepov od globalnega do nacionalnega nivoja.



Slika 2.1: Ključni večnivojski pristop

Na vseh ključnih nivojih se pripravljajo ocene, dokumentacije, strategije, izmenjave informacij in znanja, aktivnosti ipd.

2.1 Pristop do podnebnih sprememb na evropskem nivoju

Generalni direktorat za podnebne ukrepe (GD CLIMA), ki je znotraj sektorja za energijo, podnebne spremembe in okolje, vodi prizadevanja Evropske komisije za boj proti podnebnim spremembam na ravni EU in mednarodni ravni. Vse njegove informacije, aktivnosti in dokumentacije so dostopne na internetni povezavi: https://ec.europa.eu/clima/index_en

Ta direktorat oblikuje in izvaja podnebne politike in strategije, prevzema vodilno vlogo v mednarodnih pogajanjih o podnebnju, izvaja sistem EU za trgovanje z emisijami (EU ETS), spremlja nacionalne emisije v državah članicah EU, spodbuja nizkoogljične tehnologije in ukrepe prilagajanja, podaja pravila in oblikuje ter izvaja stroškovno učinkovite politike EU za doseganje svojih podnebnih ciljev za leta 2020, 2030 in pozneje, zlasti glede: emisije toplogrednih plinov in ozonskega sloja.

Direktorat prav tako zagotavlja, da se podnebne spremembe upoštevajo v vseh drugih politikah EU in da bodo prilagoditveni ukrepi zmanjšali ranljivost EU za vplive podnebnih sprememb. Vključuje se v mednarodna pogajanja. Vodi delovne skupine Komisije pri mednarodnih pogajanjih o podnebnih spremembah in snovi, ki tanjšajo ozon, ter usklajuje dvostransko in večstransko partnerstvo na področju podnebnih sprememb z državami, ki niso članice EU.

V okviru njega izvajajo sistem EU za trgovanje z emisijami (EU ETS) in spodbujajo njegove povezave z drugimi sistemi trgovanja z ogljikom, s končnim ciljem oblikovanja globalnega trga

trgovanja z ogljikom. Direktorat spremlja, kako države članice EU izvajajo svoje nacionalne cilje v sektorjih zunaj EU ETS ("sklep o delitvi navora"). Prav tako s svojimi ukrepi spodbuja razvoj nizkoogljičnih tehnologij in prilagoditvenih ukrepov, vključno z: zajemanjem in shranjevanjem ogljika, zmanjšanjem emisij fluoriranih plinov, zmanjšanjem uporabe snovi, ki tanjšajo ozon, ter s standardi za učinkovitost vozila in kakovost goriva. To izvajajo z ustvarjanjem regulativnih okvirov za usmerjanje uvajanja teh tehnologij in z zagotavljanjem finančne podpore.

Evropska platforma za prilagoditev podnebnju Climate-ADAPT (dostopne informacije <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about>) je partnerstvo med Evropsko komisijo in Evropsko okoljsko agencijo (EEA). Področje Climate-ADAPT vzdržuje EEA s podporo Evropskega tematskega centra o vplivih, ranljivosti in prilagoditvi podnebnim spremembam (ETC / CCA) (dostopne informacije <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/>).

Cilj programa Climate-ADAPT je podpreti Evropo pri prilagajanju podnebnim spremembam in pomagati uporabnikom pri dostopu in izmenjavi podatkov in informacij o: pričakovanih podnebnih spremembah v Evropi, trenutni in prihodnji ranljivost regij in sektorjev, strategiji in ukrepih EU za prilagoditev, nacionalne in nadnacionalne prilagoditve, študijah primerov prilagajanja in možne možnosti prilagajanja ter o orodjih, ki podpirajo načrtovanje prilagajanja.

Climate-ADAPT organizira informacije pod naslednjimi glavnimi vstopnimi točkami:

- politika EU: politika prilagajanja EU, prilagajanje politik EU (kmetijstvo, biotska raznovrstnost, obalna območja, gozdarstvo, upravljanje z vodami, morsko in ribištvo, ekosistemski pristopi, zmanjšanje tveganja ob nesrečah, stavbe, energetika, promet, zdravje, urbana regija), regionalna politika EU
- države, nadnacionalne regije, mesta
- znanje: teme, podatki in kazalniki, raziskovalni projekti, orodja, praksa
- omrežja, ki vključujejo široko paleto organizacij in programov sodelovanja na različnih ravneh prilagajanja podnebnim spremembam

Platforma vključuje bazo podatkov, ki vsebuje kakovostno preverjene informacije, ki jih je mogoče enostavno iskati.

Za **lokalni nivo** je vsekakor zanimiva **konvencija županov**, ki je organizirana znotraj platforme Climate-ADAPT. Namen pobude organizacije konvencije županov je vključiti mesta in jih podpreti pri doseganju ciljev EU za ublažitev podnebnih sprememb in prilagajanja. Mesta podpisnice se zavežejo k podpori izvajanju cilja EU za zmanjšanje toplogrednih plinov do leta 2030 in sprejetju skupnega pristopa k reševanju blažitev in prilagajanju podnebnim spremembam.

Konvencija županov je bila leta 2008 ustanovljena v Evropi z ambicijo, da se lokalne vlade prostovoljno zavežejo k doseganju in preseganju podnebnih in energetskih ciljev EU. Leta 2014 je Evropska komisija ustanovila pobudo konvencije županov o prilagoditvi podnebnim spremembam kot enega od ukrepov strategije prilagajanja Evropske unije za vključitev mest v ukrepe za prilagajanje podnebnim spremembam. Evropska komisija je obe pobudi v letu 2015 združila v prizadevanju za spodbujanje celostnega pristopa k podnebnim in energetskim ukrepom. Junija 2016 se je konvencija županov združila z drugo mestno pobudo - sporazumom županov. „Globalni sporazum za podnebje in energijo“, ki iz tega izhaja, je največje gibanje za lokalno podnebje in energijo na svetu.

Konvencija županov za podnebje in energijo želi povečati podporo lokalnim dejavnostim, zagotoviti platformo za večje sodelovanje in povezovanje v mreže ter ozavestiti javnost o prilagajanju in ublažitvi ter potrebnih ukrepih.

Da bi to dosegli, ta pobuda podpisnikom ponuja:

- praktično podporo prek službe za pomoč uporabnikom
- inovativni načini za povezovanje, izmenjavo izkušenj in krepitev zmogljivosti s pomočjo rednih dogodkov, dejavnosti pobratenja mest, spletnih seminarjev ali spletnih razprav
- usmerjevalni material in orodja, vključno z orodjem za podporo prilagajanju mest in napotki za financiranje lokalnih energetske in podnebne ukrepe
- hiter dostop do znanja o odličnosti in navdihujočih študij primerov
- verodostojne zaveze s pregledom in spremljanjem napredka
- olajšano samooceno in medsebojno izmenjavo s pomočjo skupnih predlogov za spremljanje in poročanje
- prilagodljiv referenčni okvir za ukrepe, prilagodljiv lokalnim potrebam
- okrepljeno sodelovanje in podporo nacionalnih in lokalnih organov
- visoko mednarodno prepoznavnost in prepoznavnost za podnebne in energetske ukrepe lokalnih oblasti
- priložnost za prispevek k oblikovanju podnebne in energetske politike EU



Slika 2.2: Koraki prilagajanja podnebnim spremembam

Planiranje in izvajanje prilagajanja podnebnim spremembam vsebujejo naslednje korake:

1. Pripravo osnov za prilagajanje, ki vključuje pridobitev politične podpore prilagajanju, zbiranje začetnih informacij, vzpostavitev procesov prilagajanja znotraj in zunaj lokalnega območja, ugotavljanje in pridobivanje človeških in tehničnih virov, ugotavljanje možnosti in pridobivanje financiranja, ugotavljanje in vključevanje deležnikov, komuniciranje prilagajanja različnim ciljnim občinstvom, iskanje dodatne podpore ter samokontrola osnovnih izhodišč za prilagajanje ter morebitne korekcije.
2. Oceno tveganja podnebnih sprememb in ranljivost, kar vključuje prepoznavanje preteklih in sedanjih podnebnih vplivov, razumevanje podnebnih napovedi in prihodnjih vplivov, prepoznavanje ranljivih lokalnih sektorjev, izvajanje ocen tveganja in ranljivosti, razumevanje vloge okoliških območij pri prilagajanju, opredelitev glavnih težav pri prilagajanju in opredelitev ciljev ter samokontrola ocenjevanja tveganj in ranljivosti podnebnih sprememb za morebitne korekcije.
3. Identifikacijo možnosti prilagajanja, kar vključuje izdelavo kataloga ustreznih možnosti prilagajanja, iskanje primerov dobrih prilagoditvenih praks ter seveda tudi v tem primeru korak samokontrole za morebitne korekcije.
4. Oceno in izbiro prilagoditvenih možnosti, kar vključuje izbiro okvira za oceno možnosti prilagajanja, izvedbo analize stroškov in koristi prilagoditvenih ukrepov, prednostne možnosti prilagoditve, samokontrolo ocene in izbire za morebitne korekcije.
5. Izvedbo prilagoditve, kar vključuje oblikovanje učinkovitega akcijskega načrta za prilagoditev, iskanje primerov akcijskih načrtov za prilagajanje, vključevanje prilagajanja v lokalne politike in planske akte, obravnavanje podnebnih sprememb s prilagajanjem in blaženjem ter korak samokontrole za preverbo snovne izvedbe prilagoditve.
6. Monitoring, ki vključuje načrtovanje monitoringa in oceno pristopa, določitev indikatorjev monitoringa, uporabo rezultatov monitoringa za izboljšanje procesov prilagajanja podnebnim spremembam ter tudi v tem primeru samopreverjanje monitoringa za njegovo učinkovitost in morebitne popravke.

Na ravni EU so dana **načela in dejavniki uspeha** pri načrtovanju in izvajanju prilagoditvenih ukrepov podnebnim spremembam. Prilagoditev podnebnim spremembam je razmeroma novo področje dejavnosti lokalnih oblasti. Vendar pa izkušnje mest v Evropi in zunaj nje v zadnjih dveh desetletjih omogočajo sklepanje o načelih (tj. kako to storiti) in dejavnikih uspeha (tj. kaj deluje), ki jih je treba upoštevati pri prilagajanju. Pojavljajo se načela kot uskladitev prilagoditve z drugimi trajnostnimi cilji, vključno z zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov; ali temelji na razvoju prilagodljivih ukrepov na zanesljivih podatkih in informacijah. Ključni dejavniki uspeha so močno prvenstvo in politično vodstvo pri prilagajanju; sodelovati z drugimi v mestu in zunaj njega, tudi na višjih ravneh upravljanja; in učenje iz izkušenj drugih.

Številna načela v procesu prilagoditvene politike so prepoznana kot pomoč pri doseganju ciljev prilagajanja in zmanjšanju kompromisov z drugimi programi. To so:

• **Vzdržnost prilagajanja.** Prvič, odzivi na prilagajanje ne bi smeli ogroziti blaženja podnebnih sprememb s povečanimi emisijami, npr. s prekomerno uporabo klimatskih naprav – pomembno je, kako se lahko prilagajanje in ublažitev načrtujeta in izvajata skupaj). Drugič, prizadevanja za prilagajanje na enem mestu ne bi smela negativno vplivati na sposobnost prilagajanja na drugih lokacijah (npr. z usmerjanjem poplavnih voda navzdol); zato je pri prilagoditvi pomembna vloga območij, ki obkrožajo urbano okolje. Tretjič, prilagajanje naj bi idealno prispevalo k drugim programom vzdržnosti, kot sta prehod na učinkovitost virov ali socialno pravičnost.

- **Na dokazih temelječe načrtovanje in ukrepi** - uporaba najnovejših raziskav, lokalno dostopnih podatkov in sodelovanje s strokovnjaki za odpravljanje vrzeli v znanju omogoča dobro informirano odločanje.

- **Obravnavanje tako preteklih / trenutnih podnebnih spremenljivosti in vremenskih skrajnosti ter predvidenih prihodnjih sprememb.** Obravnava preteklih in sedanjih podnebnih spremenljivosti in vremenskih skrajnosti je dobro izhodišče. Vendar pa so lahko prihodnji vplivi podnebja različni, zato je potrebno upoštevati negotovost povezano z njihovo pogostostjo in obsegom. Z vidika stroškov je potrebno ob prilagajanju težiti k stroškovni učinkovitosti in če je le možno k 'win-win' situacijami. Številne koristi lahko pomagajo odpraviti negotovosti, povezane s prihodnjimi napovedmi o podnebj.

- **Prilagojeni odgovori.** Odzive na prilagoditev je treba prilagoditi določenemu okolju - z oceno podnebnih tveganj in ranljivosti, ki se pojavljajo na lokalni ravni. Ob tem je potrebno prav tako upoštevati lokalne pristope pri organizacijskih nastavitvah ter razpoložljive vire. Odzivom je treba določiti prioritete, na primer glede na glavne prizadete sektorje ali socialne skupine.

- **Monitoring** - spremljanje delovanja odzivov na prilagajanje - njihove učinkovitosti, pravičnosti in legitimnosti. Ta korak je potreben, da lahko planirana prilagajanja postopno izboljšujemo glede na podatke monitoringa.

Primeri dejavnikov uspeha pri prilagajanju, ki jih uporabimo, vključujejo naslednje:

- **Močno vodstvo in prvenstvo v prilagajanju.** Politični odkup in angažiranje lokalnega voditelja sta ključnega pomena za povečanje položaja prilagajanja na seznamu lokalnih prednostnih nalog. Zagotavljanje politične zaveze je na primer mogoče doseči z vključitvijo v „Konvencijo županov za podnebje in energijo“ ali drugimi pobudami za prilagajanje podnebnim spremembam.

- **Medresorsko sodelovanje** v okviru lokalne oblasti, sodelovanje z zainteresiranimi stranmi (deležniki), kot so lokalna podjetja, nevladne organizacije, raziskovalni inštituti in vključevanje državljanov z ustreznim komuniciranjem lahko pomaga ozaveščati o prilagoditvi in sprejemanju načrtovanih odzivov. Zagotavljanje usklajevanja med pomembnimi skupinami interesov, aktiviranje virov in dostopanje do ustreznih podatkov in informacij.

Pomembno je **učenje od drugih**. Izmenjava izkušenj z drugimi lokalnimi okolji z mreženjem ali sodelovanjem v projektih, ki jih financira EU (npr. s pomočjo programa Interreg), omogoča drugim, da se naučijo, kaj deluje in kaj ne pri prilagajanju podnebnim spremembam.

2.2 Pristop do podnebnih sprememb v Sloveniji

V Sloveniji je za prilagajanje politik zadolženo Ministrstvo za okolje in prostor. Zakon o spremembah in dopolnitvah zakona o varstvu okolja - ZVO-1F (Uradni list RS, št. 92/13) ureja zadeve, povezane s podnebnimi spremembami, s prilagoditvijo, natančneje omenjeno le v zvezi z zagotavljanjem finančnih sredstev iz podnebnega sklada za prilagoditvene ukrepe. V septembru 2019 so dali v razpravo Predlog Zakona o podnebni politiki, kjer naj bi bila zagotovljena natančnejša pravna podlaga za postopke prilagajanja.

V predlaganem zakonu opredeljeni cilji sledijo podnebnim ciljem Pariškega sporazuma, ki ga je leta 2016 ratificirala tudi Slovenija in se začne izvajati januarja 2021. Glavni cilj podnebne politike je doseči ogljično nevtralnost – to je ničelno stopnjo neto emisij TGP za obdobje do leta 2050 z vmesnim ciljem zmanjšanja emisij TGP za vsaj 40% do leta 2030 glede na leto 1990. Cilj zakona so na tako eni strani zmanjševati vplive podnebnih sprememb, na drugi strani pa omogočiti prilagajanje nanje, pri čemer je potrebno zagotoviti podnebno varnost prebivalcev. Nabor ciljev podnebne politike je zelo širok in zadeva vse sektorje ter ravni odločanja. Na državnem nivoju je predvideno, da bodo posamezni sektorski cilji sistematično razdelani in operacionalizirani v dolgoročni podnebni strategiji in celovitem nacionalnem energetsko-podnebnem načrtu (NEPN).

Zaradi razsežnosti podnebnih sprememb, njene medsektorske in meddržavne narave je ključno, da Slovenija čimprej sprejme ta zakon, s katerim bo celovito uredila mehanizme in okvir za zmanjševanje vplivov podnebnih sprememb. Temeljni namen Zakona o podnebni politiki, ki temelji na načelih, kot so že določena v Zakonu o varstvu okolja (ZVO-1), je določitev dolgoročnega podnebnega cilja doseganja ničelne stopnje neto emisij vseh TGP do 2050.

Zakon o podnebnih politiki bo vzpostavil mehanizme, preko katerih se bo podnebna politika izvajala v vseh sektorjih za doseg zastavljenih ciljev. Ti mehanizmi obsegajo: pripravo in sprejem dolgoročne podnebne strategije, ki bo analizirala stanje in določila cilje glede emisij TGP za leta 2030, 2040 in 2050; pripravo in sprejem nacionalnih energetsko-podnebnih načrtov, ki bodo kot programski dokument operacionalizirali podnebno strategijo in določili vmesne cilje ter ukrepe za njihovo doseganje; pripravo in sprejem letnega poročila kot instrumenta spremljanja uspešnosti izvajanja podnebne politike; ustanovitev Podnebnega sveta kot posebnega posvetovalnega telesa Vlade RS; opredelitev vloge ministrstva, pristojnega za podnebne spremembe, kot koordinatorja za izvajanje podnebne politike na vseh ravneh ter razglasitev podnebnega dne vsak tretji četrtek v mesecu, ko se bodo izvajale aktivnosti za podporo podnebni politiki.

V okviru projekta LIFE ClimatePath2050 (LIFE16 GIC/SI/000043), ki ga vodi IJS, Center za energetsko učinkovitost, se je vzpostavil lokalni semafor podnebnih aktivnosti. Ta predstavlja spletno aplikacijo, ki prikazuje izvajanje ukrepov za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov v posameznih občinah. Portal prikazuje aktivnosti občin na področju blaženja podnebnih sprememb s 56-imi kazalniki, 47 od teh je prikazanih za vse občine v Sloveniji. Do novembra 2018 se je aktivno na semafor priključilo 12 občin, za katere so na voljo tudi vsi osnovni podatki, osnovni kazalci za javne stavbe, energetska prenova brez spodbud ter kazalnik o številu polnilnic za električna vozila.

Kot je videti se bo vpliv prednostnih državnih strategij na lokalni ravni kazal predvsem v gospodarstvu, kmetijstvu in prometu. Za zaščito vodnih virov, vzdržnostne varne oskrbe z vodo in zanesljive odvodnje padavinskih in odpadnih voda, za prilagajanje mestne klime, da ne bo ogrožala prebivalcev ter prilagoditvenih ukrepov v ruralnem okolju bodo morale v prvi vrsti poskrbeti lokalne skupnosti. Tako je pomembno, da si pravočasno določijo cilje in prilagodijo svoje planske načrte tudi za ta področja. To jim bo tudi omogočalo vključevanja v razne projekte, na različnih nivojih in sektorjih, financirane s strani EU.

Agencija RS za okolje (ARSO) izvaja monitoring podnebnih sprememb v Sloveniji in podaja njihove ocene. Analize trendov iz preteklosti so **pokazale pester spremembe podnebnih spremenljivk po Sloveniji**. Opažene neenotne spremembe po Sloveniji hkrati opozarjajo, da tudi bodočih sprememb podnebja ne moremo poenostaviti in poenotiti za celotno Slovenijo. Tudi to kaže na to, da so pomembne ocene in planiranje na lokalnem nivoju za učinkovito prilagajanje

podnebnim spremembam na lokalnem nivoju. Na Agenciji RS za okolje so že pripravili scenarije o spremembah dolgoletnega povprečja temperature in padavin za območje Slovenije do sredine 21. stoletja (ARSO, 2018). Za oceno ekstremnih dogodkov so bili pripravljene časovni nizi dnevnih podatkov o temperaturi, padavinah in referenčni evapotranspiraciji iz regionalnih podnebnih modelov. Za oceno postopnih vplivov podnebnih sprememb, kot so ekstremne padavine, suša, toplotna obremenitev, vročinski valovi in spremembe rastnih dejavnikov, ter oceno vplivov pričakovanih podnebnih sprememb v daljšem časovnem obdobju (do 2100) pa so v pripravi podrobnejši podatkovni viri ter načrtovane prilagoditve podatkov za nadaljnjo uporabo. Prilagojeni podatkovni viri so nujna podlaga za načrtovanje ukrepov prilagajanja podnebnim spremembam.

Kot strategijo prilagajanja se zaenkrat upošteva glavni medsektorski strateški dokument o prilagajanju Strateški okvir za prilagajanje podnebnim spremembam, ki ga je vlada sprejela decembra 2016. Dokument ponuja dolgoročno vizijo, namen in strateške smernice za izboljšanje dejavnosti, povezanih s prilagajanjem, v štirih poglavjih:

- glavne usmeritve,
- širše sodelovanje,
- raziskave in razvoj in
- izobraževanje, usposabljanje, komunikacija in ozaveščanje javnosti.

Njegova vizija se glasi: Slovenija bo do leta 2050 prilagojena vplivom podnebnih sprememb in bo imela klimatsko odporno družbo z visoko kakovostjo in varnostjo življenja, ki v celoti izkorišča priložnosti, ki jih spreminja podnebje na podlagi trajnostnega razvoja. Ta vizija je glede na sedanje stanje zelo zahteven cilj in bo potrebno za njeno uresničitev tudi veliko strokovnega in političnega napora s strani lokalnih skupnosti.

Z uporabo kazalnika ranljivosti vlada spremlja izboljšanje zmogljivosti za prilagajanje podnebnim spremembam, obvladovanje tveganj in polno izkoriščanje priložnosti, ki jih podnebne spremembe prinašajo Sloveniji. Meril bo stopnjo doseganja splošnega cilja zmanjšane izpostavljenosti, občutljivosti in ranljivosti Slovenije za vplive podnebnih sprememb ter povečane odpornosti in prilagoditvenih sposobnosti družbe.

Strateški okvir ima štiri priloge:

1. terminologijo, ki se uporablja na področju prilagajanja podnebnim spremembam,
2. opis postopka ocenjevanja vplivov podnebnih sprememb do konca 21. stoletja (tekoči raziskovalni projekt in njegovi rezultati v letih 2016, 2017 in 2018 s strani Slovenske agencije za okolje),
3. primerjavo prilagoditvenih procesov v različnih državah EU in
4. proces razvoja in strukture kazalnika ranljivosti.

Dokument predvideva spremljanje korakov in metod izvajanja medresorske delovne skupine za prilagajanje, ki bo pripravljala redna dvoletna poročila in redno posodabljanje korakov in navodil smernic. Načrtuje se, da bo strateškemu dokumentu sledil Akcijski načrt ukrepov za prilagajanje. Obstaja vrsta drugih dokumentov s cilji in ukrepi za prilagajanje, na primer strategije za gozdarstvo in razvoj kmetijstva, ki imajo svoj nabor politik za spodbujanje prilagajanja v svojih sektorjih. Strategija prilagoditve podnebnim spremembam za kmetijstvo v Vipavski dolini za obdobje 2017–2021 je bila pripravljena v okviru projekta LIFE ViVaCCAdapt, sprejela pa jo je

občina Ajdovščina leta 2018. Vsebuje tudi predlagani sklop ukrepov, ki jih je treba izvesti do leta 2021.

Medresorsko delovno skupino za prilagajanje podnebnim spremembam s člani vseh zadevnih ministrstev, agencij in vladnih služb je vlada uradno imenovala septembra 2016 in je zadolžena za izvajanje Nacionalne strategije prilagajanja ter horizontalno in vertikalno usklajevanje politik prilagajanja oz. izdelave. Skupina je glavna referenčna točka v procesu razvoja politike prilagajanja, vodi pa jo ministrstvo za okolje in prostor s pomočjo zunanjih strokovnjakov in ARSO. V letnem programu ukrepov Sklada za podnebne spremembe je vsako leto zagotovljeno financiranje ukrepov za prilagajanje. Zadnji Odlok o programu uporabe sklada za podnebne spremembe za leto 2019 predvideva do 26,05 milijona evrov za prilagoditev podnebnim spremembam.

V prednostnih sektorjih se izvajajo prilagoditveni ukrepi, spremljanje napredka pa poteka, kot je opredeljeno v ustreznih akcijskih načrtih (načrti za upravljanje z vodami, ocene poplavne ogroženosti ter v kmetijstvu in gozdarstvu). Merjenje uspešnosti / uspešnosti ukrepov za prilagajanje je bilo nadalje razvito v kazalniku ranljivosti v okviru strateškega okvira za prilagajanje podnebnim spremembam. V okviru nacionalnega akcijskega načrta za prilagajanje bo razvit sistem za periodični pregled ukrepov za prilagajanje na sektorski in lokalni ravni ter dodelitev odgovornosti za poročanje. Načrt bi moral prav tako predvideti kazalnike in vrsto okvira, ki se bo uporabljal za spremljanje napredka prek niza kazalnikov za oceno pripravljenosti.

Nacionalna ocena tveganja nesreč zaradi podnebnih sprememb, ki jo je vlada sprejela leta 2016, vsebuje celovito analizo ocene tveganja za nesreče in določa, da so glavna tveganja za nesrečo v državi povezana z obvladovanjem poplav. Upravljanje z vodami (in s tem povezana tveganja poplav in suše) skupaj s kmetijstvom in gozdarstvom sta sektorja, ki sta v preteklosti največ pozornosti posvetila ukrepom za prilagajanje podnebnim spremembam, tudi zaradi velikega vpliva ekstremnih vremenskih pojavov. Ukrepi v teh sektorjih že potekajo, na primer načrt ukrepov za zaščito pred poplavami, ki temelji na oceni tveganja. Območja s pomembnim vplivom poplav v Sloveniji so bila določena na podlagi predhodne ocene poplavne ogroženosti ob upoštevanju scenarijev vplivov podnebnih sprememb v letu 2018.

Ti dokumenti so predlagali prve korake v postopkih državnega, regionalnega in lokalnega razvoja ter prostorskega načrtovanja, ki temeljijo na okrepljeni uporabi instrumentov presoje vplivov na okolje. Podobno kot v drugih državah EU se tudi v Sloveniji prilagajanje podnebnim spremembam poganja na nacionalni ravni in se večinoma izvaja na lokalni ravni. Občine so edina raven samouprave; imajo veliko vlogo pri:

- prostorskem in urbanističnem načrtovanju,
- nastanitvah,
- upravljanju z vodami,
- ekonomskem razvoju,
- turizmu in
- varstvu okolja.



Pristojnosti za prostorsko načrtovanje se delijo tudi na nacionalni in lokalni ravni. Pobude za prilagajanje podnebnim spremembam na lokalni in/ali regionalni ravni zaenkrat večinoma temeljijo na enkratnem sodelovanju v različnih projektih (npr. pilotni raziskovalni projekti, nadenacionalni projekti sodelovanja, projekti LIFE ipd.).

V novi zakonodaji o prostorskem načrtovanju bodo premisleki o prilagajanju podnebnim spremembam sestavni del procesov prostorskega načrtovanja na lokalni in tudi na regionalni ravni, vendar še ni razbrati, v kolikšni meri bodo regionalni razvojni in prostorski načrti vključevali vplive podnebnih sprememb. .

Vključevanje prilagajanja se za sedaj izvaja z dosedaj sprejetimi dokumenti. Vendar imata kmetijstvo in gozdarstvo svoje strategije in izvajata ukrepe, katerih cilj je tudi upoštevanje vplivov podnebnih sprememb, vzpostavljeno je sodelovanje med strokovnjaki Ministrstva za okolje in prostor in Ministrstva za kmetijstvo. Na področju upravljanja z vodami je bil sprejet Načrt upravljanja voda za porečje Donave in Jadrana za obdobje 2016–2021, ki določa tudi ukrepe, ki prispevajo k prilagajanju podnebnim spremembam.

Od leta 2006 je Slovenija gostiteljica Centra za upravljanje suše za jugovzhodno Evropo - DMCSEE (v skladu s Konvencijo Združenih narodov o boju proti dezertifikaciji - UNCCD in Svetovno meteorološko organizacijo - WMO). Temelj Nacionalnega akcijskega načrta za upravljanje suše v Sloveniji je bil pripravljen v okviru DMCEEE, ki je preučil trenutno upravljanje suše v Sloveniji in podal posebne predloge za njegovo izboljšanje. Za ohranjanje biotske raznovrstnosti je bil sprejet program upravljanja Natura 2000 za Slovenijo za obdobje 2014–2020, zlasti za upravljanje območij NATURA 2000. Določa cilje ohranjanja habitatov in vrst z namenom ohranjanja ali izboljšanja njihovega stanja ohranjanja in s tem tudi izboljšanja odpornosti na podnebne spremembe.

Uprava za civilno zaščito in reševanje pri Ministrstvu za obrambo je nacionalni koordinacijski organ za procese tveganja (zagotavlja povezave s politikami, povezanimi s prilagajanjem, z medresorsko delovno skupino za oceno tveganja ob nesrečah) in je odgovorna tudi za nacionalne načrte za ukrepanje ob nesrečah v sodelovanju z drugimi ministrstvi.

Za pripravo in obnavljanje strokovnih podlag za prilagajanje podnebnim spremembam v Sloveniji je ključnega pomena poznavanje preteklih podnebnih sprememb in ocena prihodnjih podnebnih razmer. Poleg spremenjenih povprečnih pogojev so zelo pomembne ocene pogostosti, značaja in trajanja izrednih vremenskih in pojavov povezanih z vremenom, ki najbolj vplivajo na prebivalce, okolje in dejavnosti.

V okviru projekta "Podnebna spremenljivost Slovenije" je ARSO podrobno preučil preteklo podnebno spremenljivost v Sloveniji tako glede povprečnih razmer kot tudi izrednih pojavov. Na podlagi zgodovinskih gibanj v okviru projekta "Ocene vplivov podnebnih sprememb v 21. stoletju" so pripravili ocene podnebnih sprememb za prihodnost in vpliv podnebnih sprememb za nekatere izredne dogodke, kot so vročinski valovi, suše, izredni padavinski pojavi in visoke vodne razmere. Tudi v okviru projekta "Ocene vplivov podnebnih sprememb v 21. stoletju" v letih 2016–2018 so bile pripravljene ocene sprememb za naslednje podnebne spremenljivke za tri prihodnja obdobja (2011-2040, 2014-2070 in 2071-2100) ob upoštevanju treh možnih projekcij koncentracije toplogrednih plinov v atmosferi (zelo optimističen RCP2.6, zmerno optimističen RCP4.5 in pesimistični scenarij RCP8.5):

- temperatura zraka,

- temperatura tal,
- temperatura površinske vode,
- temperatura morja,
- temperatura podzemne vode,
- vsebnost vode v tleh,
- količina padavin,
- količinsko stanje vodotokov,
- oskrba z vodo vodonosnikov in
- fenološki razvoj izbranih rastlinskih vrst.

V okviru projekta "Ocene vplivov podnebnih sprememb v 21. stoletju" so bile izvedene ocene vpliva glede na pogostost pojavljanja, trajanje in jakost vročinskih valov, kmetijske suše, suše na površinskih vodah in suše podzemne vode viri, visoke vodne razmere in zmrzal. Na podlagi ocenjenih sprememb podnebnih spremenljivk so bile pripravljene tudi ocene vpliva podnebnih sprememb na stanje tal za kmetijstvo, rastne razmere, bodoče visoke vodne razmere na površinskih vodah, prihodnje sušne razmere na površinskih vodah in oskrbo z vodo vodonosniki v Sloveniji.

Ocene vplivov podnebnih sprememb na posamezne sektorje se bodo nadaljevale tudi v prihodnje. V letu 2019 bo pripravljen prvi del ocene vpliva podnebnih sprememb na vodo in vire energije. V okviru vplivov na energetske vire bo pripravljena ocena učinka na vetrni potencial, hidroelektrični potencial ter temperaturni primanjkljaj in presežek. Glede na potrebe posameznih sektorjev v naslednjih letih načrtujejo oceno vpliva podnebnih sprememb na:

- potencial sončne energije,
- biotsko raznovrstnost,
- morje in obalo,
- zdravje ljudi,
- plazove,
- pojavu hudourniških poplav in
- nevarnost požarov.

Na podlagi rezultatov preteklih let bo za potrebe ocene vpliva podnebnih sprememb na vodne vire razvit integriran kazalnik za spremljanje suše v vseh sektorjih (meteorološke, hidrološke in kmetijske suše). Z novo razvitim modelom vodne bilance mGROWA-SI bo ARSO pripravil ocene vplivov podnebnih sprememb za sezonske spremembe vodne bilance, ki bodo imele velik vpliv ne le na energetski sektor, temveč na celoten vodovodni sektor. Učinki sezonskih sprememb bodo raziskani za:

- snežne razmere (sneg je pomemben člen vodne bilance za prenos vode iz hladnega v topel del leta),
- skupni odtok in

- količino podzemne vode.

Po poročilih MOP poteka sodelovanje z zunanjimi strokovnjaki, razvijajo se načrti o tem, kako vključiti deležnike, potekajo številni javni dogodki in redna posvetovanja s strokovnjaki. Trenutno poteka nenehni postopek za izboljšanje, zlasti usklajevanje med oblikovalci politike in znanostjo.

Medresorska delovna skupina za prilagajanje podnebnim spremembam s člani vseh zadevnih ministrstev, agencij in vladnih služb služi kot glavna referenčna točka v procesu razvoja politik prilagajanja, vodi pa jo MOP s pomočjo zunanjih strokovnjakov in ARSO. Čezmejno sodelovanje za reševanje skupnih izzivov z ustreznimi državami poteka dvostransko in večinoma v programih čezmejnega sodelovanja na podlagi ocene skupnih prednostnih sektorjev in tveganj, kot so npr. poplave. Nedavne naravne nesreče, kot so poplave, toča in neurja, so pritegnile več pozornosti za čezmejne zadeve tako glede preventive kot tudi ukrepov pomoči.

ARSO razširja nekatere informacije o prilagoditvi in redno obvešča javnost o ekstremnih vremenskih pojavih. Ministrstvo za okolje in prostor in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano imata nekaj informacij in gradiva o vprašanjih, povezanih s prilagajanjem, na primer informacije o vplivih na kmetijstvo. Druga ministrstva in agencije zagotavljajo gradivo za izobraževanje in usposabljanje v zvezi z ukrepi v svojih sektorjih, ki prispevajo tudi k večji odpornosti na vplive podnebnih sprememb (na primer energetska učinkovitost ali program varovanja zdravja).

Ugotovitev EU komisije za Slovenijo:

Redno obstajajo razpisi za financiranje programov / dejavnosti za spodbujanje izobraževanja in ozaveščanja javnosti o vplivih in prilagajanju podnebnim spremembam, vendar je zelo malo izbranih projektov osredotočenih na prilagajanje podnebnim spremembam, sploh pa na bolj konkretnih lokalnih nivojih.

3 PREDLOG PRISTOPA DO OCENE PODNEBNIH SPREMOMB NA LOKALNEM NIVOJU

Podnebne spremembe so že prisotne in se bodo nadaljevale. Moramo se naučiti živeti z njimi in se jim prilagajati. Lokalne skupnosti so tisti stebri, ki bodo lahko izvedli prilagajanja na lokalnem nivoju in reševali probleme podnebnih sprememb, ki najbolj zadevajo prebivalce teh lokalnih območij. Ob poskusu zasnove ukrepov prilagajanja, se akterji v politiki in administraciji pogosto soočajo z vprašanji kot so: Kako začeti proces prilagajanja? Kakšne informacije potrebujemo in kje jih najdemo? Kako se lahko viri primerno in učinkovito uporabijo? Kateri ukrepi so primerni in uporabni za naše lokalno območje?

Seveda je tudi pomembna jasna odločitev, kdo bo nosilec in koordinator teh akcij. **Na območju Mestne občine Maribor in z njo povezanimi občinami je Medobčinski urad za varstvo okolja in ohranjanje narave (MUVOON) tisti, ki bi lahko glede na naravo svojega dela lahko bil strokovni nosilec te naloge na lokalnem nivoju.** Glede na predvideno pripravo načrta varstva okolja za naslednje določeno obdobje na tem lokalnem območju, je potrebno upoštevati, da je prilagajanje podnebnim spremembam del tega načrta.

Pristop prilagajanja lahko v osnovi razdelimo na tri faze, ki gradijo ena na drugi:

1. ustvarjanje osnov za prilagajanje,
2. identifikacija tveganja in določitev rešitev,
3. izvedba in monitoring uporabljenih akcij.



Slika 3.1: Pristop prilagajanja podnebnim spremembam na lokalnem nivoju

Zaradi regionalne raznolikosti Slovenije - produkta topografije države (od gora do panonskih nižin), rabe zemljišč (od travnatih zemljišč do razvitih stanovanjskih območij), vzorcev naselitve (od mest do podeželskih regij) in gospodarskih struktura (od industrije do kmetijstva) - obstajajo regionalne razlike glede učinka. Tako je potrebno graditi na lokalnih pristopih.

Prilagoditev na podnebne spremembe je vsekakor eden od stebrov podnebne politike. Vendar pa v Sloveniji na tem zelo kompleksnem problemu žal v primerjavi z nekaterimi drugimi evropskimi državami zamujamo. Podnebna politika Evropske unije si prizadeva omejiti globalno segrevanje na 2 ° C nad predindustrijsko raven. Za doseg tega cilja je treba po vsem svetu sprejeti ukrepe za ublažitev podnebnih sprememb. Toda tudi s takojšnjim pomembnim zmanjšanjem emisij toplogrednih plinov ali stabilizacijo emisij na trenutnih ravneh nadaljnje zvišanje temperature v prihodnjih desetletjih ni več mogoče preprečiti.

Zato je potrebno za boj proti vplivom podnebnih sprememb poleg nepogrešljivih ukrepov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov **razviti in izvajati tudi strategije in ukrepe za prilagajanje**. Pravočasno prilagajanje podnebnim spremembam vključuje poskuse, da bi se izognili morebitnim škodljivim učinkom in izkoristili vse pozitivne učinke. Na voljo je široka paleta možnosti prilagajanja: informativni ukrepi, ki se osredotočajo predvsem na ozaveščanje; zeleni

ukrepi, kot je npr. renaturacij rek, umetno bogatenje podzemne vode ipd.; in sivi ukrepi, kot so npr. tehnična stabilizacija naklonov terena ali toplotna izolacija stavb.

Zaradi kompleksnosti problemov moramo biti pripravljeni tudi na paleto takšnih ali drugačnih ovir. "Izzivi" (imenovani tudi "ovire") so običajno razumejo kot omejitve na političnih ali upravnih področjih, ki jih je mogoče odpraviti z usmerjenimi prizadevanji, kreativnim upravljanjem ali spremembo perspektive ali prednostnih nalog. Vendar je potrebnost takšne politično-administrativne izzive razlikovati od ovir, ki ovirajo avtonomno prilagajanje v družbi (npr. kulturne ali psihološke ovire). Poleg tega je treba opozoriti, da se politike prilagajanja pogosto srečujejo s fizičnimi ali tehnološkimi omejitvami izvedljivosti, ki jih ni mogoče preseči s političnimi ali administrativnimi napori.

Splošni izzivi ali ovire, ki jih moramo upoštevati, so naslednji:

- pomanjkanje politične zavezanosti: ustrezni nosilci političnih odločitev niso (dovolj) pripravljeni napredovati pri prilagajanju;
- nejasna ali neprimerna porazdelitev pristojnosti/odgovornosti ali nezadostno usklajevanje: ker je vprašanje podnebnih sprememb relativno novo, ustreznih težav in potencialnih rešitev pogosto ni mogoče jasno dodeliti določenim akterjem, sektorjem ali ravni vlade;
- nezadostno sodelovanje: politični akterji med seboj in/ali drugimi upravnimi ravni ne kažejo malo ali nič sodelovanja;
- pomanjkanje virov: finančni in/ali kadrovske viri niso zadostni;
- znanstvena negotovost: podnebne napovedi, pričakovani učinki podnebnih sprememb ali stroški in koristi potencialnih ukrepov se lahko določijo le do določene mere; ni mogoče predvideti natančnih podatkov, števil ali časovnega razporeda;
- premajhen prenos znanja in povezovanje v mrežo: vpleteni odločevalci se na sklicevanje na obstoječe znanje in predhodne izkušnje skoraj nič ne sklicujejo; pogosto je to posledica pomanjkanja povezave med znanostjo in politiko.

3.1 Priprava osnov za prilagajanje podnebnim spremembam

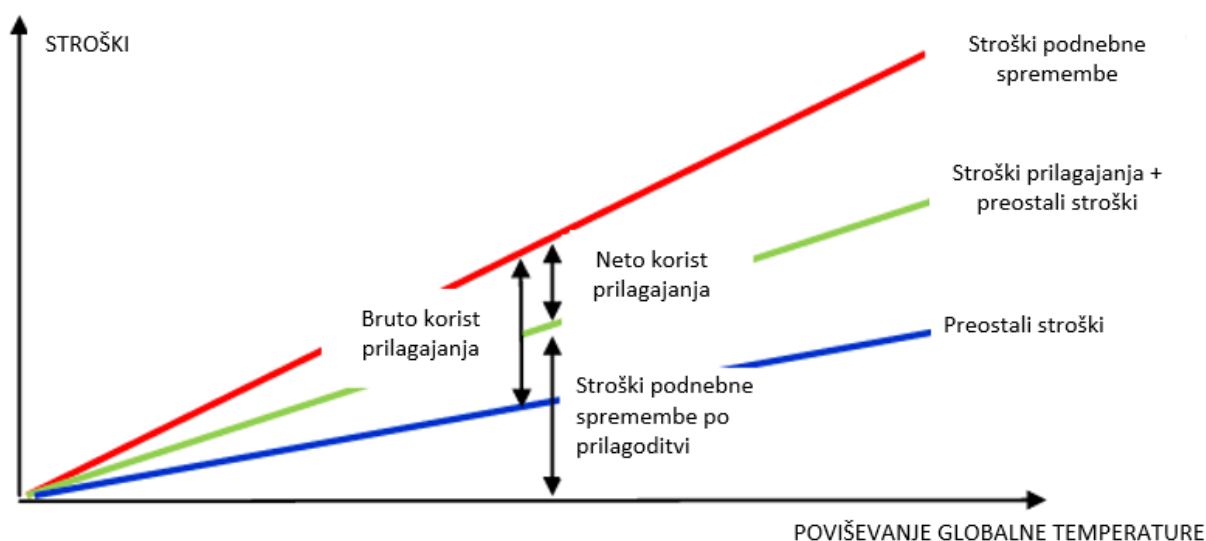
Za začetek političnega procesa je treba na politični ravni, ki vključuje tudi lokalno raven upravljanja, prepoznati pomembne težave in vprašanja. Ta korak pogosto ne uspe zaradi naslednjih ovir:

- premalo zavedanja ali pomanjkanje ozaveščenosti: kadar se ustrezni odločevalci ne zavedajo potrebe po prilagajanju, ustrezna vprašanja in strategije, sploh ne bodo dosegla političnega programa;
- sporne prednostne naloge: kadar je težko oceniti nujnost in učinkovitost možnih ukrepov prilagajanja, so pogosto prednostna vprašanja druga vprašanja;
- nejasna dodana vrednost: dodana vrednost, ustvarjena s prilagoditvenimi strategijami in ukrepi, je pogosto nejasna.

Pri pripravi osnov za prilagajanje in njihovih osnovnih korakov je potrebno upoštevati:

- pri zagotovitvi politične podpore in virov je potrebno določiti:
 - vsebine za prilagajanje
 - osrednjo strokovno ekipo, ki bo spremljala in vodila celotni postopek
 - ukrepe blaženja in prilagajanja podnebnim spremembam

- politično ogrodje prilagajanja
- ekonomske vidike podnebnih sprememb
- stroške ekstremnih dogodkov
- pri zagotovitvi priprave in podajanja informacij je potrebno podati:
 - obseg podnebnih sprememb
 - vpliv podnebnih sprememb
 - točko preloma v podnebnem sistemu
 - urbano podnebje
 - podnebne spremembe v mednarodnih dimenzijah
 - socialni vidik podnebnih sprememb
 - literaturo in informacijske platforme
 - raziskovalne projekte
 - slovarček izrazov za podnebne spremembe
 - primere dobre prakse
- pri zagotovitvi internega sodelovanja strokovnjakov je potrebno podati:
 - pregled statusu quo glede prilagoditev in priprave osnove za naslednje korake
- pri inicijaciji sodelovanja z deležniki pa je potrebno:
 - narediti izbor in analizo deležnikov ter
 - zagotoviti integracijo deležnikov in določiti njene uporabljene oblike.



Slika 3.2: Ocena stroškov (vir: Stern et al., 2006)

3.2 Identifikacija tveganja in določitev rešitev

Ko vprašanje doseže politični program, se o oblikovanju in izvajanju ukrepov odloči ustrezni politični akter. Naslednji izzivi lahko kritično ovirajo napredek v tej fazi:

- pomanjkanje strokovnega znanja: tudi ko se pojasnijo stroški in koristi nekaterih prilagoditvenih ukrepov, odgovorni akterji pogosto nimajo strokovnega znanja, da bi ideje prenesli v konkretne ukrepe ali strategije;

- spopadanje vrednot in interesov: sporazum o skupni formulaciji ali odločitvi je v tej fazi še posebej občutljiv za spore glede vrednot ali interesov;
- nezadostna izbira ukrepov: razpoložljivi ukrepi ne ustrezajo pričakovanjem in potrebam odločevalcev in jih zato ne nadaljujemo naprej.

Pri pripravi identifikaciji tveganja in določitvi rešitev je potrebno upoštevati:

- določitev negotovosti v vseh korakih:
 - projekcije o bodočnosti so, ne glede na zadevo, vedno preprejene z negotovostjo;
 - negotovost se nanaša tako na same podnebne spremembe in še bolj v socio-ekonomskih razvojih na področju ekonomske rasti, premikov v populaciji, stroških energije in spremembe rabe prostora;
 - soočamo se s tremi osnovnimi tipi negotovosti: prvi tip je v izbirah narejenih v podnebni strategiji, ki bodo imele kritični vpliv na bodoči razvoj podnebja; drugi tip negotovosti izhaja iz podnebnih modelov samih in tretji tip negotovosti izhaja iz nezadostnega znanja o interakciji in povratnih procesih, ki se dogajajo znotraj podnebnega sistema ;
- opredelitev obstoječih in prihodnjih učinkov podnebnih sprememb v osnovi vključuje:
 - inventarizacijo sedanjih z vremenom in podnebjem povezanih problemov, ki vključujejo zbiranje podatkov in pregled lokalnega znanja ter izkušenj;
 - opis sedanje socio-ekonomske in ekološke situacije na vključenih sektorjih (kmetijstvo, gozdarstvo, upravljanje z vodami, ohranjanje narave in biodiverzitete, turizem, zdravje, poselitev in gradnja, energetska industrija, transportna infrastruktura, urbana območja in upravljanje z nesrečami);
 - uporaba SWOT analiz;
 - ocena posledic podnebnih sprememb na vključenih sektorjih (kmetijstvo, gozdarstvo, upravljanje z vodami, ohranjanje narave in biodiverzitete, turizem, zdravje, poselitev in gradnja, energetska industrija, transportna infrastruktura, urbana območja in ekonomije);
- upoštevanje široke palete možnih ukrepov prilagajanja vključuje:
 - merila za prilagajanje podnebnim spremembam, določena za 12 ključnih sektorjev, ki dajejo osnovo za diskusijo o izbirah in konkretnem planiranju ukrepov ((kmetijstvo, gozdarstvo, voda, ohranjanje narave in biodiverzitete, turizem, zdravje, poselitev in gradnja, energija, transportna infrastruktura, prostorsko planiranje/urbana območja, upravljanje z nesrečami in ekonomija/zavarovanje);
- določitev prilagoditvenih ukrepov in njihove prednosti vključuje:
 - strukturiranje predlogov – razvoj meril;
 - kriterije za določanje prednosti;
 - ponderiranje prednosti;
- vključevanje prilagajanj v obstoječe instrumente vključuje:
 - pregled ključnih instrumentov;
 - presejanje identificiranih instrumentov;
 - določitev potrebne akcije glede na prilagoditev instrumentom;
- ustvarjanje novih instrumentov za izvedbo, če je to potrebno;
- razvoj strateških in akcijskih načrtov.

3.3 Izvedba in monitoring uporabljenih akcij

Po sprejetju odločitve v prid določenemu prilagoditvenemu ukrepu je njegovo izvajanje še vedno v zraku. Na tej stopnji je treba premagati naslednje izzive:

- strategije prilagajanja politično ali upravno niso uresničljive: ukrepi morajo biti združljivi s političnim in administrativnim okvirom in praksami; če je ukrep nerealen, pretirano ambiciozen ali premalo natančen v svoji formulaciji, njegovo izvajanje morda ne bo uspešno;
- ustrezne tehnološke rešitve niso na voljo: čeprav bi morale težave pri prilagajanju načeloma biti tehnološko rešljive, morebitne rešitve morda ne bodo na voljo odgovornim (npr. ker niso finančno dosegljive);
- pravni okvir: pravni položaj lahko ovira izvajanje ukrepov.

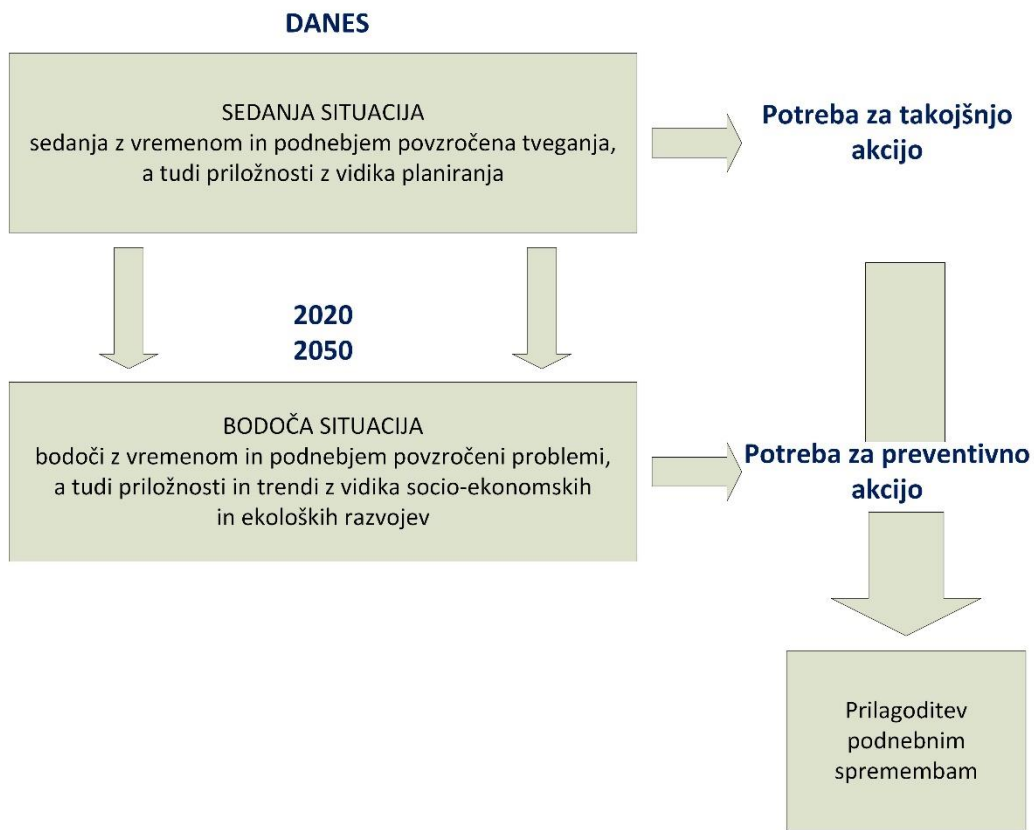
Formalni konec političnega cikla vključuje spremljanje in ocena izvedenih ukrepov, da se ugotovi, ali so potrebni, učinkoviti in uspešni. Na podlagi tega se lahko sklepa o možnih izboljšavah ali preoblikovanju ukrepov. Uspešen zaključek te faze pogosto ovirajo naslednji izzivi:

- rezultati so preveč zapleteni: v mnogih primerih je rezultate izvajanih ukrepov težko oceniti, še posebej, če učinki postanejo vidni le dolgoročno;
- malo ali nič izkušenj s spremljanjem in ocenjevanjem ukrepov prilagajanja: zaradi razmeroma kratke zgodovine vprašanja prilagajanja podnebnim spremembam akterji še nimajo dovolj izkušenj s spremljanjem in oceno politik prilagajanja.

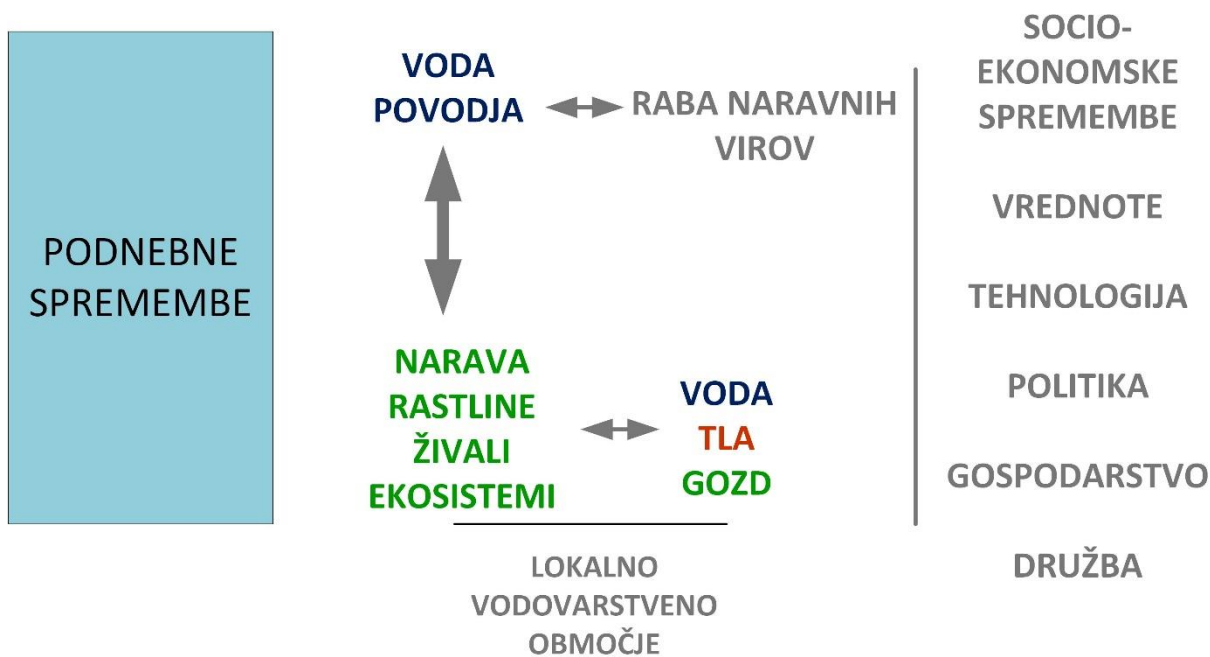
Na splošno je za uspeh politike prilagajanja podnebnim spremembam treba obravnavati in premagovati več politično-upravnih izzivov. Kot vsi izzivi, tudi ti niso nepremostljivi, čeprav postopek ni vedno enostaven.

Ko se določijo ukrepi prilagajanja na določenem lokalnem območju, pride do izvajanja. Pri tem moramo upoštevati:

- **Podpora odgovornih akterjev v postopku izvajanja.** Strategija/akcijski načrt za prilagajanje določa, kdo naj kaj in kdaj izvaja. Jasna dodelitev vlog olajša izvajanje ukrepov. Poleg tega lahko osrednja strokovna ekipa, določena v 1. fazi, služi kot osrednja točka za izvajanje.
- **Nadaljevanje stalnega sodelovanja.** Nadaljnje sodelovanje ustreznih akterjev v fazi izvajanja je pomemben dejavnik uspeha. Udeležba krepi motivacijo in identifikacijo z ukrepi. Integracija lahko poteka prek različnih pristopov iniciacije sodelovanja z deležniki in strokovnih komunikacijskih načel.
- **Upoštevanje terminskega plana.** Status izvajanja ukrepov za prilagajanje je treba redno ocenjevati, pri tem je pomembna zasnova monitoringa. Potrebno je paziti na komunikacijo in proslavljati uspehe. Uspešno zaključen korak je povod za praznovanje. Že majhno praznovanje krepi občutek skupnosti in motivira ljudi za nadaljnje dejavnosti.
- **Ne pozabiti.** Prilagajanje podnebnim spremembam je dolgoročen proces, ki nas bo zaposlil še nekaj desetletij. Postopki prilagajanja običajno zahtevajo posodobitev in ponovno zagon.



Slika 3.3: Identifikacija obstoječih in bodočih učinkov podnebnih sprememb



Slika 3.4: Kompleksna medsebojna povezava

Tabela 3.1: Sistematična kategorizacija procesa izvedbe prilagajanja na podnebne spremembe

Intenzivnost koraka	Vplivi podnebnih sprememb	Raziskave	Ukrepi prilagajanja
Korak 1	Vplivi sedanjih in bodočih vplivov podnebnih sprememb še niso sistematično ocenjeni	Na voljo ni nobenih uporabnih ugotovitev raziskav o vplivu podnebnih sprememb ali potreb po prilagajanju	Ukrepi niso bili ugotovljeni
Korak 2	Vplivi sedanjih in bodočih vplivov podnebnih sprememb so sistematično ocenjeni v posameznih sektorjih, za nekatera območja	Na voljo so prve uporabne ugotovitve raziskav o vplivu podnebnih sprememb in potreb po prilagajanju	Ugotovljeni so bili osamljeni ukrepi ali pa so bili nekateri obstoječi ukrepi, ki se nanašajo na prilagajanje, delno vključeni v strategije / akcijske načrte, specifične za sektor ali lokalno območje.
Korak 3	Vplivi sedanjih in bodočih vplivov podnebnih sprememb so sistematično ocenjeni v vseh bistvenih sektorjih in za območje načrtovanja	Na voljo so ustrezne raziskave o vplivu podnebnih sprememb in potreb po prilagajanju	Potencialni ukrepi so bili opredeljeni, podrobno opisani in vključeni v splošne strategije / akcijske načrte
Korak 4	Največji trenutni in prihodnji izzivi podnebnih sprememb in dodatni stresni dejavniki so sistematično ocenjeni (po sektorjih, vendar tudi medsektorsko, na podlagi območja načrtovanja)	Za odprta vprašanja so bile naročene nadaljnje ciljno usmerjene raziskave	Ukrepi so bili opredeljeni in dokumentirani v strategijah in akcijskih načrtih, nekateri pa so v postopku izvajanja
Korak 5	Največji trenutni in prihodnji izzivi podnebnih sprememb in dodatni dejavniki stresa so sistematično ocenjeni (po sektorjih, pa tudi medsektorsko, na podlagi območja načrtovanja) in se stalno pregledujejo in posodablajo.	Za odprta vprašanja so bile naročene nadaljnje ciljno raziskave, rezultati pa so stalno vključeni v strategije in akcijske načrte	Ukrepi, naštet v strategijah in akcijskih načrtih, so bili večinoma izvedeni in jih redno spremljamo glede na njihovo učinkovitost ali jih prilagajamo spreminjajočim se izzivom

Z ustrezno komunikacijo lahko ljudi motiviramo, da začnejo izvajati dejavnosti, ki prispevajo k prilagajanju podnebnim spremembam na njihovih območjih odgovornosti. V tem okviru lahko naslednji dejavniki olajšajo uspešno komunikacijo na temo podnebnih sprememb in prilagajanja:

- jasno razložite koncepte in terminologijo:
 - zmanjšajte kompleksnost informacij,
 - uporabljajte dosledna in nedvoumna sporočila;
- prevedite, kaj podnebne spremembe pomenijo za vsakdanje življenje;
- vključite lokalno znanje deležnikov;
- priporočite konkretne rešitve (možni ukrepi prilagajanja);
- komunicirajte na način, usmerjen v ciljno skupino, npr. z uporabo ustreznega jezika, formatov, metafor, slik, obstoječih medijev itd.;
- privabiti in ohraniti pozornost ciljne skupine, na primer z napetostjo, humorjem, presenečenjem, novostjo, zgodovinskimi priložnostmi in izzivi, zgodbami, prebijanjem rutin;
- uporabite javne osebe, ki jih ciljna skupina sprejema in jim zaupa;
- sprožite čustva, na primer občutek skrbi, vendar tudi varnost (ko so izvedeni prilagoditveni ukrepi);
- uporabljajte slike, vizualizacije in virtualno resničnost, da bi učinki podnebnih sprememb in ukrepi prilagajanja postali oprijemljivi;
- vzpostavite povezavo z obstoječimi vrednotami in normativi, npr. vzdržnost, pravičnost, (samo) odgovornost, preprečevanje itd.

4 INVENTARIZACIJA OBSTOJEČIH VIROV S PODROČJA PODNEBJA IN PODNEBNE KAKOVOSTI BIVALNEGA OKOLJA

Inventarizacija obstoječih virov s področja podnebja in podnebne kakovosti bivalnega okolja je eden od osnovnih elementov priprave ukrepov prilagajanja podnebnim spremembam. V osnovi vključuje:

- merilna mesta na določenem območju;
- preverbo zbiranja podatkov o:
 - podnebnih in vremenskih podatkih;
 - obstoječi analizi zbranih podatkov, študije in rezultati projektov;
 - statistiko škod in dokumentacijo dogodkov;
- preverbo lokalnega znanja in izkušenj:
 - z uporabo orodij kot so ankete, intervjuji, delavnice ipd.;
 - pregled odgovorov na vprašanja kot so:
 - Kakšne probleme danes povzročajo vremenski in podnebni pojavi?
 - Kakšen vpliv imajo ti dogodki na območje planiranja (npr. mesto ali vodovarstveno območje)?
 - Kakšni so izzivi v ravnanju s temi dogodki?
 - Ali obstajajo še kakšni drugi viri, ki bi lahko prispevali k boljšemu razumevanju dogodkov povezanih z vremenskimi in podnebnimi pojavi?

4.1 Meteorološki podatki na območju mesta Maribor

O spremembah posameznih podnebnih parametrov lahko najbolj zanesljivo govorimo v t.i. instrumentalnem obdobju, to je v času, ko meteorološke elemente merimo. V Sloveniji potekajo meritve v okviru meteorološke službe od sredine 19. stoletja naprej. Najstarejša meteorološka postaja je bila locirana v Ljubljani, kjer meritve potekajo od leta 1853 naprej (Povše 1984).

Sorazmerno dolgo merilno obdobje ima tudi **meteorološka postaja Maribor**, kjer so začeli z meritvami že leta 1864 (Povše 1984), vendar zgodnji podatki žal niso dostopni. Urejeni niz podatkov za meteorološko postajo Maribor obstaja od leta 1876 naprej. Meteorološki podatki za Maribor zaradi spreminjanja lokacij žal niso povsem homogeni (Tabela 4.11).

Od začetka meritev do časa po 2. svetovni vojni je bila meteorološka postaja Maribor locirana na levem bregu Drave, ob vznožju Mariborskih goric na lokaciji Zavoda za pospeševanje sadjarstva, od leta 1948 do leta 1961 pa je delovala na območju nekdanjega športnega letališča na obrobju mesta ob današnji južni vpadnici v mesto. Leta 1961 so meteorološko postajo preselili za okoli 500 m proti severozahodu. Z rekonstrukcijo značilnosti rabe tal s pomočjo starejših zemljevidov in vojaških aerofotoposnetkov lahko z gotovostjo sklepamo, da se do konca 60. in začetka 70. let 20. stoletja oblika rabe tal ni bistveno spreminjala. Na vseh obravnavanih lokacijah so se v okolici nahajali travniki, vrtovi in njive. Šele na koncu 60. let so v okolici sedanje lokacije meteorološke postaje začele rasti prve stavbe (gasilski dom, stanovanjski bloki ob Rapočevi ulici in Jadranski cesti, nakupovalna središča in servisne dejavnosti s pripadajočimi asfaltiranimi parkirišči). Tako se tudi na primeru Maribora v zadnjih 50. letih pri analizi podnebnih sprememb ne moremo izogniti vpliva mestnega toplotnega otoka (Žiberna 1996; Žiberna 2006).

Tabela 4.1: Lokacije meteorološke postaje Maribor med leti 1876 in 2010

Lokacija	Nadmorska višina (m)	Obdobje delovanja
Zavod za pospeševanje sadjarstva	269	1.1.1876-31.12.1877
Splošna postaja	297	1.1.1882-31.12.1917
Zavod za pospeševanje sadjarstva	269	1.1.1921-31.12.1947
Maribor-Tezno	275	1.1.1948-31.12.1961
Maribor-Tabor	275	1.1.1962-

Vir: Arhiv Urada za meteorologijo, 2011. Povše, 1984.



Slika 4.1: Lokacija meteorološke postaje Maribor-Tabor po preselitvi leta 1962 (vir: Arhiv GURS, 2005)



Slika 4.2: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 2003 (vir: Arhiv GURS, 2005)



Slika 4.3: Lokacija meteorološke postaje Maribor Tabor leta 2016 (vir: Arhiv GURS, 2016)

V okviru Operativnega programa razvoja okoljske in prometne infrastrukture (OP ROPI) je Agencija Republike Slovenije za okolje izvedla velik projekt "Nadgradnja sistema za spremljanje in analiziranje stanja vodnega okolja v Sloveniji". Poimenovala ga je BOBER, kar je kratica za Boljše Opazovanje za Boljše Ekološke Rešitve (angl. Better Observation for Better Environmental Response).

Namen projekta v širšem smislu je bil povečanje sposobnosti celostnega proučevanja in spremljanja dejavnikov v vodnem krogu z različnih vidikov. Pomemben je predvsem vidik uravnoteženega prostorskega načrtovanja (boljše upravljanje z vodami) in izgradnje reprezentativnih merilnih mrež, ki bodo podpirale ocenjevanje stanja vodnih teles. Z vidika varstva okolja ter učinkovite in trajnostne rabe naravnih virov je pomembna predvsem zaščita pitnih voda - določanje nevarnih toksičnih snovi v okolju ter seveda tudi vidik zaščite zdravja in življenja ljudi in premoženja pred posledicami naravnih nesreč (zaščita pred poplavami in sušami), ki mora temeljiti na pravilni in pravočasni meteorološki in hidrološki napovedi in zagotavljanju podatkov v realnem času.

V okviru tega projekta od januarja 2017 na lokaciji **Vrbanski plato** deluje tudi **samodejna meteorološka postaja Maribor**. Lokacija **meteorološke postaje Maribor – Tabor** je namreč v okviru procesa denacionalizacije bila vrnjena upravičencem, ki po novem razpolagajo s tem zemljiščem. Vprašanje časa je, kdaj bo ta meteorološka postaja, ki na tej lokaciji deluje že od leta 1962 prenehala z delovanjem. Ker se samodejna postaja Maribor (na Vrbanskem platu) nahaja popolnoma izven območja sklenjene pozidave bo tako mesto Maribor izgubilo tipično mestno meteorološko postajo, analize sprememb podnebja znotraj mesta pa bodo tako prekinjene, kar je z vidika monitoringa neprecenljiva škoda. Res je sicer, da na Titovi cesti, ob Zdravstvenem domu Alfonza Drolca deluje **ekološko-meteorološka postaja Maribor- Center**, ki v okviru svojega

monitoringa opravlja meritve pomembnejših meteoroloških spremenljivk, vendar tipala meteorološke postaje niso locirana v skladu s standardi Svetovne meteorološke organizacije (WMO), zato ta postaja ne more biti obravnavana kot referenčna meteorološka postaja.



Slika 4.4: Lokacija meteorološke postaje na Vrbanjskem platoju



Slika 4.5: Lokacija vremenske postaje ob lizimetrski postaji Težno (podlaga Google Earth)

V okviru imisijskega monitoringa, ki ga izvaja Mestna občina Maribor skupaj s sosednjimi občinami, ki se oskrbujejo iz skupnega vodovodnega sistema, se upoštevajo tudi podatki **meteorološke postaje Tezno**, v lasti Mariborskega vodovoda, ob raziskovalni lizimetrski postaji Tezno.

Vse pogostejše uporabljeni vir prostorskih podatkov o podnebnih značilnostih so tudi georeferencirani sloji iz baz Chelsa Climate ali WorldClim. Podatki iz baze ChelsaClimate (Medmrežje 10) omogočajo dostop do temperaturnih in padavinskih podatkov na letnem in mesečnem nivoju za obdobje 1979-2013, s prostorsko resolucijo 30x30 ločnih sekund (cca. 650 m x 650 m). Temperaturni in padavinski podatki omogočajo tudi modeliranje evapotranspiracije in vodne bilance na širšem območju. Podobna je baza prostorskih georeferenciranih podatkov WorldClim, ki pa poleg temperaturnih in padavinskih podatkov ponuja podatke o sončevem sevanju, hitrosti vetra in parnem tlaku (Medmrežje 11).

5 OCENA OBSTOJEČEGA RAZPOLOŽLJIVEGA MONITORINGA HIDROLOŠKIH PARAMETROV

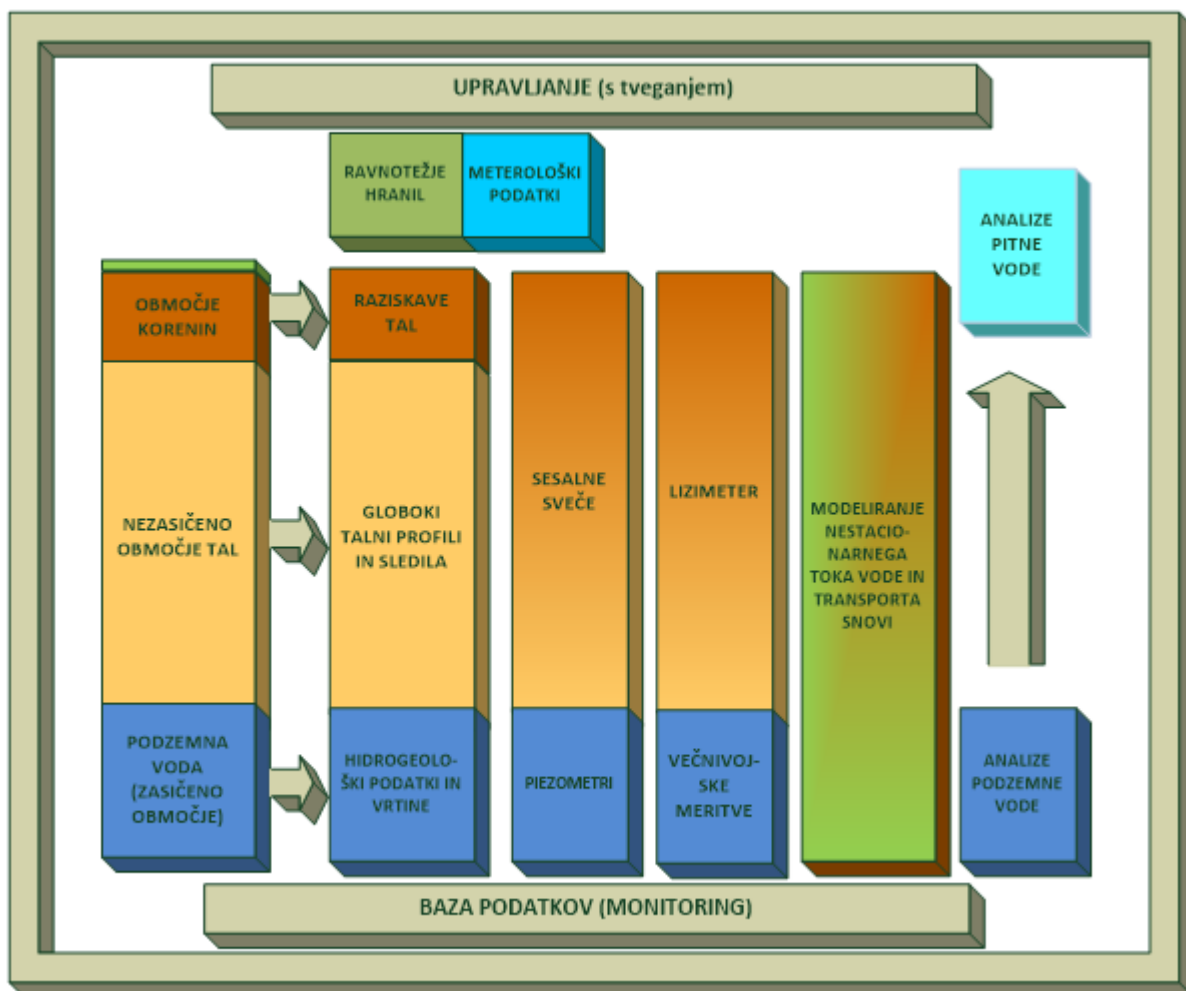
Hidrološke meritve, za določitev razpoložljivosti vode, se izvajajo na površinskih in podzemnih vodah ter vode v tleh. V okviru hidroloških parametrov se spremlja:

- temperatura površinskih in podzemnih voda,
- vsebnost vode v tleh,
- količinsko stanje vodotokov z merjenjem hitrosti vode, višine gladine, pretoka in geometrijo merskih prerezov,
- količinsko stanje vodonosnikov z meritvami višine gladine v vrtinah
- napajanje površinskih voda in vodonosnikov z vodo.

Razpoložljivost vode je po eni strani odvisna od vodnih virov in na drugi strani od njihovega koriščenja. Ko preseže odvzem določen procent vodnega vira, govorimo o vodnem stresu. Po nekaterih virih (Bates et al., 2008) lahko upoštevamo ekstremni vodni stres, ko odvzem vode preseže 40% vira. Globalno gledano na Zemlji leži to razmerje dokaj pod to mejo. Uporablja se le 9% vode na leto glede na razpoložljive količine sladke vode. Vendar pa so seveda regionalne in lokalne razmere zelo različne in tudi dostopnost do količin teh voda se razlikuje. Na območju vodovodnega sistema in njegovih virov, ki oskrbuje z vodo Mestno občino Maribor in okoliške občine, se ocena tovrstnega vodnega stresa po vodnih virih še ni določala.

Parametra, ki najbolj vplivata na zaloge vode so padavine in temperaturno odvisno izhlapevanje. Seveda se ne sme pozabiti tudi na kvaliteto vode, ki je pomembna tako za življenje v vodi kot njeno izkoriščanje. Določena je s kemičnimi, fizikalnimi in biološkimi lastnostmi. Te lastnosti se lahko spremenijo tudi zaradi podnebnih sprememb. Povišanje temperature lahko npr. vpliva na kemične procese v vodi in v tleh. Višje temperature vode npr. vplivajo na vsebnost kisika v vodi s tem, da povečajo porabo kisika z večjimi biološkimi aktivnostmi in se zasičenost s kisikom v vodi zmanjša. Bodoča kvaliteta vode bo odvisna predvsem od direktne in indirektne človeške dejavnosti v kmetijstvu, industriji in gospodinjstvih. Vse te pa so že in še bodo tudi pod vplivom podnebnih sprememb.

Kvaliteta hidrološkega monitoringa se izraža v zadostni mreži merilnih mest na površinskih vodotokih in podzemni vodi ter v ustrezni mreži meteoroloških postaj, ki lahko nudijo potrebne podatke za oceno razpoložljivih količin vode za napajanje površinskih voda in vodonosnikov na določenem lokalnem območju.

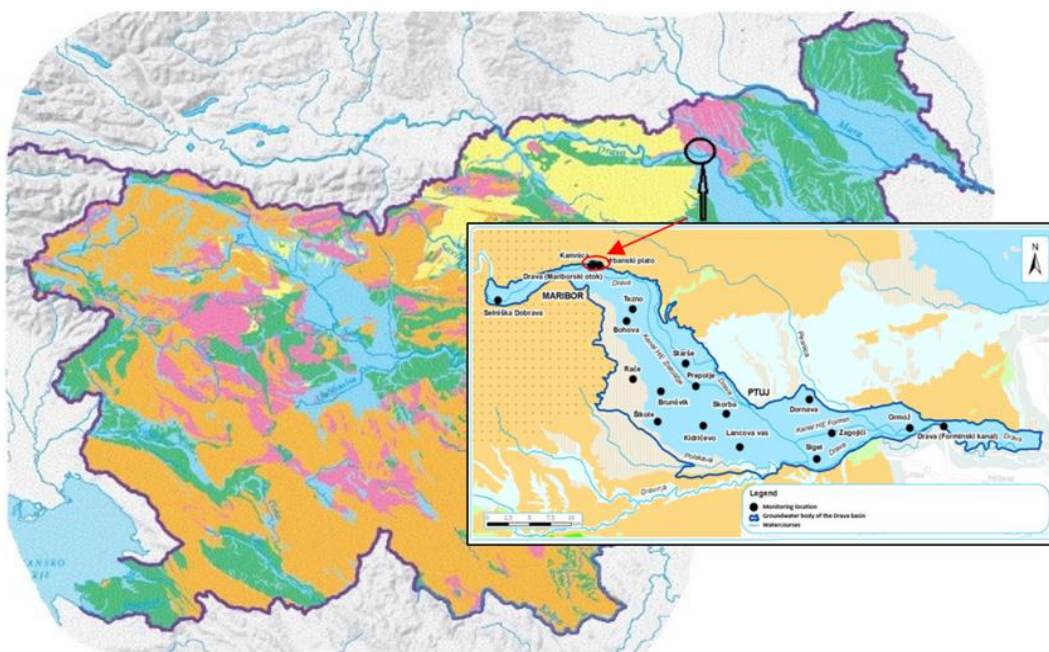


Slika 5.1: Območje nadzora podzemnih voda (vir: Kopač, 2014)

Glede na to, da so pri nas podzemne vode glavni viri oskrbe z vodo, je potrebno upravljati s telesi podzemnih voda skupaj s primerno in učinkovito rabo tal. Varovanje podzemnih voda lahko sloni le na kombinaciji kvalitetne mreže podatkov monitoringa, ki v smiselni mejah zajame tako meteorološke pogoje, telesa podzemnih voda, površinskih voda, ki nanje vplivajo in sama tla, ki vplivajo na kvaliteto in količino vode, s katero se napaja podzemna voda. Te **mreže monitoringov** so lahko tudi iz **različnih virov** – državnih, lokalnih, obratovalnih monitoringov podjetij. Potrebno je tudi bolj **učinkovito vključevanje modeliranja** toka vode in snovi tako iz atmosfere, nezasičeno cono tal in v sami podzemni vodi do vodnih virov.

5.1 Vodonosnik Vrbanskega platoja

Vodonosnik Vrbanskega platoja je del podzemnega vodnega telesa Dravsko-ptujskega polja (VTPodV_3012).



Slika 5.2: Lokacija vodonosnika (vir: ARSO Atlas okolja; Kopač, Vremec, 2017)

Ravninsko območje na levem in desnem bregu Drave med Mariborskim otokom in Meljem sestavljajo prodne in peščene kvartarne naplavine. Nasipanje proda in peska je sledilo dobi močnega dviganja, v kateri si je Drava urezala globoko strugo tip pod vznožjem gričevja. Tedanja struga Drave je okrog 14 m globlja od današnje struge Drave pri Mariborskem otoku.

Fazi dviganja je sledilo pogrezanje ozemlja in zasipavanje s prodom in peskom. V tej dobi je nastala visoka terasa, ki je dobro ohranjena v Kamnici ter v centru mesta severno od Gosposvetske in Partizanske ulice. Prav tako je lepo ohranjena na celotnem desnem bregu Drave. Površina terena je na nadmorski višini približno 280m in pada v smeri proti Melju in Pobrežju.

V mlajšem pleistocenu so se menjavale faze dviganja in urezovanja Drave s fazami mirovanja, kar kažejo tri nižje terase, ki si sledijo ena za drugo v smeri proti današnji dravski strugi. Zelo močno dviganje in s tem urezovanje reke se je začelo v najmlajšem pleistocenu in je trajalo vse do zaježitve za HE Zlatoličje.

Pri Mariborskem otoku in v Melju je razvita nizka holocenska terasa, ki se dviga le nekaj metrov nad gladino reke. Holocenski nanos je zelo tanek, kar kaže, da je bila faza mirovanja, v kateri je reka nasula teraso, le zelo kratka.

Izdanki temnosivega peščenega laporja z vložki konglomerata se pojavljajo tako na levem, kot na desnem bregu Drave. Prvi izdanek sega od elektrarne na Mariborskem otoku približno 500 m daleč v smeri proti mostu preko Drave pri Mariborskem otoku. Lapor tu potone pod kvartarne naplavine in se ponovno pojavi na površini okrog 800 m nizvodno od omenjenega mostu. Od tu

pa do studenške brvi so nižji deli levega dravskega brega sestavljeni iz laporja, na njem pa leži tanka plast proda. Pri studenški brvi potone pod prodni nanos in se pojavi na površini šele na vznožju Meljskega hriba.

Terciarni plasti so povečini položno nagnjene ter sestavljajo plitve sinklinale in antiklinale. Območje med studenško brvjo in Kalavarijo ter Meljskim hribom je rahlo antiklinalno vzbočeno. Jedro antiklinale sestavlja tonalitna breča. Antiklinala je kupolasto vzbočena in verjetno popolno lokalna tvorba.

Za hidrogeologijo tega območja sta pomembni dve vrsti kamenin in sicer propustni pleistocenski prod in pesek ter nepropustni terciarni lapor, peščen lapor, peščenjak, diagenetsko sprijeta glina ter konglomerat. Propustni pleistocenski peščeni prod sestavlja pleistocenske terase na levem in desnem bregu Drave. V teh plasteh se spreminja odstotek melja, ki predvsem zmanjšuje propustnost le teh.

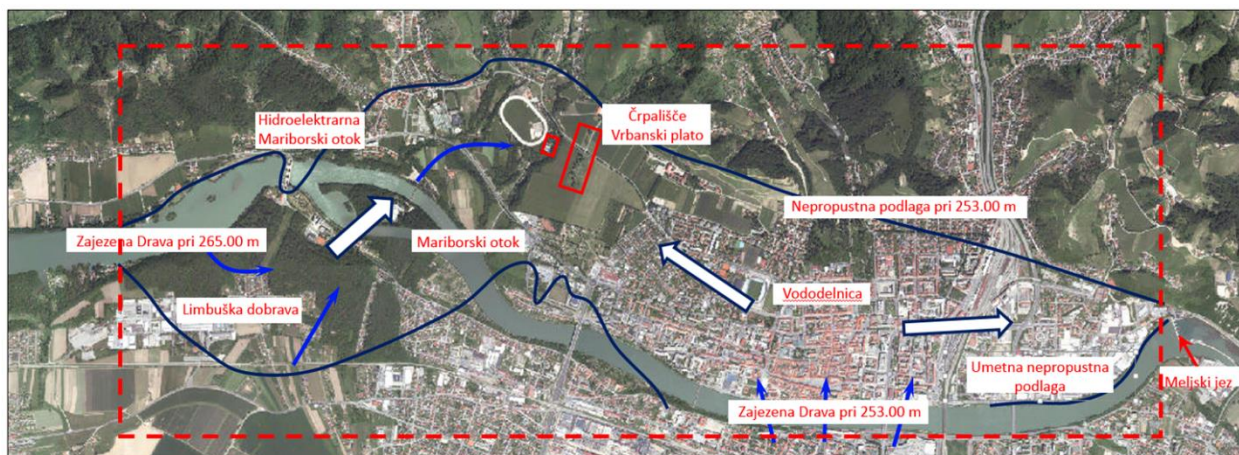
Na osnovi geoloških raziskav, ki so bile bolj obsežne na območju Vrbanskega platoja (glavno mariborsko črpališče pitne vode) ter nekoliko manj na območju mesta (dopolnjeno ob izgradnji vodnjaka za toplotno črpalko športnega centra Branik in ob razlitju kurilnega olja na območju stavbe Mestne občine Maribor) in Melja (razen ob dravskem robu, kjer so opravljali raziskave za potrebe zajetja Drave), so naredili naslednjo oceno o koeficientih propustnosti:

Na območju Vrbanskega platoja in mesta se koeficient propustnosti po oceni giblje med $6 \cdot 10^{-3}$ do $8 \cdot 10^{-3}$ m/s (v modelnih raziskavah tega območja, opravljenih na ljubljanski fakulteti za gradbeništvo v letih 1981 in 1994 so upoštevali koeficient propustnosti za to območje $9 \cdot 10^{-3}$ in $7,17 \cdot 10^{-3}$ m/s). Koeficient propustnosti je manjši v bližini dravskega brega ter na obrobju stare dravske struge, kjer je okrog $5 \cdot 10^{-3}$ m/s, ponekod pa celo $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Na območju Melja so koeficienti propustnosti nekoliko manjši. Geološka ocena je, da se v bližini brega reke Drave se gibljejo okrog $2,4$ do $4,5 \cdot 10^{-3}$ m/s, v notranjosti pa $1,7$ do $3,8 \cdot 10^{-3}$ m/s.

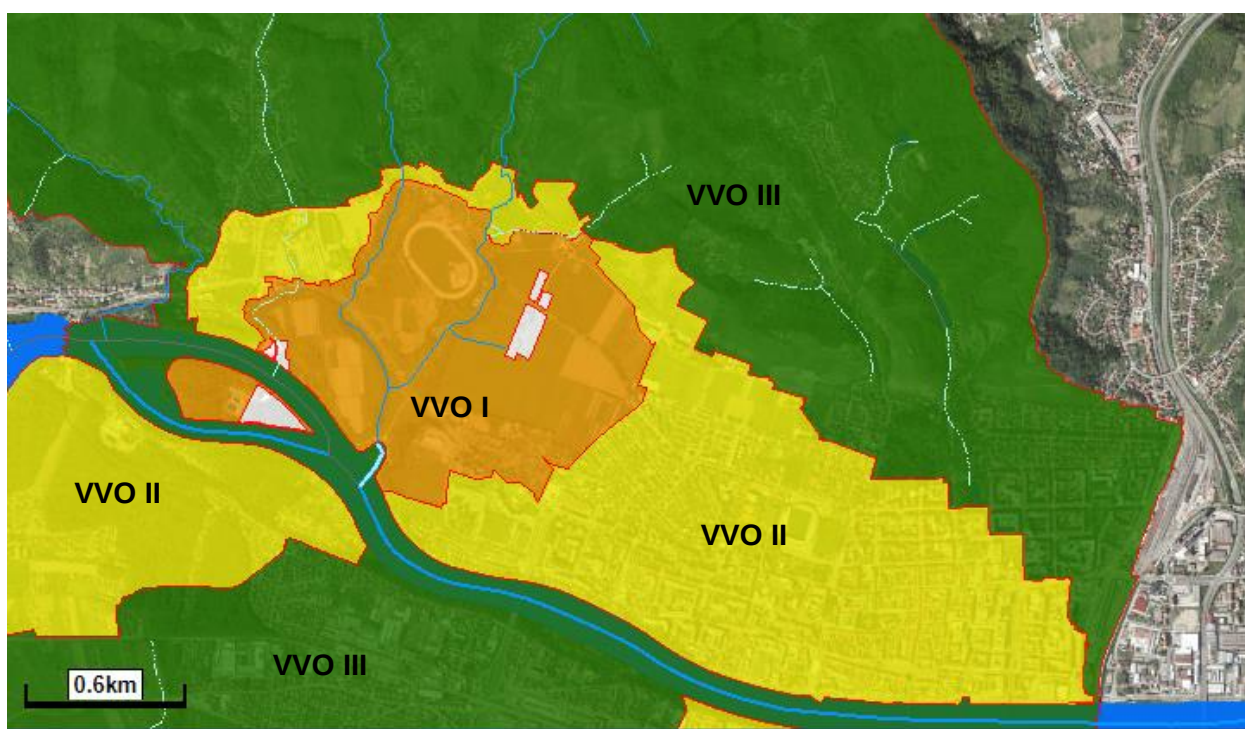
Sistem toka podzemne vode oz. vodonosnika poteka po stari zasipani strugi reke Drave. Os stare dravske struge poteka od točke nad zaježitvijo HE Mariborski otok, pod Limbuško dobrovo zavije v smeri Mariborskega otoka in mostu nanj. Od tu pa poteka proti severovzhodu skozi črpališče na Vrbanskem platoju in naprej v smeri proti jugovzhodu, kjer ponovno preseka sedanjo strugo nizvodno od studenške brvi. Nato poteka do železniškega mostu vzporedno z njo, nakar preide na desni dravski breg.

Skozi vodonosnik na tem območju se v glavnem pretaka voda, ki pronica iz Drave in je zajezena na koti cca 253.0. Na območju Mariborskega otoka priteka tudi del podzemne vode iz območja Limbuške dobrove, na območju med studenško brvjo in železniškim mostom pa del vode iz desne strani reke Drave. Dotoki, ki prihajajo z desne strani reke Drave niso bili natančneje analizirani in ni ugotovljena njihova natančna velikost.

Manjši je delež padavin, ki padejo na območju samega vodonosnika. Na eni strani je to večinoma gosto poseljeno mestno območje z urejeno kanalizacijo, po drugi strani so na območju Vrbanskega platoja terase zavarovane z nepropustno glinasto krovno plastjo. Voda, ki priteka iz padavinskega zaledja na levem bregu reke Drave odteka v večini v potokih Kamniški potok, Rošpoški potok, Vinarski potok, Počehovski potok in še nekaj manjših. Na območju vodonosnika so ti potoki v glavnem regulirani z utrjenim dnem, ali pa so celo kanalizirani. Tako da je njihov delež v napajanju podtalnice tega območja zanemarljiv.



Slika 5.3: Območje vodnosnika Vrbanjski plato (Kopač, Vremec, 2017)

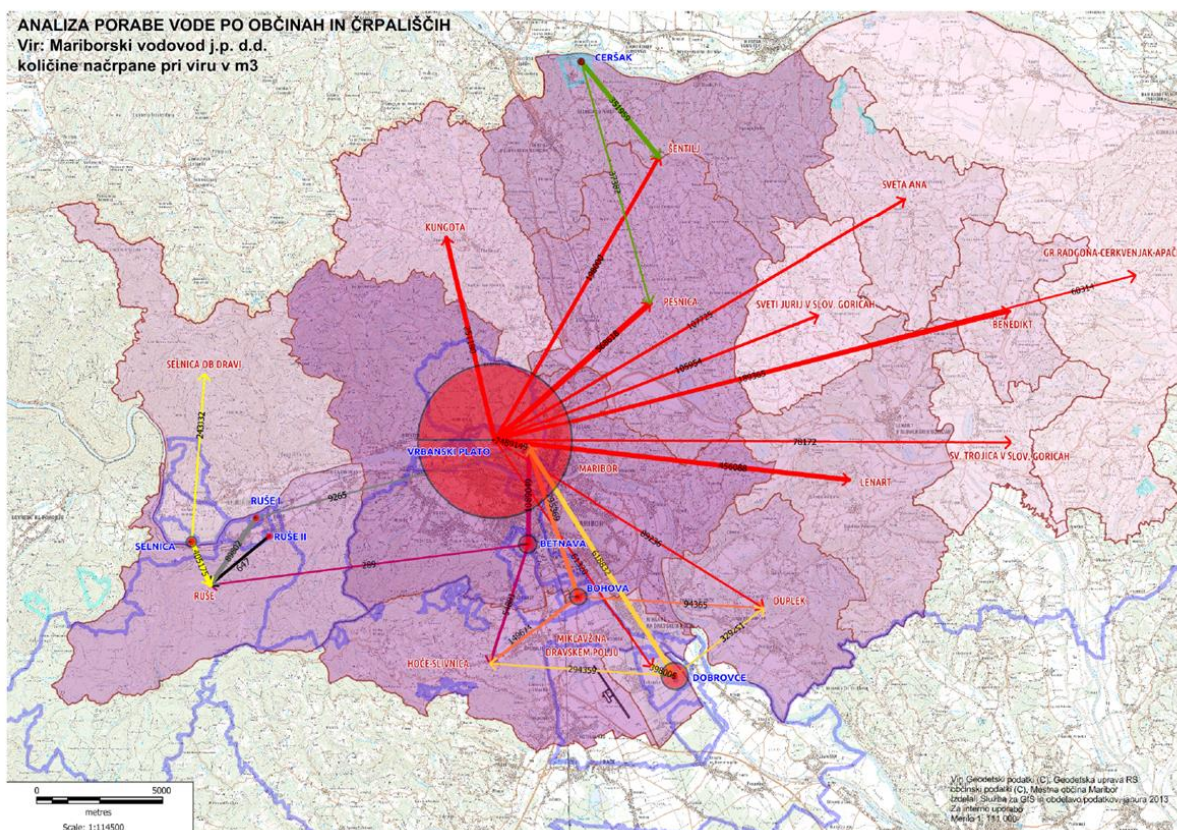


Slika 5.4: Vodovarstvena območja vodnosnika Vrbanjski plato (vir: Atlas okolja, ARSO)

Območje vodnosnika Vrbanjskega platoja je zavarovano z *Uredbo o vodovarstvenem območju za vodno telo vodnosnikov Ruš, Vrbanjskega platoja, Limbuške dobave in Dravskega polja* (Ur.l. RS, št. 24/2007, spremembi: Ur.l. RS, št. 32/2011, 22/2013 ter št. 79/15). Uredba je bila pripravljena na podlagi *Pravilnika o kriterijih za določitev vodovarstvenega območja* (Uradni list RS, št. 64/04, 5/06, 58/11 in 15/16).

5.2 Črpališče Vrbanskega platoja

Črpališče Vrbanski plato je najpomembnejši vodni vir v Mestni občini Maribor in je pravzaprav najbolj izdaten vodni vir v severovzhodni Sloveniji z izredno ugodno lego za izkoriščanje in varovanje pitne vode ter z ugodnim in zanesljivim napajanjem iz zajezone reke Drave.



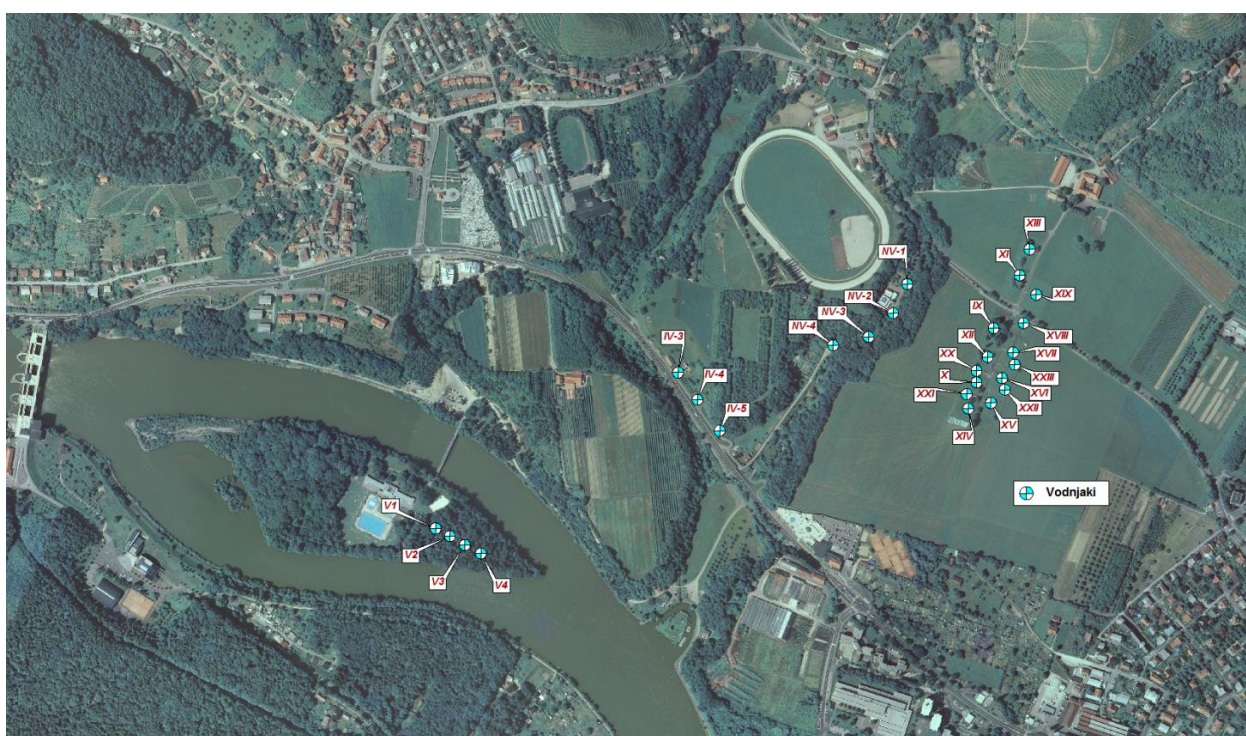
Slika 5.5: Analiza poraba vode po občinah in črpališčih (Vrbanski plato je najpomembnejše črpališče – rdeči krog in povezave)

Na črpališču Vrbanski plato se lahko načrpa do 760 l/s pitne vode in pokriva do cca 70% potreb po pitni vodi vodovodnega sistema, ki ga upravlja Mariborski vodovod. V povprečju je bil delež črpališča Vrbanski plato v oskrbi s pitno vodo v obdobju 2002 do 2018 64%. Po posameznih letih je ta delež nihal od 59% do 69%. Predvsem je jasno videti, da je ta delež večji v sušnih letih (2002, 2003, 2007, 2012), kar kaže na pomebnost tega vodnega vira ob predvidenih klimatskih spremembah.

Začetki tega črpališča segajo v leta 1956 – 1959, ko so zaradi kritičnega pomanjkanja pitne vode izgradili prvi poskusni vodnjak. Takratna kapaciteta možnega izkoriščanja pitne vode je bila ocenjena na cca 100 l/s. Ob izgradnji HE Zlatoličje in jez v Melju, se je dvignila gladina reke Drave in še povečala kapaciteto tega vodonosnika. Brez posebnih ukrepov je možno tukaj koristiti do 400 l/s, a v tem primeru tudi potegne podzemno vodo izpod večjega območja centra mesta.

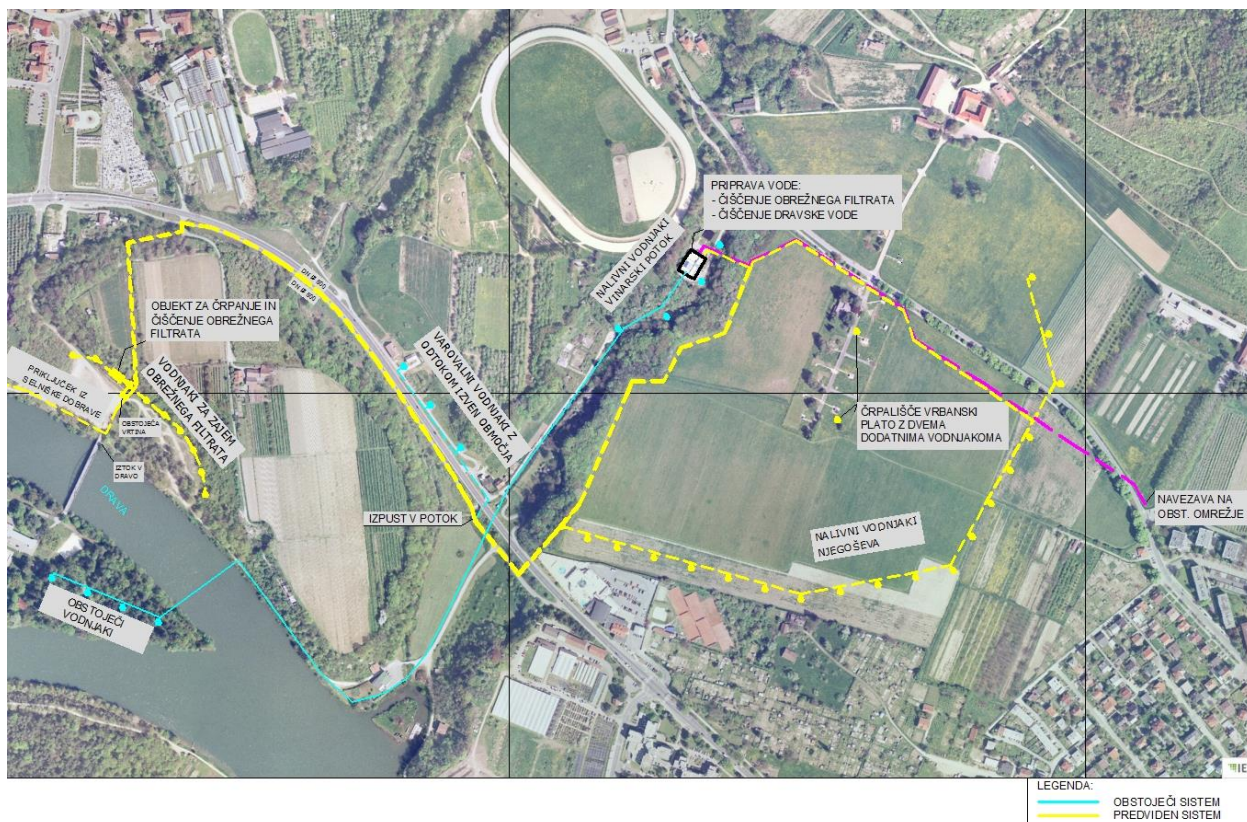
Zaradi naravne danosti tega območja se je tukaj izgradil sistem umetnega bogatenja podzemne vode. V letih 1986 do 1990 je bila tako izgrajena I. faza aktivne zaščite, ki zagotavlja minimalno varnost črpališča pred možnimi onesnaženji. Voda, ki se načrpa v vodnjakih na Mariborskem

otoku, bogati podzemno vodo Vrbanskega platoja v nalivalnih vodnjakih ob vodarni v dolini Vinarskega potoka. I. faza sistema umetnega bogatenja podzemne vode je imela zmogljivost 150 l/s in vključuje vodnjake na Mariborskem otoku, objekt priprave vode ter štiri nalivalne vodnjake v dolini Vinarskega potoka. Razmere na Vrbanskem platoju so pravzaprav idealne tako za umetno bogatenje podzemne vode kot za aktivno zaščito tega črpališča, saj je območje z dveh strani (sever, jug) zaprto z nepropustno laporno podlago in z ostalih dveh strani je dotok le proti črpališču, zaradi ustvarjenega lijaka ob vodnjakih in zaradi zajezone struge reke Drave. Zaradi nevzdrževanja je kapaciteta vodnjakov na Mariborskem otoku padla. To predvsem velja za oba krajna vodnjaka, ki sta na spodnjem delu otoka in bližje brežini reke Drave. Vodnjaki vsekakor potrebujejo regeneracijo in redno vzdrževanje.



Slika 5.6: Obstoječi vodnjaki na območju črpališča Vrbanski plato (vir: Kopač et al., 2009)

I. faza aktivne zaščite je postavila osnovo za izvajanje planiranih II. in III. faze izgradnje aktivne zaščite in povečanje zmogljivosti črpališča Vrbanski plato. II. faza aktivne zaščite črpališča Vrbanski plato predvideva povečanje zmogljivosti črpališča za 100 l/s kot nadomestilo vodnjakov ob Bohovi, zaradi ogrožanja tega črpališča s strani prometa z nevarnimi snovmi po bližnji avtocesti. Prav tako je predvidena delna preprečitev potencialne nevarnosti katastrofalnega onesnaženja črpane pitne vode z onesnaženo podzemno vodo, ki doteka izpod mesta ter z območja regionalne ceste Maribor – Dravograd, v ranljivem območju dolin Vinarskega in Rošpoškega potoka. Glede na pojavljanje onesnaževanja s pesticidi iz desnega brega reke Drave in delno iz območja mesta, je v aktivno zaščito vključeno preprečevanje dotoka iz teh smeri. Ne nazadnje pa je potrebno zagotoviti tehnološko zasnovo preprečitve upadanja zmogljivosti vodnjakov obrežnega filtrata na Mariborskem otoku in na levem bregu reke Drave.



Slika 5.7: Obstoječa I. in planirana II. faza aktivne zaščite (Kopač et al., 2009)

III. faza aktivne zaščite črpališča Vrbanjski plato pa je namenjena povečanju zmogljivosti tega črpališča za dolgoročne potrebe. V tej fazi je predvideno cca 1000 l/s za aktivno zaščito in umetno bogatenje tako z vodo obrežnega filtrata kot neposredno dravsko vodo. Ta faza vključuje iste elemente varovanja kot predhodna faza z dodatnim koriščenjem same dravske vode.

5.3 Hidrološki monitoring na območju Vrbanjskega platoja

Zaradi pomembnosti vodnega vira Vrbanjskega platoja je bilo na vodonosniku opravljeno kar nekaj hidrogeoloških raziskav in izvrtanih piezometriških vrtin za določitev strukture samega vodonosnika in za spremljanja gladine podzemne vode tega območja.

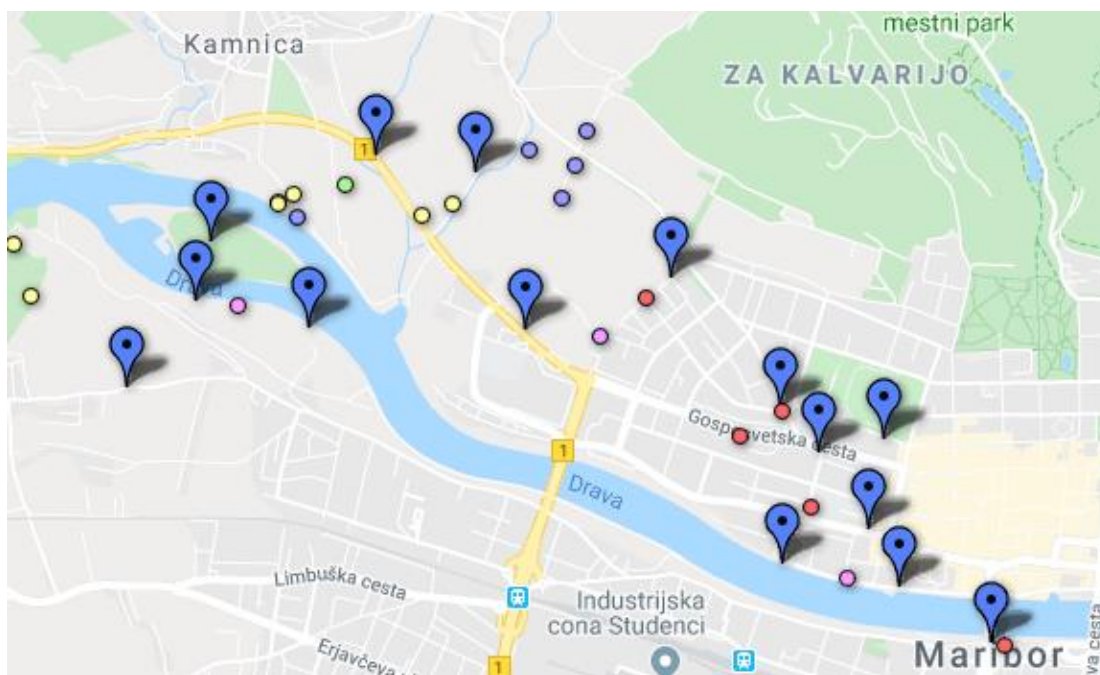
Vzpostavljena je mreža opazovalnih piezometrov, ki jih je Mariborski vodovod opremil z merilniki, ki beležijo gladino in temperaturo podzemne vode. Zaenkrat se shranjujejo in obdelujejo le podatki o **gladini podzemne vode**. Čimprej bi bilo potrebno pričeti spremljati tudi **temperaturo vodonosnika**, da bi se lahko ocenilo tveganje segrevanja vodonosnika. Na območju samega črpališča imamo relativno globok vodonosnik, kar seveda vpliva tudi na stabilnost temperature. Drugačna situacija je seveda ob črpalnih vodnjakih na Mariborskem otoku, kjer je lahko temperaturni vpliv večji in ta voda se nato ponika v bližini samega črpališča. Tudi manjša sprememba temperature načrpane vode za oskrbo z vodo, pa se lahko pozna v bistveno višjih

temperaturah v oddaljenih vodovodnih cevovodih, kar pa že lahko pomeni tveganje za zdravje ljudi.

Mariborski vodovod spremlja s kontinuirnimi meritvami gladino podzemne vode v 5-tih piezometrih ožjega območja črpališča Vrbanski plato (P1, P2, P3, K-24 in K-26) ter 13-tih piezometrih širšega območja (K-9, K-20, K-28, K-30, K-32, KP-6, KP-8, KP-12, KP-13, KP-14, KP-18 in V-21).

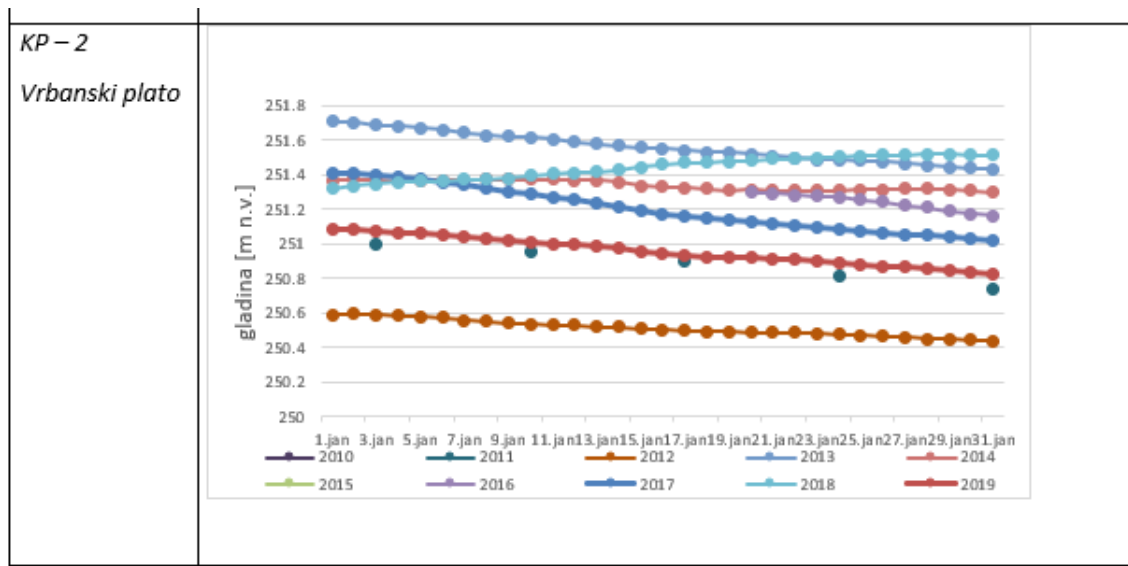


Slika 5.8: Piezometrične vrtnice na območju Vrbanskega platoja



Slika 5.9: Merilna mesta Mariborskega vodovoda (vir: Mariborski vodovod, Google Earth)

Podatki o izmerjenih gladinah podzemne vode tega območja se shranjujejo in obdelujejo tudi v okviru Imisijskega monitoringa, ki ga že od leta 2001 izvaja MUVOON.



5.10.: Primer obdelave podatkov o gladini podzemne vode v piezometrih

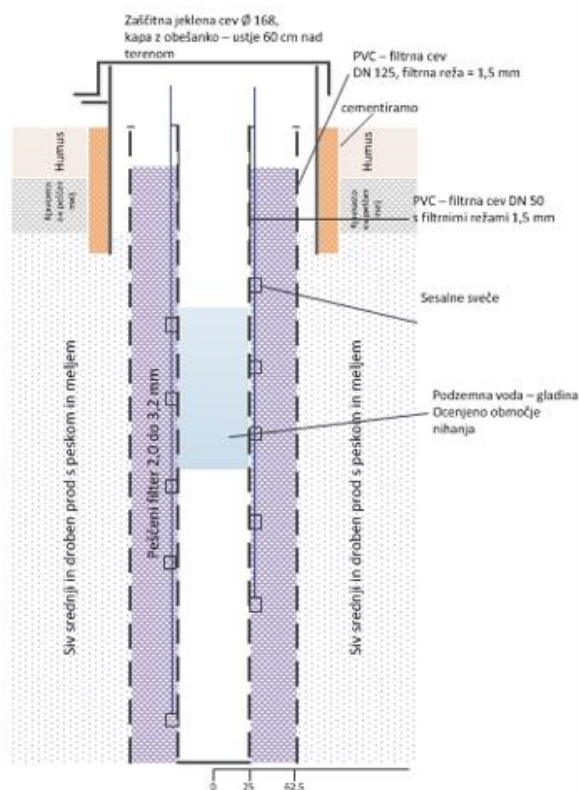
Ob nesreči z razlitjem kurilnega olja na območju sedeža Mestne občine Maribor se je izgradila tudi lokalna mreža piezometrov, ki se lahko sedaj uporablja za spremljanje vododelnice med tokom podzemne vode proti črpališču Vrbanski plato ali pa v smeri Melja. Ti piezometri so dali tudi nekaj novih podatkov o tem delu in o zalednih voda iz območja parka in treh ribnikov.



Slika 5.11: Lokacije izvedenih piezometrov in črpalnih vodnjakov na območju MOM (Blažeka et al., 2018)

Merjeni podatki piezometrov se obdelujejo s standardno obdelavo podatkov, ki vključuje pretvorba podatkov, obdelava, korekcijo (popačenja, premiki), izračun statističnih vrednosti (min, max, povprečje, sumarne), dopolnitev manjkajočih podatkov – „lukenj“ (npr. z regresijsko analizo), Izvedbo se tudi dodatne obdelave za potrebe modeliranja toka podzemne vode, ki vključujejo korekcije zaradi snega, ustvarjanje časovnih podatkov vzdolž določenih odsekov, pretvorbe več različnih časovnih in prostorskih podatkov v dodatne datoteke glede na geografsko ali časovno razporeditev, primerjavo hidrogramov med meritvami in izračuni, kot tudi različnimi izračunanimi scenariji.

V okviru Interreg SI-AT projekta MURMAN se je v letu 2014 uredila na levem obrežju reke Drave nasproti Mariborskega otoka piezometrična vrtina z možnostjo globinsko orientiranih kakovostnih meritev v nenasičenem območju tal in na nivoju podzemne vode in meritev gladin podzemne vode. Žal po končanju projekta ni bila v uporabi.



5.12: Globinsko orientirane meritve – sistem v piezometru PGo-1 na levem obrežju reke Drave nasproti Mariborskega otoka

Na območju Vrbskega platoja je vzpostavljen relativno dober sistem hidrološkega monitoringa. Bazo podatkov, ki se shranjuje na Mariborskem vodovodu in na MUVOON v okviru imisijskega monitoringa bi bilo potrebno dopolniti še s temperaturnimi meritvami, za katere se je dosedaj ocenjevalo, da niso pomembne. Nova državna samodejna postaja bo lahko zagotavljala merodajne podatke za lokalni nivo tega vodonosnika. Reko Dravo, ki zagotavlja glavni vir napajanja vodonosnika Vrbskega platoja, spremlja DEM, ki daje podatke MUVOON o gladinah reke Drave na zgornji in spodnji strani HE Mariborski otok, ter na zgornji strani jez v Melju. Prav tako dajejo podatke o pretoku iz HE Mariborski otok in deležu vode, ki se na lokaciji jez v Melju spušča v staro strugo reke Drave.

Ni pregleda nad zalednimi vodami ter manjšimi vodotoki kot sta Rošpoški in Vinarski potok. Tukaj bi se lahko dokaj preprosto uredile meritve z aplikacijo za mobilne telefone. V svetu se tovrstni pristop vse bolj uveljavlja, tako se lahko tudi preprosto vključuje prebivalce določenega območja. Vsekakor bi bilo smiselno dopolniti bilanco vodonosnika tudi z zalednimi vodami.

Glede na tabelo 3.1 bi lahko ocenili, da je glede na aktivnosti na območju vodonosnika Vrbanskega platoja zanj upoštevanja stopnja koraka 2 (oranžno). Potrebno bo še določiti celovit pristop z upoštevanjem vseh ključnih sektorjev rabe prostora tega območja.

5.4 Model toka podzemne vode na območju Vrbanskega platoja

Modeliranje toka podzemne vode je postalo standardna praksa pri študijah sistemov in simulacij toka podzemne vode. Ustvarjeni modeli imajo tako vedno pomembnejšo vlogo tudi pri učinkovitem upravljanju z vodnimi viri. Na območju Vrbanskega platoja se je tako tekom let izdelalo nekaj modelov, ki so se ob novih spoznanjih dopolnjevali. Zadnji celovit model vodonosnika Vrbanskega platoja je bil izdelan v okviru EU HORIZON 2020 projekta FREEWAT (Kopač, Vremec, 2017).

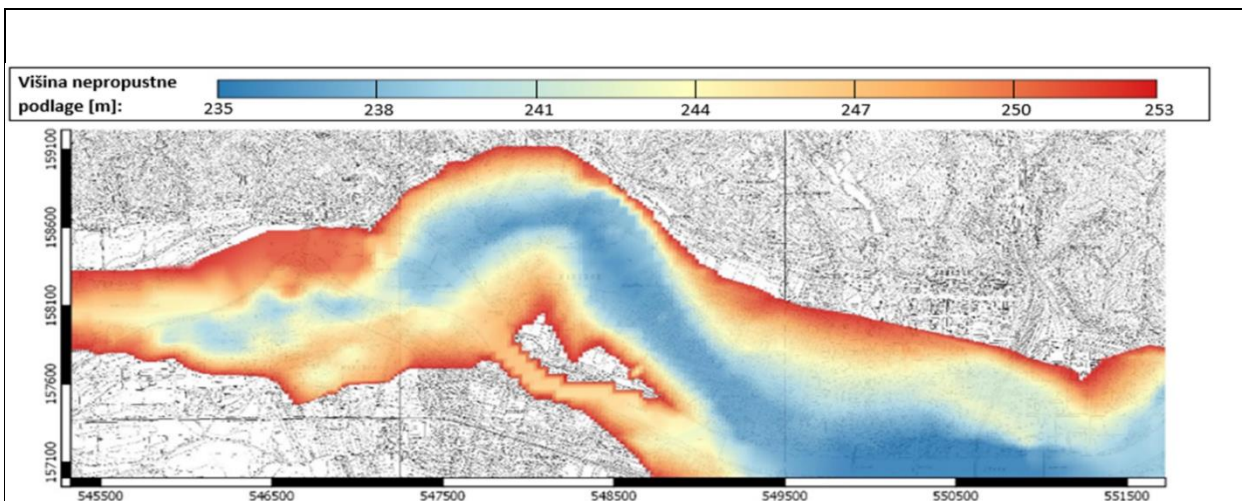
To je bil prvi celovit model tega območja od Limbuške dobrane in vključenega Melja. Pri vseh predhodnih modelih se območje Melja ni modeliralo, ampak se je samo ocenil odtok podzemne vode proti njem.



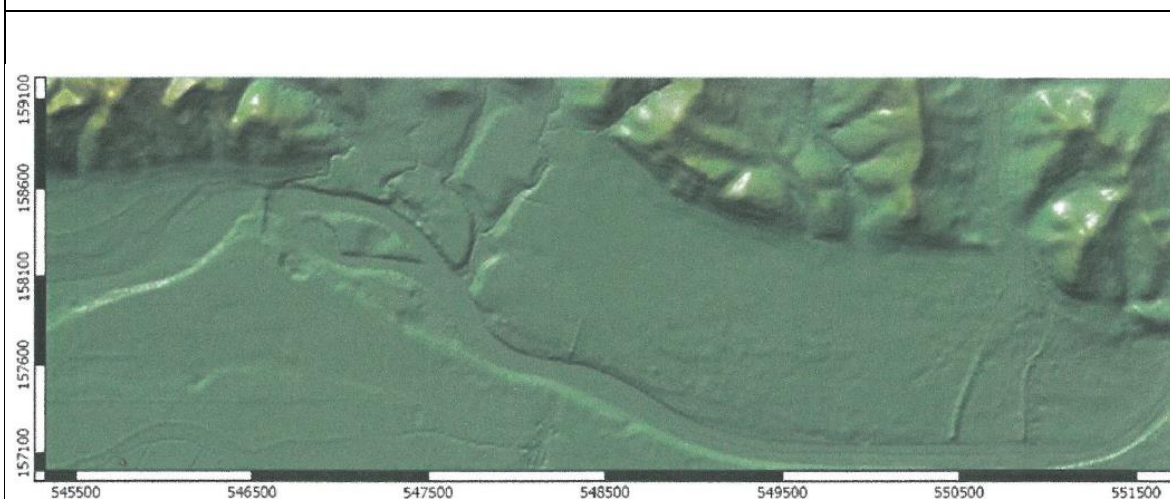
Slika 5.13: Mreža modela z aktivnim in neaktivnim območjem (Kopač, Vremec, 2017)

Na osnovi interpolacije podatkov geomehanskih vrtin, raziskovalnih vrtin in piezometrov je bila izdelana karto nepropustne podlage vodonosnika, ki je upoštevala tudi zadnje izvedene vrtine v letu 2016 na območju sedeža MOM. Iz karte nepropustne podlage lahko prepoznamo najgloblje dele vodonosnika oziroma os vodonosnika, ki se začne na Limbuškem nabrežju pri cca 250 m nadmorske višine, ter se nato razprostira severno od Damiševega naselja, preko Mariborskega otoka do črpališča Vrbanski plato na cca 238 m nadmorske višine. Od črpališča os vodonosnika spremeni smer proti Lentu, ter pri 240 m nadmorske višine nadaljuje smer pod Dravo proti Teznu

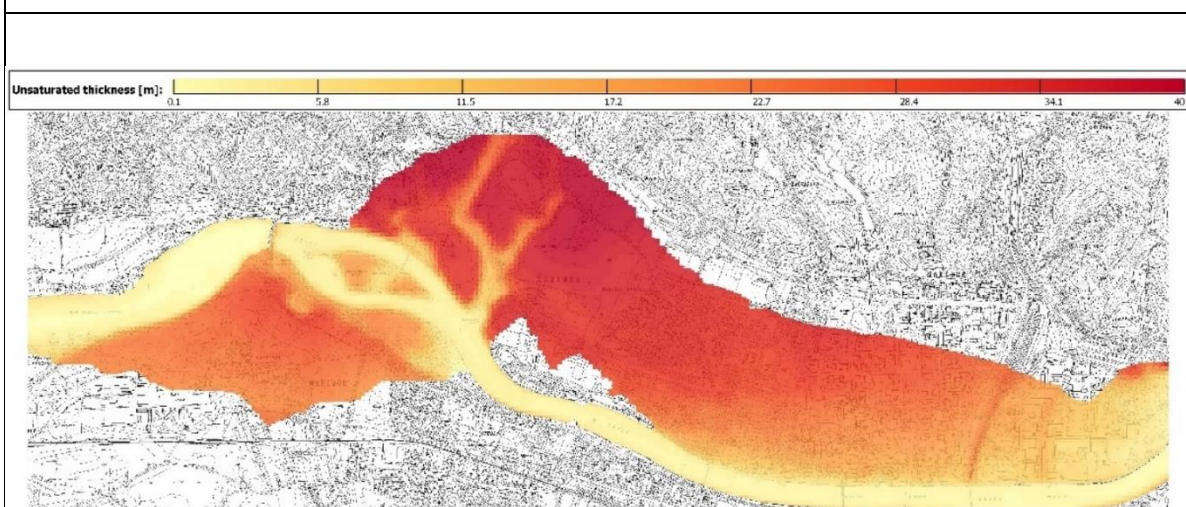
oziroma Dravskem polju. Na levem bregu Drave pri elektrarni Mariborski otok, ter na območju levega brega Drava pri Koroškem mostu pride nepropustna podlaga na površino.



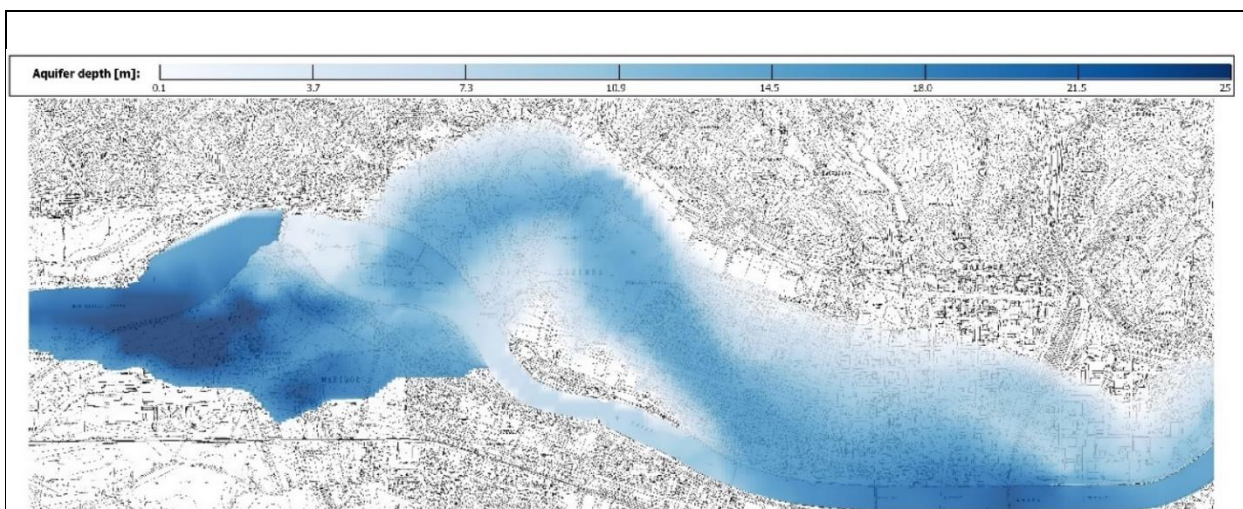
Slika 5.14: Nepropustna podlaga vodnosnika (Kopač, Vremec, 2017)



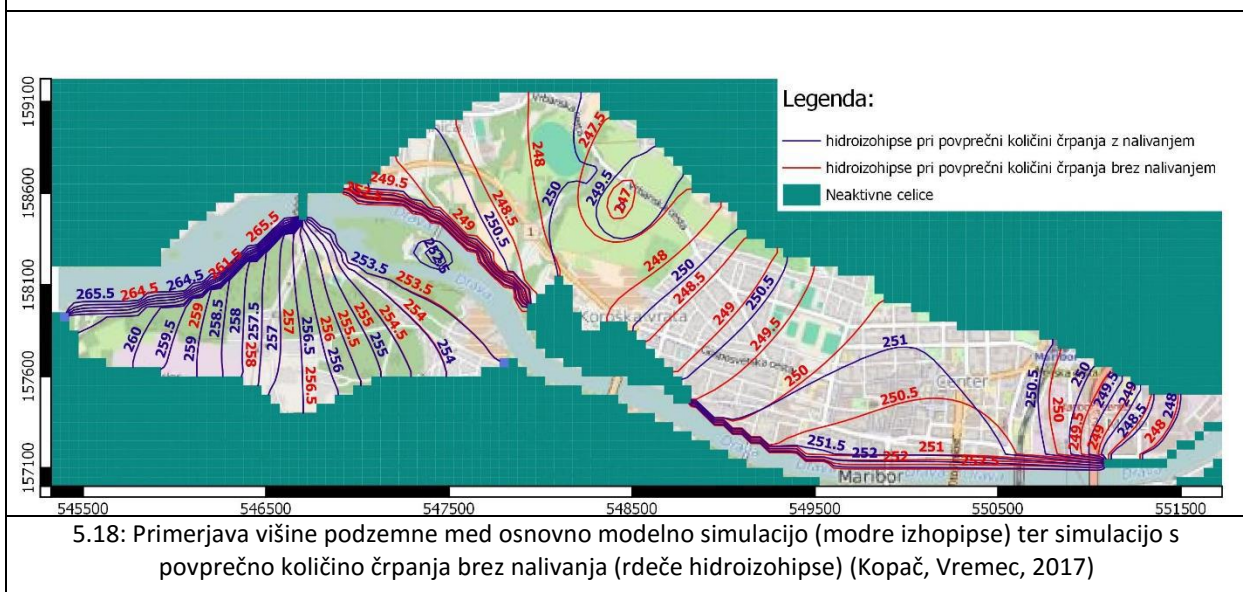
5.15: Višinski model terena (vir: Atlas okolja, ARSO)



5.16: Debelina vodnosnika, ki varira od 0.1m do 25 m, v ključnem delu vodnosnika črpališča okrog 12 – 14m (Kopač, Vremec, 2017)

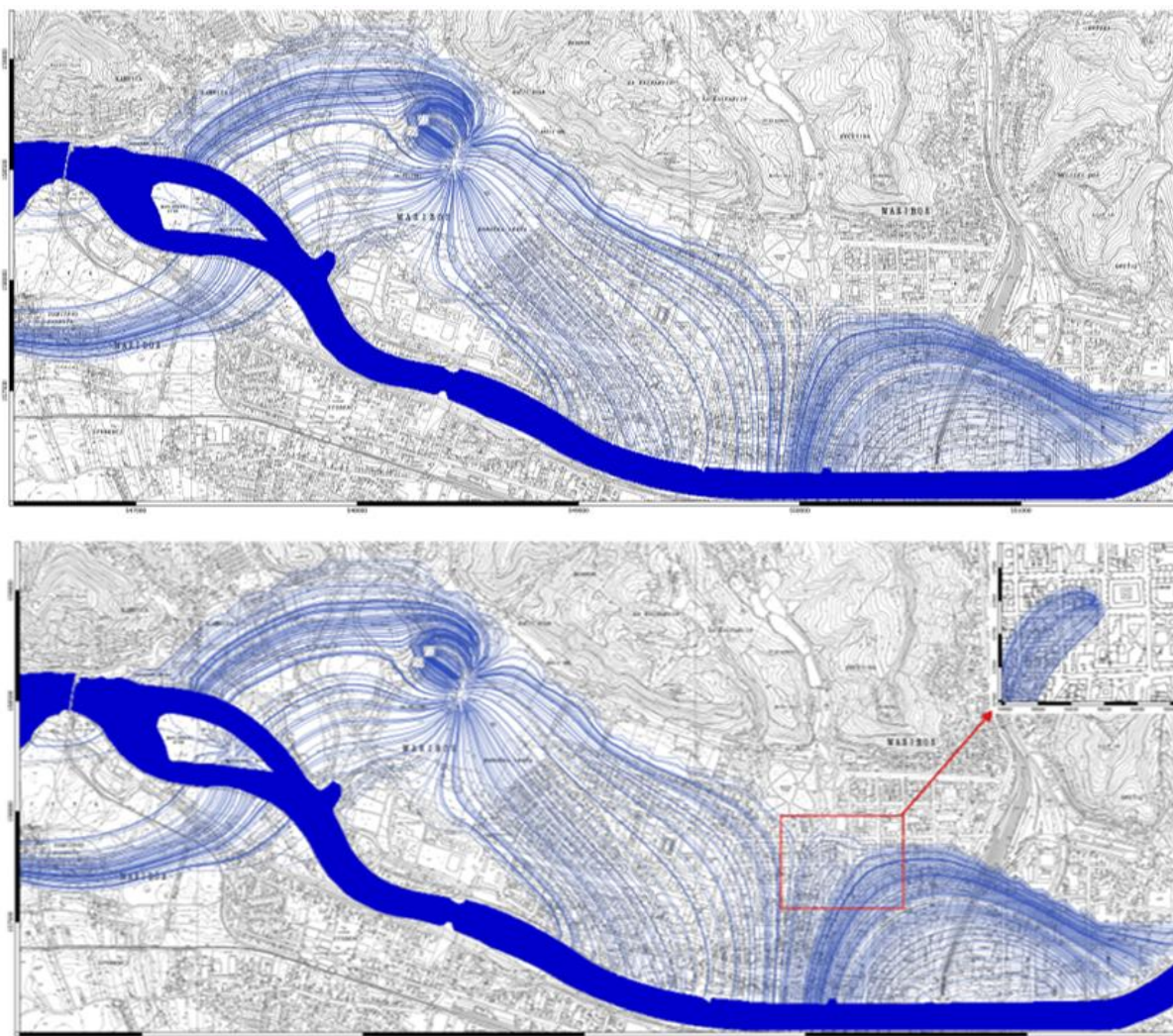


5.17: Debelina nenasičene varovalne cone nad vodonosnikom, ki varira od 0.1m do 40 m – na visokih terasah na območju črpališča cca 40 m, te se spuščajo nato proti Dravi (Kopač, Vremec, 2017)



5.18: Primerjava višine podzemne med osnovno modelno simulacijo (modre izhopipse) ter simulacijo s povprečno količino črpanja brez nalivanja (rdeče hidroizohipse) (Kopač, Vremec, 2017)

Tako monitoringi kot modeliranje so odlična orodja za oceno tveganj in upravljanje z njimi. Smiselna je njihova kombinacija. **Vizija gre prav gotovo v smeri vzpostavitve odločitvenega podpornega sistema, ki bo temeljil na monitoringu in modelnem upravljanju vodnih virov in vodooskrbne infrastrukture za optimiranje upravljanja z vodnimi viri.**



Slika 5.19: Advektivni transport delcev z uporabo orodja FREEWAT pred gradnjo sanacijskih vodnjakov na območju MOM (slika zgoraj) ter po gradnji sanacijskih vodnjakov (slika spodaj) (Kopač, Vremec, 2017)

6 PREDLOG MOREBITNO POTREBNIH DOPOLNITEV PODNEBNIH IN HIDROLOŠKIH MERITEV

Glede na dejstvo, da podnebje v urbanih okoljih postaja vedno bolj obremenilno, bi morali čim prej priti do spoznanja, da je **monitoring ključnih podnebnih parametrov vsaj tako pomemben kot monitoring onesnaževal v zraku**. V skladu s tem bi lokalna skupnost morala prepoznati potrebo po širjenju mreže merilnih postaj na območju mesta Maribor in širši okolici. Na ta način bi ob uvajanju sivih, zelenih in mehkih ukrepov za blaženje obremenilnih vplivov ob vse pogostejših vročinskih valovih dobili povratne vire informacij o učinkovitosti teh ukrepov. Mreža samodejnih postaj bi morala biti nameščena predvsem na območjih, kjer so obremenilni učinki najvišji, še posebej pa na območju večje gostote prebivalstva. Podnebni parametri, ki bi jih samodejne postaje merile zajemajo ključne meteorološke elemente: temperatura zraka, višina

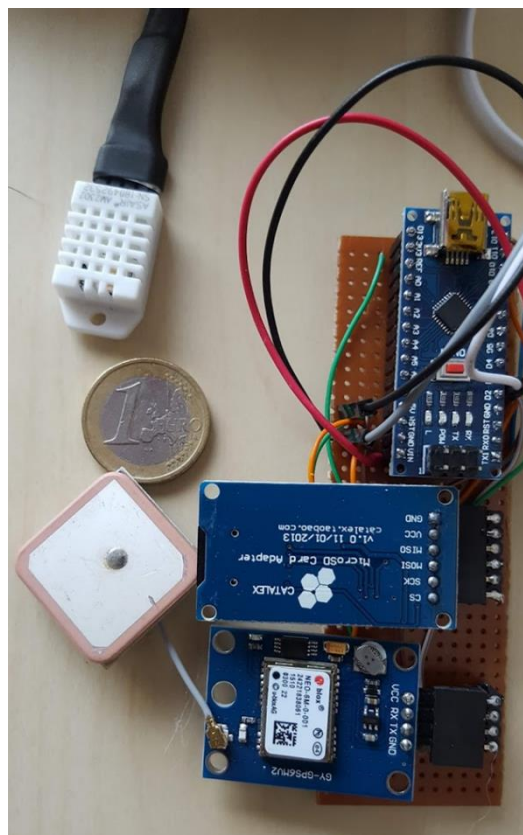
padavin, relativna vlažnost zraka, smer in hitrost vetra, direktno in difuzno sončno sevanje, zračni tlak ipd. Danes so postale tovrstne postaje tudi glede na stroške ureditve zelo dostopne (slika 6.1). Glede na to, da se na državnem nivoju vse bolj redčijo meteorološke postaje, bo potrebno razmišljati o lokalnih za ustrezno upravljanje s prostorom ob podnebnih spremembah.

Dodatne možnosti omogočajo t.i. **maršrutne meritve** po vnaprej določenih poteh s pomočjo samodejnih zapisovalcev meteoroloških parametrov (data loggerjev), ki smo jih razvili v letu 2019. Osnova takega data loggerja predstavlja mikrokontroler, na katerega smo priključili tipala meteoroloških parametrov (v našem primeru tipali za temperaturo zraka in relativno vlažnost), GPS sprejemnik in port za mikro SD kartico, na katero se zapisujejo podatki (Slika 6.2). Programska koda je pripravljena tako, da mikrokontroler vsako sekundo prebere podatke o lokaciji in meteorološke podatke in jih zapisuje na mikro SD kartico v datoteko v ASCII formatu. Tipalo pritrdimo na anteno vozila in se z njim zapeljemo po območju, za katerega želimo izdelati karto temperatur ali relativne vlažnosti. Datoteko lahko brez težav včitamo v polubni GIS aplikaciji in na osnovi meritev izrišemo izoterme in temperaturno polje za območje meritev. Na ta način lahko zelo hitro pridemo do zelo natančnih podatkov o temperaturnem polju tudi na večjem območju (Slika 6.2).



Slika 6.1: Sodobna klimatska postaja pri Cmureku na avstrijski strani (foto: I. Kopač)

Slika 6.2: GPS-data logger za merjenje temperatur in relativne vlažnosti zraka.



Hidrološke meritve so na območju Vrbanskega platoja dobro organizirane glede podzemne vode in reke Drave, so pa pomanjkljive pri poznavanju manjših vodotokov in zalednih voda. Tukaj lahko priporočamo poenostavljene meritve z aplikacijo za mobilne telefone, ki je ali prosto dostopna ali pa se jo lahko prilagodi za lokalne razmere. Seveda pa bi bilo potrebno pripraviti navodila za uporabo in kasnejše shranjevanje in obdelavo podatkov.

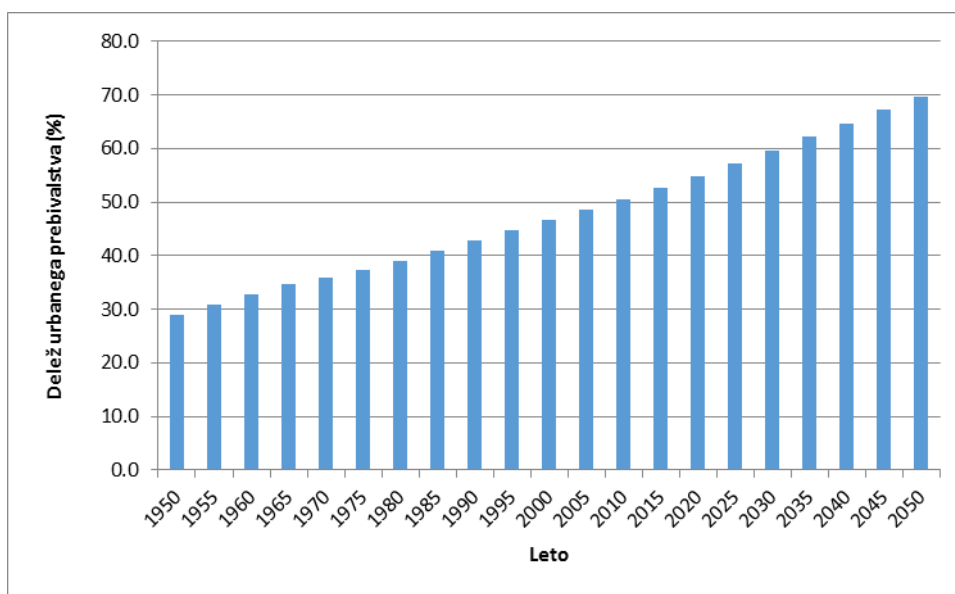
Ni enako zadovoljiva situacija na vseh vodnih virih, za vsakega posameznega bi bilo potrebno oceniti primernost sedanjega obsega meritev in podati predlog optimalnega.

Slika 6.3: Primer uporabe meritev s pametnimi telefoni in elektronsko postavljeno merilno lato (CrowdWater)

7 PRIMER OCENE PODNEBNIH PODATKOV ZA POSTAJO MARIBOR-TABOR

7.1 Nastajanje mestnega toplotnega otoka in oblikovanje specifičnega mestnega podnebja kot posledica človekovega delovanja

Demografske ocene govorijo, da danes več kot polovico svetovnega prebivalstva že prebiva v mestnem okolju. Po podatkih OZN je leta 1950 v mestih živel 29,1 % vsega prebivalstva. Ta delež se je do leta 2010 dvignil na 50,6 % in po napovedih bi naj do leta 2050 v urbanih okoljih živel že 68 % vsega svetovnega prebivalstva. V Severni Ameriki kot najbolj urbanizirani celini je leta 2018 v mestih živel 82 % prebivalcev, v Južni Ameriki 81%, v Evropi 74 %, v Aziji okoli 50 %, v Afriki pa 43 %. V Tokiju je leta 2018 živel 37 milijonov prebivalcev, v New Delhiju 29 milijonov, Šanghaju 26 milijonov, Mexico Cityju in Sao Paulu pa po 22 milijonov prebivalcev. Po ocenah bi naj do leta 2030 na svetu obstajalo 43 mest z nad 10 milijonov prebivalcev (Medmrežje 1). Velika gostota prebivalstva v gosto pozidanih območjih, umetno proizvedena energija in spremenjena energijska in vodna bilanca bodo v prihodnosti krojile okolje večine prebivalstva našega planeta.



Slika 7.1: Spreminjanje deleža mestnega prebivalstva na našem planetu med leti 1950 in 2050 (vir: Medmrežje 3)

Vegetacijski pokrov v urbanih območjih lahko obravnavamo v dvojni optiki. Po eni strani zelene površine v mestih blažijo pretirane vplive mestnega toplotnega otoka (ob tem imajo pomemben samočistilni učinek, saj nase vežejo nekatera onesnaževala) in zaradi evapotranspiracije povečujejo vlažnost zraka. Zelene površine v mestih modificirajo tudi energijsko bilanco mesta, saj za transpiracijo porabljajo energijo v obliki toka latentne toplote, zaradi česar so zelene površine hladnejše od pozidane okolice. Po drugi strani pa je vegetacija v mestih pod vplivom vzajemnega učinkovanja globalnega segrevanja in vpliva mestnega toplotnega otoka, zaradi česar se spreminjajo začetki fenofaz in dolžine rastne ter vegetacijske dobe. Študije so pokazale, da je vegetacijska doba v mestih za dober teden daljša kot v ruralni okolici (Žiberna 2006, 95). V nekaterih srednjeevropskih mestih, v katerih so potekale analize nastopa fenofaz nekaterih rastlin so ugotovili, da te nastopajo za 6 do 10 dni pred tistimi v okolici mest (Roetzer et al. 2000).

Specifična raba tal v mestu (večji delež betonskih in asfaltnih površin na račun z vegetacijo poraslih tal) pomembno modificira energijsko bilanco mesta. Beton ima v primerjavi z vlažnimi tlemi tudi do šestkrat večjo toplotno prevodnost (konduktivnost)¹ in skoraj dvakrat večjo toplotno kapaciteto² (Oke 1990, 259), zato se podnevi počasi segreva, ponoči pa počasi ohlaja. Prav ta lastnost močno vpliva na dnevni režim razlik v temperaturi zraka med mestom in okolico. Pri določanju termičnih lastnosti materialov v urbanem okolju pogosto uporabljamo tudi termično difuzivnost³. Umetni materiali, ki jih pogosteje najdemo v urbanih okoljih imajo v splošnem višjo termično difuzivnost.

Mesto s svojimi pozidanimi površinami deluje kot termoakumulacijska peč, ki čez dan absorbira kratkovalovno sevanje Sonca, nato pa v nočnem in jutranjem času samo oddaja dolgovalovno sevanje v ohlajeno okolico. Temperaturne razlike med mestom in okolico so zato najvišje v času nastopa minimalnih temperatur (Žiberna 1996). Fezer (1994, str. 53-54) govori tudi o letnem režimu intenzivnosti nastajanja mestnega toplotnega otoka. Medtem ko mesta v subpolarnih območjih beležijo najintenzivnejši razvoj mestnega toplotnega otoka v zimskih mesecih, je v submediteranskih mestih ta najbolj razvit v poletnih mesecih. Kontinentalni del Evrope, še zlasti Panonska nižina z obrobjem kaže, da je mestni toplotni otok običajno najbolj razvit pozimi.

Manj z vegetacijo poraslih površin pomeni tudi manjšo evapotranspiracijo s tem pa tudi manj porabljene latentne energije, kar dviga temperaturo zraka podnevi in blaži pretirano ohlajanje ponoči. Končni rezultat omenjenega je večji prebitek v energijski bilanci mesta v primerjavi s tisto v okolici. Ena najbolj vidnih posledic tega je nastanek "mestnega toplotnega otoka". Energijsko bilanco spreminja tudi človek, ki s svojo aktivnostjo v mestu (ogrevanje, industrija, promet) vnaša energijo v ozračje. V ozračje vnaša tudi materijo, predvsem v obliki onesnaževal in vodne pare. Prašni delci tudi modificirajo energijsko bilanco, saj manjšajo delež direktnega, večajo pa delež difuznega sončnega obsevanja. Regionalna klima z vremenskimi tipi, relief ter antropogeni dejavniki so torej vzrok za lokalne spremembe v energijski bilanci, spremembe v vodni bilanci, spremembe v sestavi zraka, spremembe v kroženju zraka in končno spremembe v vrednostih klimatskih elementov, kar vodi v oblikovanje specifičnih klimatskih razmer v mestu, t.j. do "mestne klime" (Žiberna 2006, 82-84).

Pomen preučevanja toplotnih otokov tudi v manjših naseljih je zato ključnega pomena za ozaveščanje ljudi, opozarjanje na morebitne prihajajoče toplotne obremenitve in ohranjanje kakovostnega bivalnega okolja. Po podatkih Evropske okoljske agencije je v obdobju 1991-2015 v Evropi zaradi vročinskih valov v povprečju umrlo 192 prebivalcev na milijon prebivalcev (Preglednica 7.1). Če odštejemo območje vzhodne Evrope, kjer največ ljudi umre zaradi zelo nizkih temperatur, so vročinski valovi daleč najpogostejši vzrok za pojav smrti med vsemi naravnimi nesrečami in za velikostni razred ali dva presegajo smrtnost zaradi ostalih naravnih nesreč. Ob vročinskem valu leta 2003 je v Evropi zaradi neposrednih posledic stresa ob visokih temperaturah umrlo 70 000 ljudi (Robine et al. 2008). Vročinski val, ki je poleti leta 2010 zajel Rusijo, je tam zaradi visokih temperatur terjal 20 000 življenj (Parsons 2002, 323; Medmrežje 4).

¹ Toplotna konduktivnost neke snovi je merilo sposobnosti toplotnega prevajanja te snovi. Predstavlja količino toplote, ki preteče skozi enoto površine v enoti časa (Kladnik 1988, 200).

² Toplotna kapaciteta snovi nam pove množino toplote, ki je potrebna, da se snov segreje za 1 K, oziroma, koliko toplote mora snov oddati, da se ohladi za 1 K (Kladnik 1988, 197).

³ Termična difuzivnost je definirana kot razmerje med toplotno prevodnostjo in gostoto ter toplotno kapaciteto (Monteith, Unsworth 1990, 19).

Tabela 7.1: Število umrlih na milijon prebivalcev v regijah Evrope zaradi naravnih nesreč v obdobju 1991-2015

Regija	Poplave in zemeljski plazovi	Obdobja zelo nizkih temperatur	Vročinski valovi	Nevihte	Požari v naravnem okolju
Vzhodna Evropa	8,57	28,27	11,39	1,73	0,54
Severna Evropa	0,99	1,67	11,17	2,48	0,01
Južna Evropa	6,75	0,92	177,98	1,19	0,97
Zahodna Evropa	2,09	0,89	191,58	2,79	0,04
EU-povprečje	4,64	5,31	128,98	1,99	0,46

Vir: EEA, 2017.

Visoke temperature povzročajo tudi psihološki stres in povečujejo medosebne konflikte ter druge oblike patološkega ravnanja ljudi (Hsiang, Marshall, Edward 2015). Študije so pokazale, da v ZDA vsako povečanje temperature zraka za 1°C nad 15°C znižuje produktivnost za 1,7 % (Hsiang, Deryugina 2014).

Zaradi historičnih razlogov je velika večina slovenskih urbanih naselij zgoščenih, kar učinek mestnega toplotnega otoka povečuje (Medmrežje 2). Empirično je potrjeno dejstvo, da vsako gručasto naselje z nad 1000 prebivalci že oblikuje prepoznaven toplotni otok (Bonan 2008, 522). Leta 2018 je v Sloveniji v 220 naseljih z nad 1000 prebivalcev živelo kar 55,9 % prebivalstva. Večina prebivalcev Slovenije je torej tako ali drugače pod vplivom višjih temperatur zaradi segrevanja v naseljih. Dodatno k toplotnemu obremenjevanju prispevajo pozitivni trendi zaradi globalnega segrevanja. Na območju Slovenije so trendi dviga povprečne temperature zraka v 20. stoletju bili višji od evropskega povprečja in so znašali 0,34°C na desetletje, medtem ko so se na območju severovzhodne Slovenije v obdobju 1961-2016 temperature zraka dvigale z dinamiko med 0,33°C in 0,44°C na desetletje, v poletnih mesecih pa celo z dinamiko med 0,44°C in 0,59°C na desetletje (Žiberna 2017a). Prav poletni meseci z vse pogostejšimi vročinskimi valovi, ki nastopajo pretežno ob anticiklonskih vremenskih tipih postajajo tudi v manjših naseljih vzrok za veliko toplotno obremenitev in tako vplivajo na zdravje in produktivnost prebivalstva. Bolj ogroženi so starejši in otroci, bolniki s srčno-žilnimi obolenji in obolenji dihal, diabetiki, bolniki z obolenjem ledvic, bolniki z duševnimi motnjami in nepokretni. Na njihovo ogroženost lahko dodatno vplivajo nizek socialno-ekonomski status, socialna izoliranost, slabša dostopnost do zdravstvenih storitev in nasploh slabši bivalni pogoji (Parsons 2014, 323).

Pričakujemo lahko, da se bo zaradi globalnih podnebnih sprememb do leta 2050 povečalo število s toplotno obremenitvijo povezanih smrti za 257 % (Hajat et al. 2014). Eden od splošno sprejetih kazalcev toplotne obremenitve je Universal Thermal Climate Index (UTCI). Trendi mesečnih vrednosti UTCI v obdobju 1961-2016 za 14 km oddaljeno meteorološko postajo Murska Sobota-Rakičan kaže na izrazite pozitivne trende. V treh mesecih (maj, junij, september) se zaradi višjih temperatur zraka ob anticiklonskih vremenskih situacijah kažejo učinki zmerne

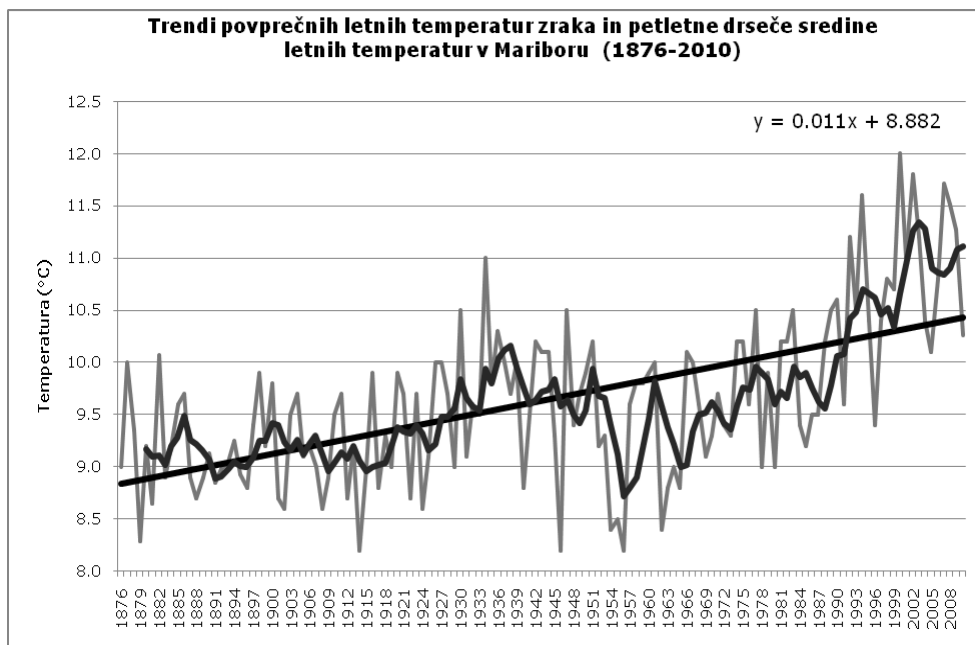
toplotne obremenitve (UTCI se giblje med 27,52 in 31,05), v dveh mesecih (julij, avgust) pa učinki visoke toplotne obremenitve (UTCI se giblje med 33,24 in 33,69), kljub dejstvu, da se meteorološka postaja nahaja izven pozidanega območja (Medmrežje 5). Zaradi kombinacije dviga temperatur zraka kot posledica globalnih podnebnih sprememb v kombinaciji s pojavom mestnega toplotnega otoka lahko pričakujemo, da se bo kakovost bivalnega okolja zlasti v mestnih središčih poslabšala, kar bodo čutile predvsem že prej omenjene ranljive skupine prebivalcev. **Zaradi tega je vedenje o pojavu vročinskih valov v mestih vedno večjega pomena. Temu bodo morali slediti ukrepi za blaženje previsokih temperatur v mestnih okoljih, kot so širjenje zelenih površin, ozelenjevanje streh, tam kjer je to možno in uporaba svetlejših kritin zaradi povečevanja albeda** (Žiberna 2017b).

Začetek merjenja temperatur zraka v Sloveniji sovпада s koncem »male ledene dobe«, obdobja s podpovprečnimi temperaturami zraka, ki se je začelo sredi 16. stoletja (Borroughs 2007, 256).

7.2 Trendi temperatur zraka v Mariboru v obdobju 1876-2010

V Mariboru v obravnavanem obdobju 1876-2010 lahko govorimo o naraščanju povprečnih letnih temperatur in sicer s stopnjo $1,19^{\circ}\text{C}/100$ let. Med sezonami so se najintenzivneje segrevali zima ($1,37^{\circ}\text{C}/100$ let) in pomlad ($1,31^{\circ}\text{C}/100$ let), sledili pa so poletje ($1,11^{\circ}\text{C}/100$ let) in jesen ($0,94^{\circ}\text{C}/100$ let). Med meseci so se najintenzivneje segrevali februar ($1,69^{\circ}\text{C}/100$ let) in januar ($1,68^{\circ}\text{C}/100$ let), za tem pa še maj ($1,46^{\circ}\text{C}/100$ let), november ($1,30^{\circ}\text{C}/100$ let) in april ($1,27^{\circ}\text{C}/100$ let). Tudi v Mariboru lahko zaznamo, da se trendi v zadnjih desetletjih stopnjujejo. Če smo za zadnjih 135 let ugotovili intenzivnost segrevanja povprečnih letnih temperatur s stopnjo $1,19^{\circ}\text{C}/100$ let, pa so ti trendi za obdobje 1911-2010 (100 let) $1,56^{\circ}\text{C}/100$ let, za obdobje 1941-2010 (70 let) $2,61^{\circ}\text{C}/100$ let, za obdobje 1961-2010 (50 let) $4,29^{\circ}\text{C}/100$ let in za obdobje 1981-2010 (30 let) celo $4,91^{\circ}\text{C}/100$ let. Zanimivo je, da so se v zadnjih 30 letih najbolj segreli poletje (trend $6,66^{\circ}\text{C}/100$ let), pomlad (trend $5,94^{\circ}\text{C}/100$ let) in šele nato zima (trend $5,26^{\circ}\text{C}/100$ let). Jesen se je segrela s stopnjo $2,55^{\circ}\text{C}/100$ let.

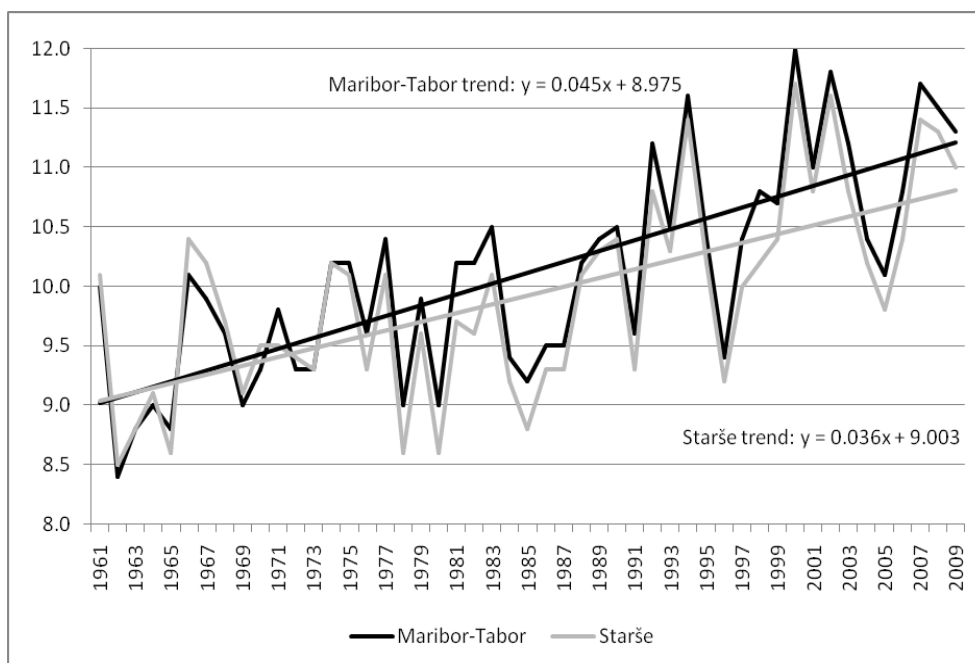
Oscilacije petletnih drsečih povprečnih letnih temperatur zraka je mogoče zaznati tudi v Mariboru. Viški so se pojavljali v letih 1882, 1896, 1903, 1910, 1916, 1926, 1934, 1941, 1947, 1957, 1969, 1973, 1980, 1990 in 1999. Intervali med vrhunci oscilacij so v Mariboru tako znašali 14 let, 5 let, 7 let, 6 let, 10 let, 8 let, 7 let, 6 let, 10 let, 12 let, 4 leta, 7 let, 10 let in 9 let. V povprečju se torej dolžina oscilacij giblje med 4 in 14 let. V nekaterih epizodah bi lahko govorili tudi o ujemanju med ciklom Sončeve aktivnosti in nihanjem povprečnih temperatur zraka, v večini primerov pa so temperaturna nihanja očitno oblikovali drugi dejavniki. Pearsonov korelacijski koeficient med Petletnimi drsečimi povprečnimi letnimi temperaturami v Mariboru in Wolfvim številom je le 0,2173. V Mariboru je mogoče zaznati razkorak med trendi aktivnosti Sonca in povprečnimi letnimi temperaturami. Delno si to lahko razlagamo s spremenjeno rabo tal v Mariboru, čeprav je intenzivnost širjenja bila največja v času do začetka 80. let 20. stoletja.



Slika 7.2: Trendi povprečnih letnih temperatur zraka in petletne drseče sredine letnih temperatur v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)

O vplivu mestnega toplotnega otoka na trende temperatur zraka smo že govorili. V Mariboru lahko izvedemo primerjavo med urbano meteorološko postajo Maribor-Tabor in meteorološko postajo Starše, ki je locirana na Dravskem polju, 12 km jugovzhodno od Maribora in je začela delovati leta 1961. Za slednjo pa je potrebno omeniti, da se je zaradi suburbanizacije predvsem od sredine 90. let 20. stoletja vendarle kažejo tudi precej omiljeni antropogeni vplivi (Žiberna 2006), vendar ti v obravnavanem obdobju še niso moteči. Starše tako v naši analizi predstavljajo neke vrste »ozadje« v kateri se »šum«, ki nastane zaradi součinkovanja vpliva globalnih temperaturnih trendov in vplivov mestnega toplotnega otoka dajo razločiti.

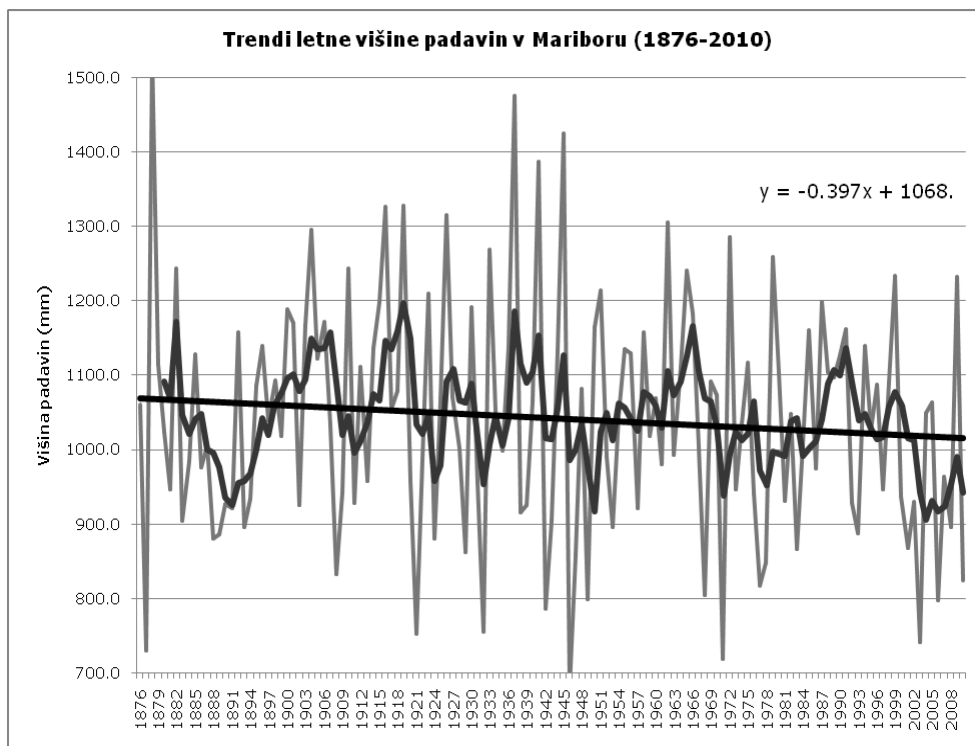
Primerjava trendov povprečnih letnih temperatur zraka kaže, da so te seveda hitreje naraščale v Mariboru in sicer s stopnjo 0,45°C/10 let, v Staršah pa je ta trend znašal 0,36°C/10 let. Groba ocena torej kaže, da je v zadnje pol stoletja prispevek mestnega toplotnega otoka na trend reda velikosti 0,09°C/10 let (Slika 7.3).



Slika 7.3: Povprečne letne temperature zraka na meteoroloških postajah Maribor-Tabor in Starše (1961-2009) (vir: Žiberna, 2006)

7.3 Trendi višine padavin, evapotranspiracije in vodne bilance v Mariboru v obdobju 1876-2010

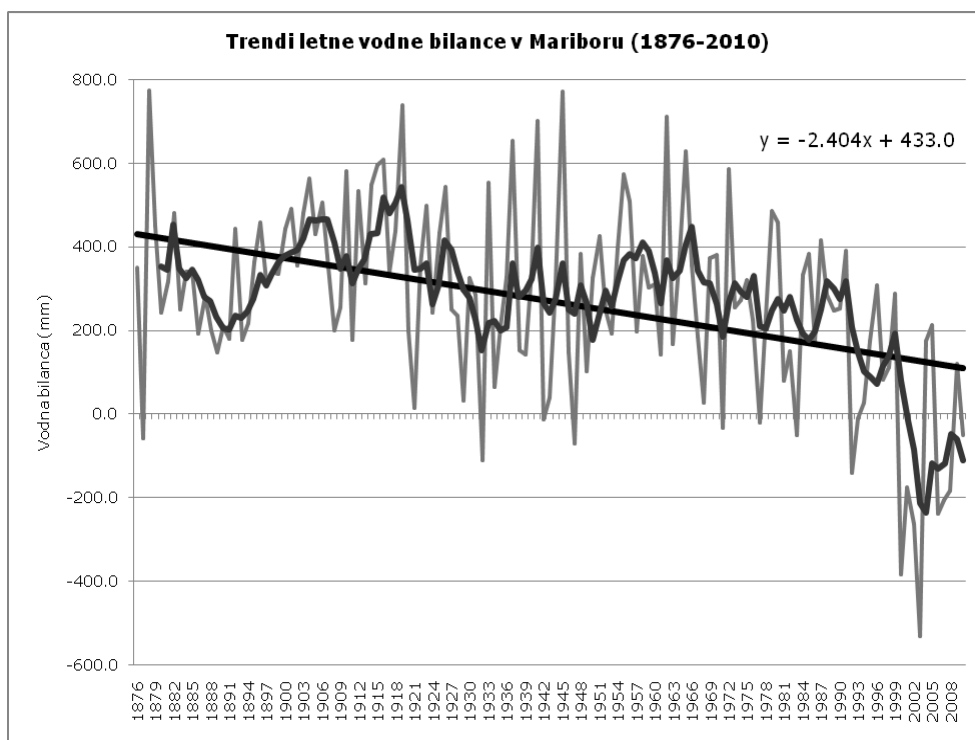
Trendi višine padavin so manj signifikantni od temperaturnih trendov. V Mariboru zaradi lege na robu subpanonskega podnebnege tipa pade letno manj padavin kot v osrednji in zahodni Sloveniji. Povprečna letna višina padavin v obdobju 1876-2010 je znašala 1041,9 mm. Najbolj namočeni so poletni meseci (junij 121,6 mm), ko so padavine konvektivnega nastanka. Sekundarni maksimum padavin se pojavlja v oktobru (95,5 mm) in novembru (84,2 mm), ko je izvor padavin povezan z intenzivnejšo ciklogenezno v Genovskem zalivu. Tudi v Mariboru v obravnavanem obdobju beležimo trend upadanja povprečne letne višine padavin in sicer s stopnjo 39,8 mm/100 let. Trendi niso signifikantni, saj znaša standardni odklon povprečne letne višine padavin v obravnavanem obdobju 160,2 mm. Tudi trendi višine padavin po sezonah niso signifikantni in so vsi nižji od standardnega odklona. V zimskih mesecih višina padavin celo rahlo narašča (1,35 mm/100 let), v ostalih sezonah pa pada: spomladi s stopnjo 34,23 mm/100 let, poleti s stopnjo 3,54 mm/100 let in jeseni s stopnjo 15,72 mm/100 let. Potencialna evapotranspiracija na letni ravni znaša 772,4 mm, najvišja pa je seveda poleti (385,1 mm), sledita jesen (185,6 mm) in pomlad (185,1 mm), najnižja pa je pozimi (16,5 mm). Zaradi višanja temperatur se potencialna evapotranspiracija viša in sicer na letni ravni s stopnjo 200,7 mm/100 let. Med sezonami je trend potencialne evapotranspiracije najvišji poleti (95,43 mm/100 let), sledijo pa pomlad (53,53 mm/100 let), jesen (42,51 mm/100 let) ter zima (9,55 mm/100 let).



Slika 7.4: Trendi letne višine padavin v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)

Razlika med višino padavin in potencialno evapotranspiracijo je v Mariboru zaradi subpanonskih podnebnih značilnosti večja kot v osrednji Sloveniji. Če je Ljubljana v obravnavanem obdobju beležila presežek padavin nad evapotranspiracijo v višini 609,5 mm, je ta presežek na letnem nivoju v Mariboru le še 269,5 mm. V Ljubljani so vse sezone in vsi meseci razen julija beležili presežek padavin nad evapotranspiracijo. V Mariboru je situacija precej drugačna. Vse sezone razen zime v obravnavanem obdobju beležijo primanjkljaj vlage. Najvišji primanjkljaj se pojavlja poleti (-258,5 mm), nato spomladi (-100,0 mm) in jeseni (-86,0 mm). V zimi je zaznati presežek vlage v višini 38,9 mm. Stanje je z vidika kulturnih rastlin izrazito neugodno, saj se deficiti vlage pojavljajo ravno v fenofazah rasti, ko rastline potrebujejo največ vlage. Tudi trendi vodne bilance so izrazito neugodni. V obdobju 1876-2010 se je ta nižala s stopnjo -240,45 mm/100 let. To pomeni, da se je enem stoletju povprečna letna višina padavin znižala za okoli 25 %, oziroma, da smo »izgubili« dva najbolj namočena meseca, kar je z vidika oskrbe z vodo in potreb za kulturne rastline izrazito neugodno. Za razliko od nekaterih žitaric (pšenica, ječmen), ki jih požanjemo že na začetku julija, pa se nekatere druge kulturne rastline, predvsem koruza, ki je v osrednji Sloveniji pogosta, ravno v obdobju primanjkljaja vlage nahajajo v fenofazah rasti, torej fazah, ko so njihove potrebe po vlagi največje. Dodatno k neugodnim razmeram botruje dejstvo, da se večina njivskih površin nahaja na plitvih do srednjeglobokih tleh na produ in pesku, kjer meteorna voda zelo hitro odteče v večje globine in kot taka ni več na voljo koreninskemu sistemu rastlin (Kajfež-Bogataj, Bergant 2005, 38-39). Prepolovljeni trendi nastopajo v jesenskih (-67,29 mm/100 let) ter spomladanskih mesecih (-65,58 mm). Trend vodne bilance v zimskih mesecih je zelo neizrazit (-0,71 mm/100 let).

Trendi vodne bilance so najvišji v poletnih mesecih (-56,41 mm/100 let) in spomladi (-46,60 mm/100 let). Med meseci vsi razen decembra beležijo negativne trende vodne bilance. Ti so najvišji maja (-42,60 mm/100 let), aprila (-34,31 mm/100 let), julija (-31,53 mm/100 let) in junija (-30,37 mm/100 let). Klimatska suša v severovzhodni Sloveniji postaja torej že neke vrste »normalno« stanje. Sušna leta so se pojavljala že v preteklih obdobjih: leta 1877 je bila vodna bilanca -57,9 mm, leta 1932 -110,8 mm, 1942 -13,9 mm, 1947 -69,7 mm, 1971 -33,3 mm, 1977 -20,8 mm in leta 1983 -50,2 mm. Leta 1992 je bila vodna bilanca -141,0 mm, po letu 1999 pa klimatska suša v Mariboru ni pojavila le leta 2004 in 2010, v ostalih letih pa je vodna bilanca znašala vedno pod -200 mm, leta 2000 – 382,9 mm, leta 2003 pa celo -531,1 mm, kar je rekordni deficit zabeležen v času instrumentalnih meritev v Mariboru.



Slika 7.5: Trendi letne vodne bilance v Mariboru (1876-2010) (vir: Urad za meteorologijo, ARSO, Ljubljana, 2011; lastni izračuni)

7.4 Trendi ekstremnih temperatur zraka v obdobju 1961-2018

Z vidika zagotavljanja kakovosti bivalnega okolja v mestu se kot posledica globalnega segrevanja in kot posledica oblikovanja mestnega toplotnega otoka višajo tudi ekstremne, tako maksimalne kot minimalne temperature. Mesto se zato intenzivneje segreva podnevi, medtem ko se zaradi sevanja asfaltnih, betonskih in ostalih umetnih površin v nočnem času ne ohlaja tako intenzivno kot okolica.

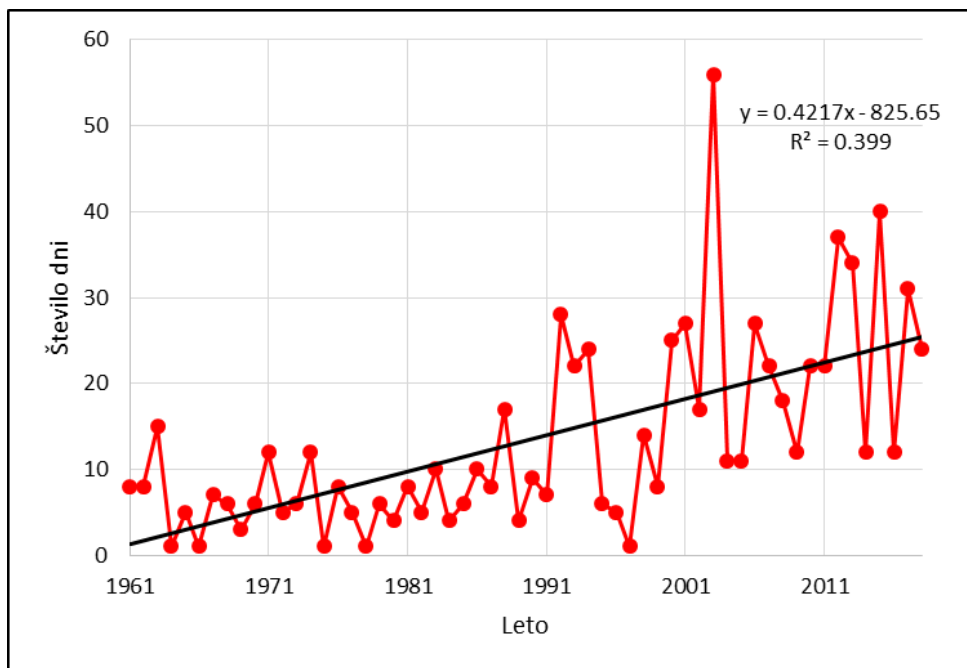
Povprečna letna temperatura na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 je znašala 9,8°C, povprečna maksimalna 14,7°C, povprečna minimalna pa -3,5°C. Z vročinskimi valovi so povezane predvsem maksimalne temperature, čeprav vedno višje minimalne temperature v poletnih jutrih prav tako vplivajo na stopnjo segrevanja v popoldanskem času. Najvišje povprečne maksimalne temperature nastopajo seveda v poletnih mesecih (junij 23,4°C, julij 25,5°C, avgust 24,8°C). Poletje je tudi tisti klimatski letni čas, v katerem nastopajo najvišji pozitivni trendi povprečnih maksimalnih temperatur: v mesecih junij, julij in avgust je povprečni trend, preračunan na polstoletno obdobje znašal 1,30°C/50 let (pozimi 1,04°C/50 let, spomladi 1,09°C/50 let, jeseni⁴ pa 1,03°C/50 let, celoletno povprečje 1,11°C/50 let). Trendi maksimalnih temperatur so višji od trendov povprečnih temperatur (0,70°C/50 let) in povprečnih minimalnih temperatur zraka (0,86°C/50 let). Omenimo še naj, da se pri povprečnih temperaturah zraka najbolj segrevata pomlad (0,77°C/50 let) in poletje (0,74°C/50 let), pri povprečnih minimalnih temperaturah zraka pa poletje (0,99°C/50 let) ter zima (0,86°C/50 let). Naraščanje povprečnih in povprečnih ekstremnih temperatur na meteorološki postaji Maribor-Tabor je rezultat tako globalnega segrevanja kot lokalnega vpliva mestnega toplotnega otoka (Žiberna 2006).

Posledica zgoraj omenjenih trendov se manifestira tudi v dvigu števila dni nad danim temperaturnim pragom. Z vročinskimi valovi je najtesneje povezano število dni z maksimalno temperaturo nad 30°C⁵. Trend znaša 0,4217 dni/leto oziroma 21,08 dni/50 let (Slika 7.6). Opaziti je mogoče, da je še v 60. in 70. letih prejšnjega stoletja letno število dni z maksimalno temperaturo nad 30°C nad 10 bilo redko (v 60. letih le leta 1963, v 70. letih pa leta 1971 in 1974). V 80. letih so bila tri taka leta, v 90 štiri, medtem ko po letu 2000 ni bilo leta, ko bi ne imeli vsaj deset dni z maksimalno temperaturo nad 30°. Največ takih dni je bilo leta 2003 (56), leta 2015 (40) in leta 2012 (37).

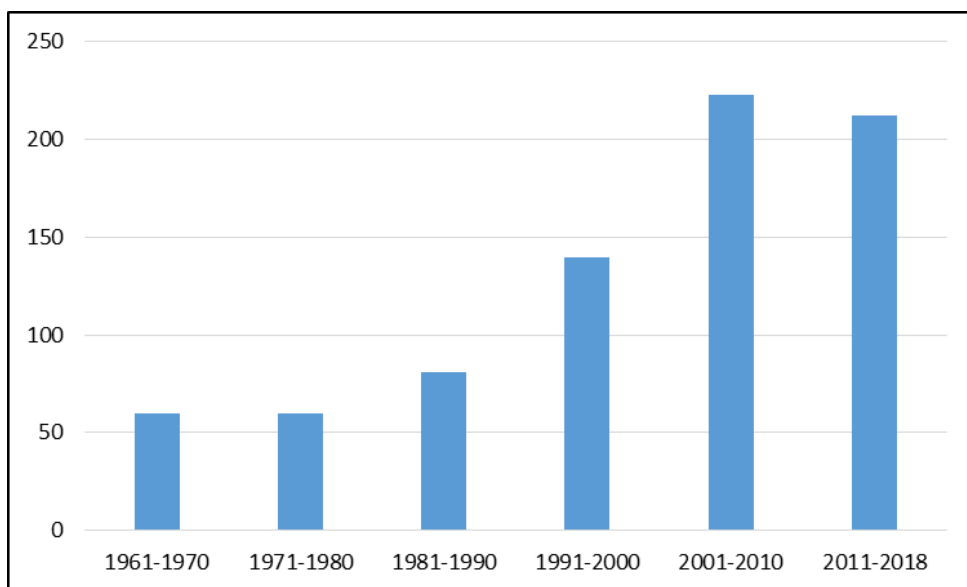
Od leta 1961 smo imeli na meteorološki postaji Maribor-Tabor skupaj 776 dni z maksimalno temperaturo nad 30°C, od tega od leta 2011 naprej 212 (ali 27,3 %), med letoma 2001 in 2010 pa 223 (ali 28,7 %). V zadnjih dveh še nepopolnih desetletjih je skupaj nastopilo kar 56,1 % vseh dni z maksimalno temperaturo nad 30°C (Slika 7.7). Dinamika spreminjanja torej nakazuje ne linearno, pač pa eksponentno rast takih dni. Opaziti je mogoče tudi, da se medletna nihanja v številu dni nad 30° od druge polovice 80. let povečuje, kar je pravzaprav potrditev teze, da poleg globalnega segrevanja beležimo tudi velika nihanja vremenskih in podnebnih vzorcev. Kljub temu lahko skoraj 40 % sprememb v številu dni nad 30°C pojasnimo s časovnimi spremembami.

⁴ Podatki, ki se navezujejo na jesen veljajo za obdobje 1961-2017.

⁵ Dan z maksimalno temperaturo nad 30°C poimenujemo tudi kot »vroči dan«.



Slika 7.6: Trendi števila dni z maksimalno temperaturo nad 30°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)

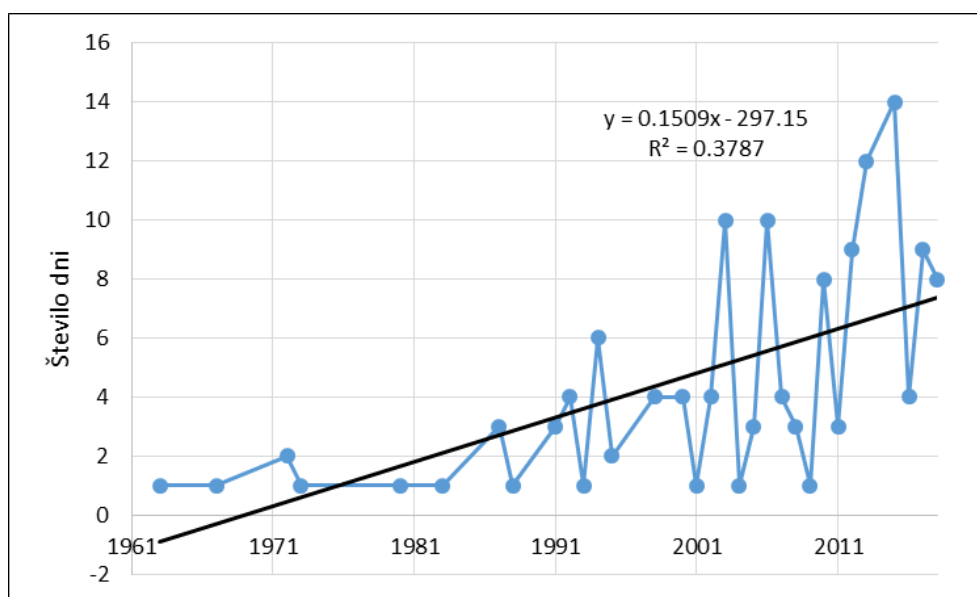


Slika 7.7: Število dni z maksimalnimi temperaturami nad 30°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018)

Intenzivnost vročinskih valov je pogojena tudi z manj intenzivnim nočnim ohlajanjem zraka v mestih. Omenili smo že, da gradbeni materiali, kot so beton in asfalt ponoči v obliki dolgovalovnega sevanja oddajajo čez dan akumulirano energijo, zaradi česar se v mestih minimalne temperature ob jutrih ne znižajo tako kot v nepozidani okolici mesta. Središča mest tako prično s fazo segrevanja po vzidu Sonca z višjo temperaturo kot okolica. Noči, v katerih se

minimalna temperatura ne zniža pod 20°C imenujemo tudi tropske noči. Tropske noči so bile na začetku in sredi 20. stoletja, z izjemo na slovenski obali, redek pojav. V zadnjih letih pa je v nekaterih mestih to že vsakoleten pojav, tako da je ponekod trend že statistično značilen (Bertalanč et al. 2010).

V Mariboru se število dni z minimalno temperaturo višjo od 20°C viša z trendom 0,1509 dni na leto oziroma 7,5 dni/50 let, pri čemer lahko 38 % razlik v pojavljanju tropskih noči razložimo s časovnimi spremembami (Slika 7.8).



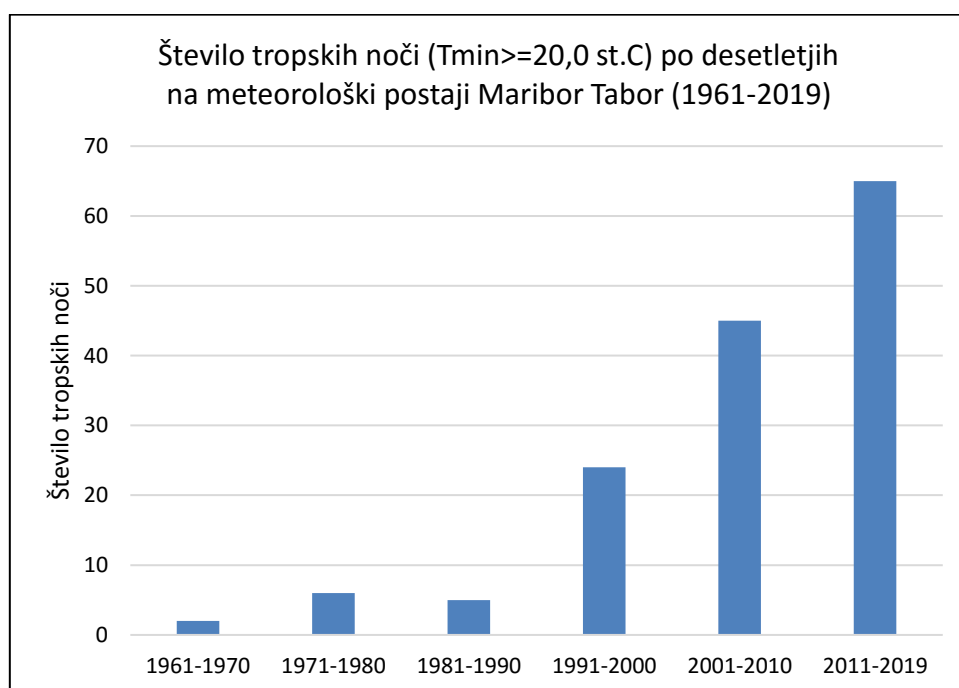
Slika 7.8: Trendi števila dni z minimalno temperaturo nad 20°C na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)

Tudi pri trendu številu tropski noči se nakazuje trend, ki ni linearen, pač pa eksponenten. Če smo imeli v 60. letih 20. stoletja dva pojava tropskih noči, v 70. letih pa šest, je to število v 90. letih naraslo na 24. V prvem desetletju tega tisočletja je bilo tropskih noči že 45, v tem desetletju, kjub temu, da še ni zaključeno, pa že 65. Prav tako je mogoče opaziti velika medletna nihanja števila tropskih noči. Največ, kar 14 smo jih imeli leta 2015, 12 leta 2013, po 10 pa v letih 2006 in 2003. **Opazimo lahko tudi, da se tropske noči ne pojavljajo le v juliju in avgustu, pač pa pogosto tudi v juniju in celo septembru.** Dejstvo, da se nočne temperature ne spustijo pod 20°C vplivajo tudi na kakovost bivalnega okolja: previsoke nočne temperature delujejo obremenilno in vplivajo na kakovost spanja.

Tabela 7.2: Število tropskih noči ($T_{min} \geq 20,0$ °C) na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019

Desetletje	Junij	Julij	Avgust	September	Vsota
1961-1970	0	1	1	0	2
1971-1980	0	5	1	0	6

1981-1990	0	5	0	0	5
1991-2000	4	8	12	0	24
2001-2010	12	24	8	1	45
2011-2019	8	32	24	1	65
Vsota	24	75	46	2	147



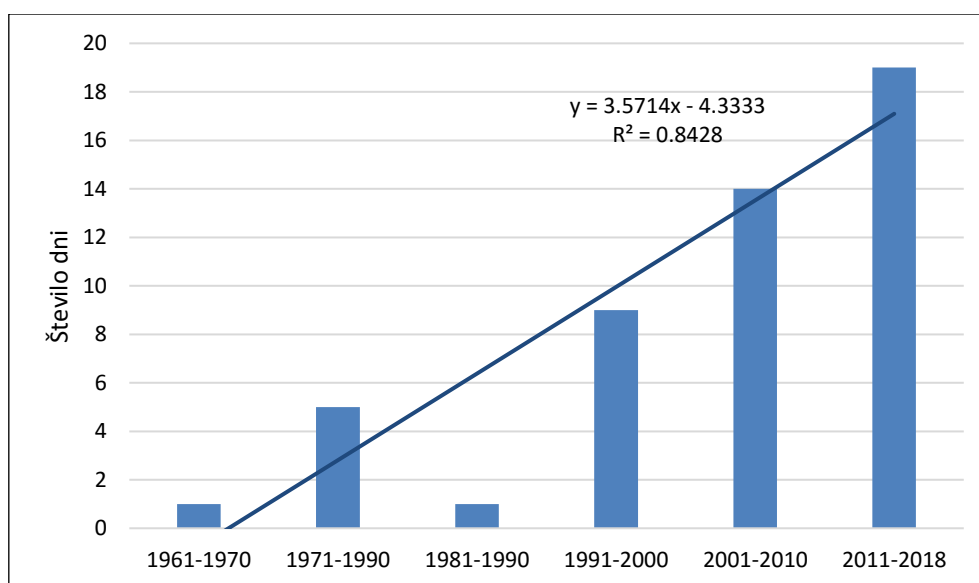
Slika 7.9: Število tropskih noči ($T_{min} \geq 20,0$ °C) po desetletjih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2019

7.5 Trendi števila vročinskih valov, dolžine trajanja in njihove intenzivnosti v obdobju 1961-2018

Vročinski val lahko v najširšem smislu pojmuje kot obdobje z nadpovprečno visokimi temperaturami. Natančnejše definicije vročinskega vala temeljijo na kombiniranih kriterijih visokih temperatur v kombinaciji z visoko relativno vlago in vzajemnim neugodnim učinkom na človeško telo, ki se manifestira v slabšem počutju in ki lahko v končni fazi privede tudi smrti (Robinson 2001). Če želimo vročinski val kvantificirati, nastopijo težave, saj v različnih okoljih za opredeljevanje nastopa vročinskega vala uporabljajo neenotne kriterije. Svetovna meteorološka organizacija označuje vročinski val kot nekaj dnevno do nekaj tedensko obdobje z nadpovprečno visokimi temperaturami, katerih posledica je lahko tudi večja umrljivost ljudi (WMO 2015). V Belgiji, Luksemburgu in na Nizozemskem je vročinski val definiran kot obdobje, v katerem se maksimalne temperature zraka vsaj pet zaporednih dni dvignejo nad 25°C. Podoben kriterij

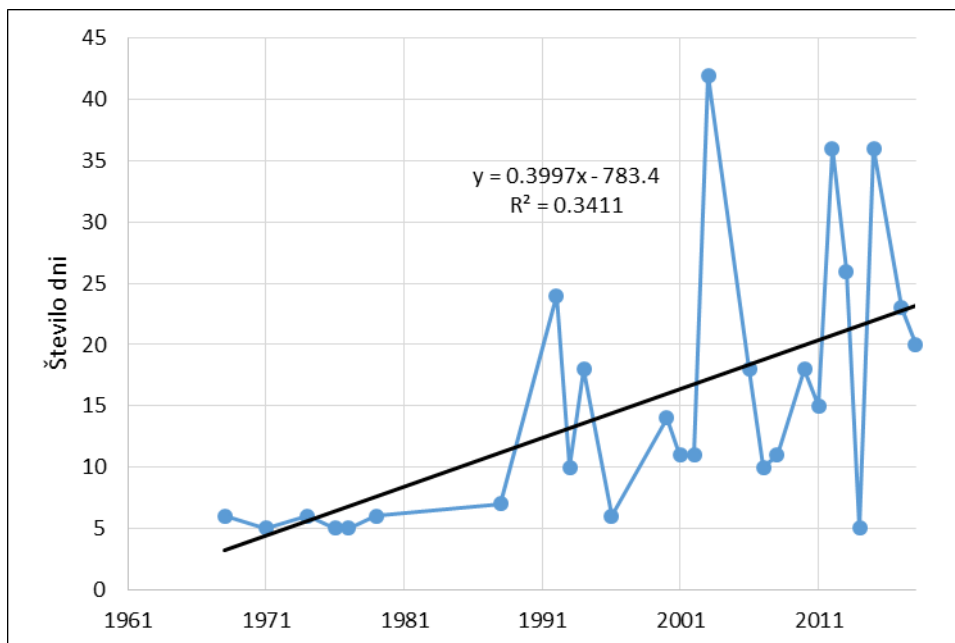
uporabljajo tudi na Švedskem in Danskem (Medmrežje 6). V južni Avstraliji je vročinski val definiran kot obdobje petih zaporednih dni z maksimalno temperaturo nad 35°C (Medmrežje 7), medtem ko Avstralski urad za meteorologijo vročinski val opredeljuje kot obdobje, v katerem so vsaj trije dnevi z nadpovprečno maksimalno temperaturo zraka (Medmrežje 8). V našem primeru smo - tudi zaradi možnosti kasnejših primerjav - uporabili kriterij, kot so ga definirali Zalar, Pogačar, Črepinšek in Kajfež-Bogataj (2017), po katerem je vročinski val obdobje z najmanj petimi zaporednimi dnevi z maksimalno temperaturo vsaj 30°C.

Število vročinskih valov v Mariboru se je od leta 1961 povečevalo. V 60. letih je prvi vročinski val nastopil med 6. in 11. julijem 1968. v 70. letih prejšnjega stoletja je bilo vročinskih valov že pet, v 80. letih pa le eden (med 10. in 16. avgustom 1988), vendar pa je potrebno pripomniti, da je bilo število dni z maksimalnimi temperaturami nad 30°C več, le da ti niso nastopal v zaporednih dnevih. V 90. letih je to število naraslo na 9. V prvem desetletju tega tisočletja je bilo to število že 14, v še nedokončanem obdobju med leti 2011 in 2018 pa že 19 (Slika 7.10) in z veliko zanesljivostjo lahko napovemo, da bo v tem desetletju ta številka prvič presegla število 20. Statistično se je število vročinskih valov po letu 1961 povečevalo s stopnjo za 3,5 na vsako desetletje. Kar 84 % razlik v številu vročinskih valov lahko pojasnimo s časovnimi spremembami.

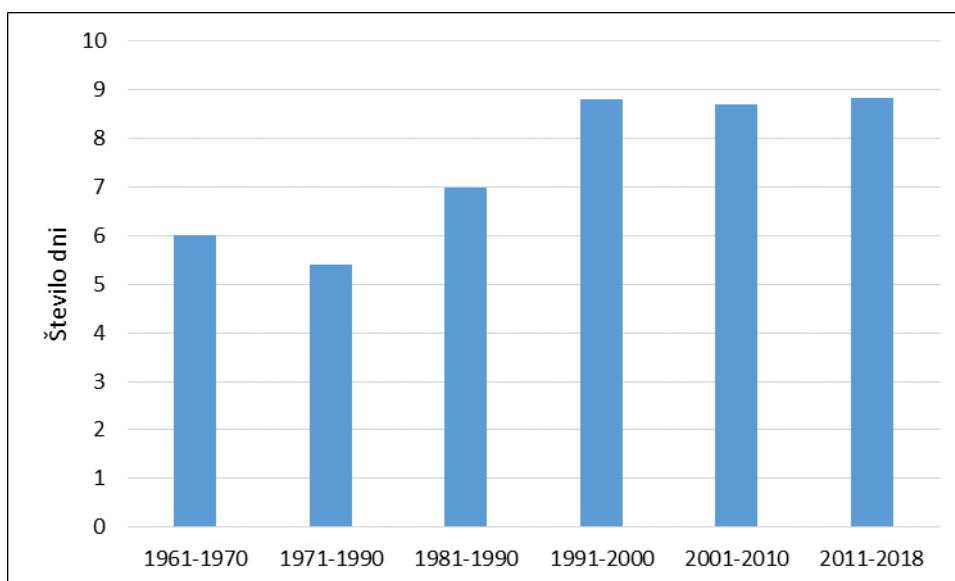


Slika 7.10: Število vročinskih valov na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018)

Poleg števila vročinskih valov se povečuje tudi njihovo trajanje (število dni v vročinskih valovih). Stopnja trenda višanja števila dni v vročinskih valovih znaša slabe štiri dni na desetletje. Zaradi velike variabilnosti le-teh zlasti v zadnjih treh desetletjih lahko le 34% razlik v številu dni v vročinskih valovih pojasnimo s časovnimi spremembami (Slika 7.11). V 60. letih 20. stoletja je edini vročinski val trajal šest dni, v 70. letih je bila povprečna dolžina trajanja 5,4 dni, medtem ko od 90. let naprej vročinski valovi trajajo v povprečju med 8,7 in 8,8 dni (Slika 7.10).



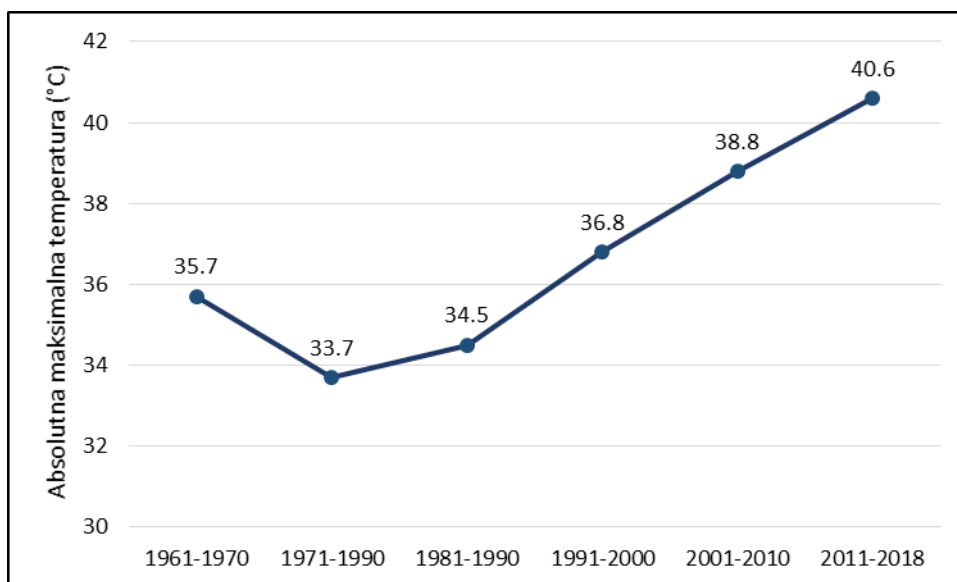
Slika 7.11: Število dni v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)



Slika 7.12: Povprečno trajanje vročinskega vala na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: Lastni izračuni, 2018)

V Mariboru narašča tudi maksimalna temperatura v vročinskih valovih in sicer s stopnjo $0,3^{\circ}\text{C}$ na desetletje, vendar pa znaša determinacijski koeficient le 0,1872. Povprečne maksimalne temperature v vročinskih valovih po desetletjih ne kažejo tako visokega trenda: v 60. letih 20. stoletja je znašala povprečna maksimalna temperatura v vročinskem valu $32,1^{\circ}\text{C}$, v prvem desetletju 21. stoletja $32,4^{\circ}\text{C}$, v obdobju 2011-2018 pa $32,8^{\circ}\text{C}$. Drugače je z absolutnimi maksimalnimi temperaturami: v vročinskih valovih v 70. letih je bila absolutna maksimalna

temperatura 33,7°C in je do prvega desetletja tega stoletja narasla na 38,8°C, v obdobju 2011-2018 pa dosegla celo 40,6°C (Slika 7.13), kar se je zgodilo 8. avgusta 2013.

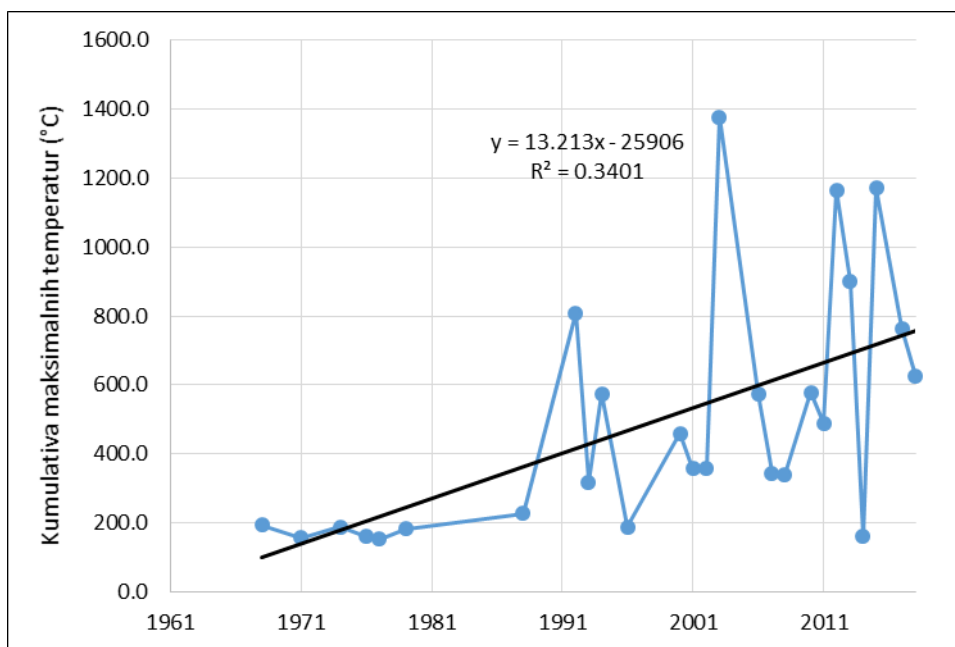


Slika 7.13: Absolutne maksimalne temperature v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor po desetletjih (vir: lastni izračuni, 2018)

Za počutje in predvsem obremenitev pa niso pomembne samo temperature v konicah vročinskih valov, pač pa tudi njihova konsistentnost. V ta namen smo analizirali še trende kumulative maksimalnih temperatur po vročinskih valovih (vsote maksimalnih temperatur v dnevih v vročinskih valovih). Tudi tukaj je mogoče zaznati pozitivne trende (vsota maksimalnih temperatur se povečuje s stopnjo kumulative maksimalnih temperatur 13,2°C na leto, pri čemer na osnovi determinacijskega koeficienta lahko s časovnimi spremembami pojasnimo 34 % razlik v kumulativah maksimalnih temperatur zraka). Če smo imeli v 60. in 70. letih kumulative maksimalnih temperatur v vročinskih valovih okoli 200°C, so se te po letu 2000 v konicah dvignile nad 1000°C (leta 2003 celo do 1400°C), torej za en velikostni razred (Slika 7.14). Vendar pa je potrebno dodati tudi to, da je variabilnost vročinskih valov večja in posledično pa tudi kumulativa maksimalnih temperatur.

Vsi do sedaj omenjeni podatki so se nanašali na lokacijo meteorološke postaje Maribor-Tabor, ki se nahaja na travniški površini ob križišču Ceste proletarskih brigad in Jadranske ceste in kot taka že po dosedanjih analizah ne predstavlja dovolj reprezentativno razmer v gosteje poseljenih delih mesta (Žiberna 1996). **Poleg maršrutnih meritev nam vpogled v strukturo mestnega toplotnega otoka v zadnjem času nudijo tudi satelitski posnetki v termičnem kanalu. Posnetki sicer ne kažejo temperatur zraka, pač pa temperaturo površja** (lands surface temperature ali LST), ki je v visoki korelaciji s temperaturo zraka (Mutiibwa 2015). Za ponazoritev temperaturnih razmer v Mariboru smo uporabili posnetek s satelita Landast 8 v 10. in 11. kanalu in s prostorsko resolucijo 30m x 30m. Vrednosti v obeh kanalih smo povprečili in upoštevali tudi atmosfersko korekcijo. Posnetek je bil narejen 19. avgusta 2018 ob 10:45 po srednjeevropskem času, torej prvi dan tretjega vročinskega vala v tem letu v Mariboru, ki je trajal do vključno 24.

avgusta 2018 (Slika 7.15). Posnetek v tem smislu dobro nakazuje temperaturne razmere v Mariboru, čeprav so v konicah temperature še višje.

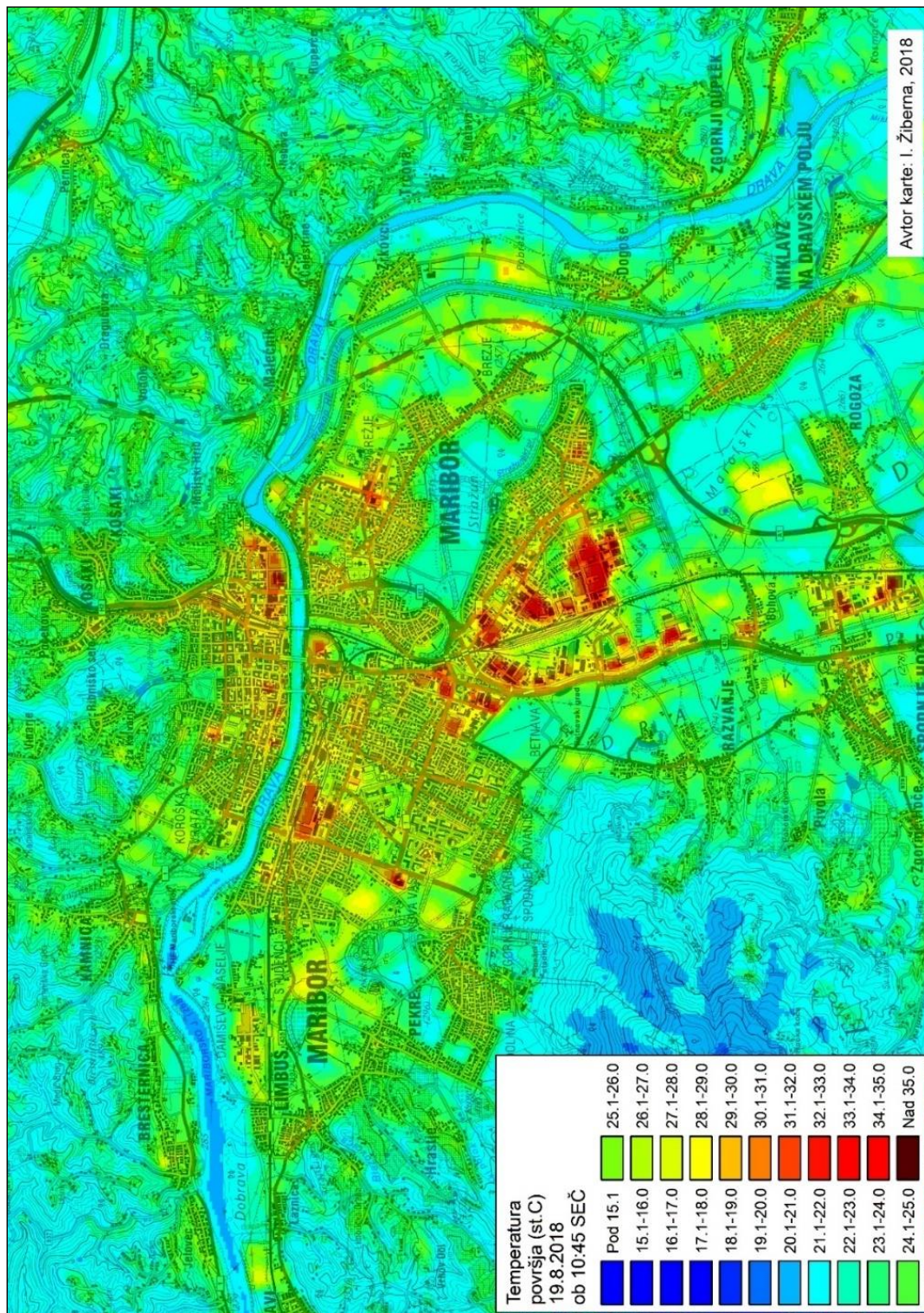


Slika 7.14: Kumulative maksimalnih temperatur zraka v vročinskih valovih na meteorološki postaji Maribor-Tabor v obdobju 1961-2018 (vir: lastni izračuni, 2018)

Ugotovimo lahko dokaj izrazit vzorec pojavljanja višjih temperatur površja: po pregretosti izstopajo območja z večjimi stavbami (industrija, storitvene dejavnosti in trgovski centri). Najvišje temperature površja nastopajo na območju industrijske cone Tezno v južnem delu mesta, na območju industrijske cone Melje, tik ob Dravi (stavbe Primata, Henkla, Mariborske livarne in nekdanje Tekstilne tovarne Maribor) in stavbe industrijske cone Studenci, ob koroškem kraku železniške proge.

Nadalje dobro izstopajo območja večjih nakpovalnih središč: Europark (ki oblikuje toplotni otok skupaj s kompleksom stavb Mariborske bolnišnice zahodno od Titove ceste), niz trgovskih središč vzhodno od Tržaške ceste v južnem delu mesta (v okolici stavb so tudi večja parkirišča), trgovski center Mercator in ostale trgovine s parkirišči v okolici Puhove ceste na Pobrežju, trgovski centri ob križišču Ptujске in Tržaške ceste, nov trgovski center Mercator ob Cesti Proletarskih brigad in trgovski center Qlandija z novimi trgovinami južno od njega, vse skupaj ob zahodni obvoznici. Glede na dejstvo, da se tam gradijo še novi trgovski centri in stanovanjski bloki, lahko pričakujemo, da se bo v prihodnje ta toplotni otok še okrepil.

Zanimivo je, da se je po izgradnji bencinskih servisov vzhodno in zahodno od avtoceste (ta poteka vzhodno od Maribora) oblikoval nov toplotni otok, ki posebej izstopa, saj je okolica pretežno pod njivami. **Po drugi strani pa zelene površine kažejo za več kot 10°C nižje temperature površja. V tem smislu kaže omeniti predvsem zajedo Stražunskega gozda in vse parkovne površine v mestih, ki nekoliko blažijo segrevanje v mestnih središčih:** Mestni park, Trg generala Maistra, Slomškov trg, Magdalenski park na desnem bregu in celo Ljudski vrt z okoliškimi pomožnimi igrišči.



Slika 7.15: Temperature površja v Mariboru 19. avgusta 2018 ob 10:45 po srednjeevropskem času (vir: Landsat 8; lastni izračuni)

Toplotna obremenitev v posameznih delih mesta torej presega to, ki jo lahko identificiramo na osnovi podatkov meteorološke postaje Maribor-Tabor. V tem smislu bi - ob upoštevanju projekcij podnebnih sprememb, predvsem vedno višjih maksimalnih temperatur v času poletnih mesecev - morali intenzivneje izvajati ukrepe za omilitev le teh, s čimer bi zagotavljali znosnejše bivalne razmere za predvsem ranljivejše skupine prebivalcev Maribora. Ena od rešitev je zanesljivo širjenje deleža zelenih površin v mestu, ki bi lahko poleg blaženja ekstremnih temperatur opravljale tudi pomembno socialno in ekološko funkcijo.

8 PREDLOG RAZDELITVE OBRAVNAVANEGA OBMOČJA NA URBANI IN RURALNI DEL Z VIDIKA PODLAG ZA PODNEBNE SPREMEMBE

Pozidane površine so eden od najpomembnejših prostorskih atributov, ki vplivajo na oblikovanje t.i. mestnega toplotnega otoka in tudi z vidika upravljanja na vodovarstvenih območjih. Npr. s splošnega vidika je zaželeno ponikanje strešnih padavinskih voda. A na intenzivno pozidanem območju in s prometno infrastrukturo obremenjenem območju, ki sega v vodovarstvena območja, je potrebno tovrstni pristop dodatno oceniti glede tveganja za vodni vir. Vodovarstvena območja Urbanskega platoja, ki so na mestnem območju bi lahko ob intenzivnejšem ponikanju padavinskih voda povzročila izpiranje v preteklosti odloženih onesnaževal v tleh in povzročila poslabšanje kvalitete vode v črpališču Urbanski plato. Kot vir za določitev pozidanih območij smo v tej fazi uporabili podatke Urban atlasa (Medmrežje 12). Karta urbanega območja oziroma pozidanih površin je prikazana v Prilogi 14.4.

Naslednji vir za določanje urbanih podnebnih značilnosti, predvsem z vidika pojava mestnega toplotnega otoka so posnetki satelitov, ki z metodo daljinskega zaznavanja snemajo zemeljsko površje v termičnem kanalu (sateliti Landsat 8, Aster in Sentinel). Podatki prikazujejo temperaturo površja, na osnovi česar lahko detektiramo površinski mestni toplotni otok (Surface Urban Heat Island). Primer takega načina prikazovanja podatkov je viden na karti v Prilogi 14.5. Seveda pa enkratni posnetki za planske ocene niso dovolj, ampak je potrebno narediti sistematično serijo tekom celega hidrološkega letnega ciklusa in ob različnih letih (sušnih, deževnih ipd.).

9 PREDLOG UVAJANJA SIVIH, ZELENIH IN MEHKIH UKREPOV ZA BLAŽENJE OBREMENITEV OB VROČINSKIH VALOVIH

V prihodnosti lahko zlasti v poletnih mesecih ob anticiklonskih vremenskih situacijah pričakujemo vedno pogostejša obdobja z velikimi toplotnimi obremenitvami. Zato bo prilagajanje nanje nujno tudi v manjših naseljih z zgoščeno pozidavo. Evropska okoljska agencija predlaga **tri vrste ukrepov prilagajanju** vedno pogostejšim toplotnim obremenitvam v naseljih: **sive** (kakovostna izolacija stavb, uporaba zunanijh žaluzij ali polken na oknih, pasivno hlajenje stavb, urbanistično zasnovo, ki omogoča prevetrenost), **zelene** (ohranjanje in širjenje zelenih površin v mestih, uvajanje zelenih zidov in zelenih streh) in **mehke** (ozaveščenje prebivalstva, kartiranje toplotnih otokov in monitoring) (EEA 2012, 31).

Tabela 9.1: Predlog uvajanja različnih ukrepov za blaženje obremenilnih vplivov lokalnih sprememb podnebja v mestih

stavbe	
ukrep	pričakovani učinki
hladne strehe	visoka odbojnost (albedo) in znižanje toplotne emisivnosti/zmanjševanje oddajanja toplote
zelene strehe	senčenje in povečanje evapotranspiracije
zelene fasade	zmanjšanje temperature okolja, senčenje, naravno hlajenje, energetska učinkovitost
ustrezen izbor fasadnih površin in konstrukcije fasad	zmanjšanje obremenitve zaradi hlajenja/ogrevanja, zmanjšanje temperature okolja, izboljšanje kakovosti fasade
geometrija ulice – urbanega koridorja	dovod svežega ali hladnega zraka v mesto
tlaki	
ukrep	pričakovani učinki
hladni tlaki	zmanjšanje temperature okolja
prepustni tlaki	urejanje hudourniških voda
zelena območja	
ukrep	pričakovani učinki
sajenje drevja v urbanem okolju	senčenje in višja evapotranspiracija, zmanjšanje poletnega viška temperature, zmanjšanje onesnaženosti zraka
parki, zelena območja	

10 PREDLOG OCENE RANLJIVOSTI VODNIH VIROV NA PODNEBNE SPREMEMBE

Za oceno ranljivosti vodnih virov na podnebne spremembe je pomembna analiza izzivov, ki se ob tem pojavljajo. Zaradi podnebnih sprememb se srečujemo izzivi, ki jih povzročajo povečanje sušnih obdobj, zvišanje temperature, povečanje intenzitete padavin in povečanje dogodkov visokih voda.

Tabela 10.1: Pregled potreb po ukrepanju glede na izzive in možnosti ukrepanja

			IZZIVI			
			POVEČANJE SUŠNIH OBDOBIJ	ZVIŠANJE TEMPERATURE	POVEČANJE INTENZIVNOSTI PADAVIN	POVEČANJE DOGODKOV VISOKIH VODA
POTREBA PO UKREPANJ (DA/NE)			DA	DA NE	DA NE	DA
MOŽNOSTI UKREPANJA	1 INFRASTRUKTURA	1.1 ZAHTEVA PO REZERVNEM VODNEM VIRU	✓			
		1.2 UVAJANJE CELOVITEGA UPRAVLJANJA Z INFRASTRUKTURO			✓	
		1.3 IZBOLJŠANJE SREDNJEROČNEGA IN DOLGOROČNEGA PLANIRANJA	✓			✓
		1.4 ZAGOTAVLJANJE OSKRBE Z VODO V IZREDNIH RAZMERAH	✓		✓	✓
		1.5 PODPORA FLEKSIBILNI INFRASTRUKTURI	✓			
		1.6 OKREPITEV IN KONSOLIDACIJA ČISTILNIH NAPRAV	✓			
		1.7 PODPORA VZDRŽNOSTNEM URBANEM DRENAŽNEM SISTEMU				
	2 VODNI VIRI	2.1 IZBOLJŠANJE PLANIRANJA VAROVANJA PODZEMNIH VODA				
		2.2 PODPORA VAROVANJU IN GOSPODARJENJU Z VODNIMI VIRI	✓	✓		
		2.3 REGIONALNI IN INTEGRALNI PREMISLEK				
2.4 IZBOLJŠANJE KOORDINACIJE						
2.5 IZBOLJŠANJE PROSTORSKEGA NAČRTOVANJA						

	3 ZNANJE	3.1 IZBOLJŠANJE PODLAG ODLOČEVANJA	✓	✓	✓	✓
		3.2 MONITORING	✓	✓	✓	✓
		3.3 IZBOLJŠANJE INTERAKCIJE ZNANJA TER PODPORA IZMENJAVE IZKUŠENJ IN ZNANJA	✓	✓	✓	✓
		3.4 PREVERITEV POTENCIALA NARAVNIH IN UMETNIH MOŽNOSTI HRANJENJA VODE	✓			✓
		3.5 IZBOLJŠANJE RAZUMEVANJE PROCESA	✓			

10.1 Povečanje sušnih obdobj

Višje temperature povezane predvsem z zmanjševanjem poletnih padavin bodo vplivale na vodno bilanco površinskih in podzemnih voda. Seveda se pojavlja vprašanje, ali je to vse bolj pogost pojav ali le v ekstremnih letih. Odgovor na to lahko da le ustrezno zastavljen monitoring in primerna sprotna obdelava podatkov ter analiza rezultatov.

Na območju Maribora so bile za meteorološko postajo Maribor-Tabor opravljene analize, ki kažejo na spremembe vodne bilance na našem območju. Ob poletjih imamo v glavnem že negativno vodno bilanco, trendi v ostalih letnih časih pa kažejo zmanjševanje vodne bilance. Na območju Vrbskega platoja, kjer se vodonosnik v pretežni meri napaja iz reke Drave in ima ta tudi v sušnih razmerah pretok okrog 60 m³/s (po podatkih DEM), ta lastnost vodonosnika daje določeno stabilnost in odpornost na sušna obdobja. Vendar pa je npr. daljše sušno obdobje, ki je trajalo od oktobra 2018 do maja 2019, nakazalo drug problem. Vodonosnik Vrbskega platoja je globok vodonosnik in so črpalke v njem nameščene na višinah, katere so v preteklosti ocenili kot optimalne. Ob tem daljšem sušnem obdobju so operativci na črpališču že zaskrbljeno opazovali zniževanje gladine podzemne vode. Premikanje črpalk po višini ni hitro ali enostavno, od njihove črpalne višine pa je odvisna tudi poraba energije in s tem strošek obratovanja. Vsekakor se kaže potreba po celostni analizi vodonosnika, spremembah, urejenosti črpališča, delovanju I. faze aktivne zaščite, predvidene II. faze aktivne zaščite, hidravličnih lastnosti omrežja in po optimizaciji celotnega sistema.

Sušna obdobja lahko različno vplivajo na kakovost podzemne vode. Za sisteme, ki so zlasti odvisni od neposrednega napajanja podzemne vode, se zmanjša breme kratkotrajnih onesnaževal kot so npr. mikrobiološka onesnaževala, ker prihaja to onesnaženje odvisno od količine napajanja s površja. Sušna obdobja imajo lahko posledice zaradi velike evapotranspiracije in delno manjšega vnosa hranil skozi rastline ter do njihove koncentracije v tleh. Ko pride nato vlažno obdobje ter dvig podzemne vode, se raztopljena hranila izperejo v podzemno vodo. Tako je bilo npr. v vlažnejših letih po letu 2003 na več mestih opaziti povečano koncentracijo nitratov. Sušna obdobja lahko povzročijo tudi nastanek razpok v območju tal in lahko pride do preferenčnih tokov, s katerimi lahko onesnaževala hitreje potujejo do podzemne vode. V sistemih, ko se vodonosnik napaja z infiltracijo rečne vode, je kakovost podzemne vode odvisna od dogajanj v kakovosti vode vodotoka in stopnje infiltracije rečne vode.

10.2 Zvišanje temperature

Temperatura podzemne vode, ki se napaja s ponikanjem padavin, niha praviloma le malo ($<3^{\circ}\text{C}$) okrog srednje letne temperature površja. Tako lahko pričakujemo, da se bo ob segrevanju podnebja počasi dvigovala tudi temperatura podzemne vode. Še večji je ta vpliv ob napajanju podzemne vode iz površinskih vodotokov. Vendar pa v našem okolju zaenkrat še nimamo podatke o temperaturah vodonosnikov.

Na mernih mestih Vrbanskega platoja so vgrajeni merilniki, ki merijo gladino in temperaturo podzemne vode. Vendar se obdelujejo in shranjujejo le podatki o gladini. Vsekakor priporočamo, da se takoj pristopi tudi k spremljanju temperatur vodonosnika. Mednarodne raziskave kažejo na to, da segrevanje vodonosnikov, seveda odvisno tudi od njihovih drugih hidrogeoloških lastnosti, poteka v zmanjšanem obsegu in s časovnim zamikom. Vrbanski plato, kjer imamo globoki vodonosnik, je verjetno podobno. Nekoliko drugačna situacija je na območju Ceršaka, kjer imamo opraviti s plitvim vodonosnikom.

10.3 Povečanje intenzivnosti padavin

Močnejša intenzivnost padavin lahko vpliva na kvaliteto podzemne vode in na njeno napajanje. To velja predvsem za plitve vodonosnike in je vpliv odvisen tudi od lastnosti tal nad vodonosnikom. Vodonosnik Vrbanskega platoja, ki ga v pretežni meri napaja reka Drava, je globoki vodonosnik in tudi zaradi relativno debelejših glinastih plasti na visokih terasah, se na njem ne pričakuje vpliva zaradi intenzivnejših padavin.

Zaradi pomanjkanja sredstev za vzdrževanje, pa se na območju samega črpališča pojavljajo težave pri vdoru površinskih meteornih voda v objekte nekaterih vodnjakov. To je potrebno sanirati.

10.4 Povečanje dogodkov visokih voda

Zavarovanju pred poplavami je naša družba že namenila posebno pozornost, ki se tudi nadaljuje. Kar se tiče Vrbanskega platoja pa je ta med dvema objektoma DEM, HE Mariborski otok in jez v Melju ter odvodni kanal za HE Zlatoličje. Upravljanje s temi objekti in njihova urejenost zagotavljajo varnost pred visokimi vodami na območju Maribora in vodnega vira Vrbanski plato. Povečanje dogodkov visokih voda ne vpliva negativno na vodonosnik in črpališče Vrbanski plato. Večji pretoki reke Drave na območju mesta tudi izpirajo morebitno kolmatacijo brežin, kar pa se zaenkrat ne spremlja z namenskim monitoringom.

11 PREDLOG NADALJNJIH KORAKOV ZA OCENO IN PRISTOP K LOKALNIM VPLIVOM PODNEBNIH SPREMEMB

Problem podnebnih sprememb in njihovem prilagajanju je zelo kompleksen. Da se ne izgubi v množici informacij, podatkov in pristopov, je modro pristope razdeliti na posamezne tematske sklope (npr. gospodarstvo, promet z infrastrukturo, zaščita pred poplavami, vodni viri in odvodnja odpadnih voda, mestna in ruralna bivalna klima, kmetistvo itd.). V tej dokumentaciji smo se

osredotočili na pristop glede vodnih virov in mestne klime kot testnega primera območja vodnega vira Vrbanski plato.

Prvi korak vsekakor predstavlja *Načrt varstva okolja* za določeno obdobje, lokalno območje in vključene elemente okolja. V njem se določi sistemski pristop do podnebnih sprememb in ukrepov prilagajanja. Na podlagi osnov zastavljenih v njem se določi *Načrt prilagajanja podnebnim spremembam* (glej pogl. 3). Za vsako dogovorjeno tematsko območje se odloči o obsegu in terminskem planu izvedbe *strokovnih osnov za prilagajanje podnebnim spremembam*, ki bodo vsebovale identifikacijo tveganja in določitev rešitev. Izvedba in monitoring izvedenih akcij sta končna ukrepa, ki sledita predhodnim.

12 PREDLOG ZASNOVE DODATNEGA MERILNEGA OMREŽJA ZA POTREBE MONITORINGA HIDROLOŠKIH MIKROKLIMATSKIH PARAMETROV

12.1 Meritev meteoroloških parametrov

Najprej je potrebno določiti (oz. na nivoju lokalnih uprav doreči) opazovano območje. Nato pregledati gostoto meteoroloških postaj, ki ustrezajo dogovorjenim standardom. Nazadnje ugotoviti pomanjkljivosti in se odločiti, katere se lahko odpravijo s postavitvijo kakšne dodatne meteorološke postaje in katere z »maršrutnimi« meritevami.

Torej poleg meritev s stacionarnimi postajami predlagamo uvedbo maršrutnih meritev s pomočjo GPS data loggerjev za merjenje osnovnih meteoroloških elementov. Na ta način bi zelo hitro pridobili zelo natančne podatke za širše območje, do katerih pa z običajno mrežo-kljub postopkom interpolacije-ne moremo priti.

Vsekakor pa je potrebno za te ocene nekoliko podrobnejša analiza in planska zasnova.

Na območju Vrbanskega platoja lahko ocenimo, da je glede ocene vodonosnika obstoječa državna meteorološka postaja primerna. Glede ocene mestne klime, pa bi bila potrebna nekoliko podrobnejša analiza.

12.2 Meritev hidroloških parametrov

Pri meritvah hidroloških parametrov velja enak pristop kot pri meteoroloških.

Kot smo že zapisali so hidrološke meritve na območju Vrbanskega platoja dobro organizirane z mrežo piezometrov in reke Drave pri DEM, so pa pomanjkljive pri poznavanju manjših vodotokov in zalednih voda. Tukaj bi bilo modro razmišljati o uporabi dodatnih orodij kot so periodično slikanje vodotokov na dogovorjenih profilih s pametnimi telefoni in elektronskimi mernimi latami (npr. CrowdWater).

Za oceno dotoka zalednih voda pa je potrebno uporabiti meteorološke podatke in npr. orodje vodno-bilančnega modela GWET, razvitega na testnem območju Apaškega polja na Fakulteti za strojništvo Maribor, katedri Tehniškega varstva okolja (Vremec, 2019). Ali kakšno drugo primerno in enakovredno orodje.

12.3 ZAKLJUČEK

Vpliv podnebnih sprememb je zelo kompleksen in obsežen. Tako mora biti tudi pristop do prilagajanj nanje sistematičen in dobro premišljen, z dano družbeno in politično podporo, da je lahko uspešen. S to dokumentacijo smo poskušali dati celotnemu problemu nekaj sistematike in nekaj ilustracij pridobivanja in ocene podatkov o prostoru in vodonosniku. Na lokalnem nivoju je potrebno zastaviti jasne cilje in temu prilagoditi strategijo vključevanja v planske dokumente ter izvajanje.

Na primeru vodnega vira Vrbanski plato lahko vidimo, da imamo na eni strani veliko podatkov o prostoru, vodonosniku in vplivih nanj. Vendar pa so podatki (ali baze podatkov) razpršeni in ne vedno hitro dostopni. Smiselno bi bilo graditi na eni posodobljeni bazi podatkov. Njen obseg in način upravljanja je potrebno dogovoriti. Pri prilagajanju na podnebne spremembe se lahko soočimo s težavami tudi zaradi slabega vzdrževanja že obstoječe infrastrukture. Npr. vodnjaki I. faze aktivne zaščite na Mariborskem otoku ne delujejo več s polno kapaciteto, ker v zadnjih letih ni bilo sredstev za njihovo vzdrževanje. Projekt II. faze aktivne zaščite, ki bi lahko še bolj učinkovito varoval ta vodni vir in mu tudi omogočal še večjo stabilnost ob podnebnih spremembah (in seveda tudi varoval pred morebitnim onesnaženjem iz centra mesta), že desetletje stoji na mrtvi točki.

Problem mestne klime pa je dokaj novo področje in mesto Maribor tukaj že dokaj zaostaja v primerjavi z drugimi mesti v drugih državah, čeprav ima vodilnega strokovnjaka na tem področju na Filozofski fakulteti, Oddelek za geografijo. Tako so že pripravili ocene mestnih klim za mnoga druga mesta, nazadnje npr. zelo obsežno študijo za Sarajevo.

Bolj jasno bi bilo potrebno določiti obseg vključevanja in odgovornosti na eni strani MUVOON kot predstavnika lokalnih skupnosti in upravljavca Mariborskega vodovoda. Oba v sedanjih razmerah prav gotovo opravljata dobro delo, a se srečujeta tudi s problemi. Vendar pa bi ob vseh teh bodočih izzivih bilo modro, da bi nadgradila svojo strokovno strukturo. Seveda pa to lahko temelji le na skupnem družbenem dogovoru.

Izredno pomembno je tudi delo z deležniki, kar nam potrjujejo že mnoge pretekle izkušnje. Vpliv podnebnih sprememb neizogibno prinaša socio-ekonomske spremembe in zahteva tudi spremembe vrednot družbe. To pa lahko dosežemo le ob širšem družbenem konsenzu.

13 VIRI

Arhiv Urada za meteorologijo, ARSO, 2011, Ljubljana.

ARSO (2018). Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja – Sintezno poročilo -prvi del. ISBN 978-961-6024-80-8, Ljubljana, november 2018

Bates, B.C., Kundzewicz, Z.W., Wu, S., Palutikof, J.P. (2008). Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC Secretariat, Geneva

Bertalanč, R., Demšar, M., Dolinar, M., Dvoršek, D., Nadbath, M., Pavčič, B., Roethel-Kovač, M., Vertačnik, G., Vičar, Z., 2010: Podnebna spremenljivost Slovenije. ARSO. Ljubljana.



- Blažeka, Ž., Kopač, I., Rajh, B., Levačič, I., Krajnc, A., Kopač, T. (2018). Program nujnih interventnih in sanacijskih del zaradi izlita kurilnega olja v stavbi Mestne občine Maribor - zaključno poročilo, IEI d.o.o. (proj. št. 6T-16138, julij 2018)
- Bonan, G. 2008: Ecological Climatology. Concepts and Applications. Cambridge University Press. Cambridge.
- Borroughs, W.J. 2007: Climate Change, A Multidisciplinary Approach. Cambridge University Press, Cambridge.
- Borsi, I., Kopač I., Vremec M. Tutorial on particle tracking; v.2. s.l.: FREEWAT, EU HORIZON 2020 Project, 2017
- Dickinson, J.E., Hanson, R.T., and Predmore, S.K., 2014, HydroClimATe—Hydrologic and climatic analysis toolkit: U.S. Geological Survey Techniques and Methods 4–A9, 49 p
- EEA, 2012: Urban adaptation to climate change in Europe, EEA Report No.2/ 2012.
- EEA, 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report. EEA Report No. 1/2017.
- Emmanuel, R. 2003: Assessment of impact of land cover changes on urban bioclimate: the case of Colombo, Sri Lanka. Architectural Science Review, 46, 151-158.
- Fezer, F. 1994: Das Klima der Städte. Justus Perthes Verlag, Gotha.
- Gartland, L. 2008: Heat Island. Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. Earthscan. London.
- Hajat, S., Vardoulakis, S., Heaviside, C., et al, 2014: Climate change effects on human health: projections of temperature-related mortality for the UK during the 2020s, 2050s and 2080s. Journal of Epidemiology and Community Health; 68:641-648.
- Hamilton, S., Price, J. (2017). Improving Outcomes for freshwater Availability, Security & Sustainability. Aquatic Informatics Inc., Vancouver
- Houghton, J. 2009: Global Warming, Complete Briefing. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hsiang, S., Deryugina, T., 2014: Does the Environment Still Matter? Daily Temperature and Income in the United States. NBER Working Paper No. 20750.
- Hsiang, S., Marshall, B., Edward, M., 2015: Climate and Conflict. Annual Review of Economics. 7 (1): 577–617.
- Inštitut Jožef Stefan – IJS (2019). Celoviti nacionalni energetske in podnebni načrt republike Slovenije - Verzija 4.0. Ljubljana, avgust 2018
- Jonsson, P. 2004: Vegetation as an urban climate control in the subtropical city of Gaborone, Botswana. International Journal of Climatology, 24, 1307-1322.
- Kajfež – Bogataj, L., Bergant, K., 2005: Podnebne spremembe v Sloveniji in suša, Ujma, 19, Ljubljana.
- Kladnik, R. 1988: Termodinamika. Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.
- Kopač, I., Rismal, M., Blažeka, B. (2009). Črpalnice Vrbanski plato – II. faza aktivne zaščite. Hidrogeološki model Vrbanskega platoja. Št. proj. 6V-7H2.1, Institut za ekološki inženiring, Maribor
- Kopač, I. (2014). Pomen mreže merilnih mest za nadzor stanja podzemnih voda v vodovarstvenih območjih. Delavnica: Informacijski sistem kot podpora upravljanja z vodnimi viri, 26.3.2014, Maribor
- Kopač I, Vremec M, (2017) FREEWAT – FREE and open source software tools for WATER resource management, Appendix 4, Report on the application of FREEWAT to Vrbanski Plato case study (Slovenia), Version 0.3, July 2017
- Lamb, H.H. 1995: Climate History And The Modern World, Routledge, London.

- Landsberg, H. 1981: The City Climate, Academic Press, New York.
- Linacre, E. 1992: Climate Data And Resources, A Reference And Guide. Routledge, London.
- Monteith, J.L., Unsworth, M.H., 1990, Principles Of Environmental Physics, Edward Arnold, New York.
- Mutiibwa, D., Strachan, S., Albright, T., 2015: Land Surface Temperature and Surface Air Temperature in Complex Terrain. Ieee Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Vol. 8, No. 10.
- Oke, T.R. 1992: Boundary Layer Climates. Routledge, London.
- Parsons, K., 2014: Human Thermal Environments. CRC Press. New York.
- Plut, D. 2010: Geografija sonaravnega razvoja, Filozofska fakulteta, Ljubljana.
- Povše, M. 1984: Imenik ali seznam krajev z vremenskimi postajami v SR Sloveniji in s kronološkim pregledom dosedanjih meteoroloških opazovanj, Hidrometeorološki zavod SRS, Ljubljana.
- Robine, J., Cheung, S., Le Roy, S., Van Oyen, H., Griffiths, C., Michel, J., Herrmann, François R., 2008: Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. Comptes Rendus Biologies. 331 (2).
- Robinson, P. 2001: On the Definition of a Heat Wave. Journal of Applied Meteorology. 40 (4): 762–775.
- Roetzer, T., Wittenzeller, M., Haeckel, H. and Nekovar, J. 2000: Phenology in central Europe - differences and trends of spring phenophases in urban and rural areas. International Journal of Biometeorology, 44, 60-66.
- Srebrenović, D. 1986: Primijenjena hidrologija, Tehnička knjiga, Zagreb.
- Stern, N. et al. (2006). The economic of climate change. Cambridge
- Sukopp, H., Wittig R. ur, 1993: Stadtökologie, Gustav Fischer, Stuttgart, 1993.
- Thorsson, S., Lindqvist, M. and Lindqvist, S. 2004: Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Goteborg Sweden. International Journal of Biometeorology, 48, 149-156.
- Vremec, M. (2019). Metodologija za določitev vodne bilance napajanja podzemne vode z uporabo hidrotopov. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo
- WMO, 2015: Guidelines on the defintion and monitoring of extreme weather and climate events. Guidelines on the defintion and monitoring of extreme weather and climate events. Draft version. First review by TT.
- Zalar, M., Pogačar, T., Črepinšek, Z., Kajfež-Bogataj, L., 2017: Vročinski valovi kot naravna nesreča v mestih, Naravne nesreče 4. SAZU. Ljubljana.
- Žiberna, I. 1996: Mestna Klima Maribora. Doktorska disertacija, Filozofska fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- Žiberna, I. 2006: Trendi temperatur zraka v Mariboru kot posledica razvoja mestnega toplotnega otoka. Revija za geografijo, Filozofska fakulteta. Maribor.
- Žiberna, I., 1996: Mestna klima Maribora. Doktorska disertacija. Oddelek za geografijo. Fulozofska fakulteta. Univerza v Ljubljani. Ljubljana.
- Žiberna, I., 2006: Trendi temperatur zraka v Mariboru kot posledica razvoja mestnega toplotnega otoka. Revija za geografijo, 2006, 1, št. 1.
- Žiberna, I., 2017a: Trendi vodne bilance v severovzhodni Sloveniji v obdobju 1961-2016. V: Geografije Podravja. Prostori. Univerzitetna založba. Univerza v Mariboru. Maribor.



Žiberna, I., 2017b: Spreminjanje podnebja na lokalnem nivoju: mestna klima Maribora. Predavanje na posvetu Spreminjamo gradbeno kulturo. Inženirska zbornica Slovenije, Regijska pisarna Maribor. 25.9.2017.

Medmrežje 1: <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html> (30.10.2018).

Medmrežje 2: <http://gis.stat.si/stage2/#lang=sl> (29.10.2018).

Medmrežje 3: <https://population.un.org/wup/Download/> (29.10.2018).

Medmrežje 4: <https://www.metoffice.gov.uk/learning/learn-about-the-weather/weather-phenomena/case-studies/russian-heatwave> (29.10.2018).

Medmrežje 5: <https://www.ecad.eu/> (2.7.2018).

Medmrežje 6: https://web.archive.org/web/20080723170544/http://www.dmi.dk/dmi/danmark_faar_varme-og_hedeboelge (30.10.2018).

Medmrežje 7: http://www.bom.gov.au/announcements/media_releases/sa/20100115_First_Heatwave_SA_Jan.shtml (30.10.2018).

Medmrežje 8: <http://www.bom.gov.au/lam/glossary/hpagegl.shtml> (30.10.2018).

Medmrežje 9: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (20.9.2018).

Medmrežje 10: <http://chelsea-climate.org/> (3.11.2019).

Medmrežje 11: <http://www.worldclim.org/> (3.11.2019).

Medmrežje 12: Arhiv MOP. http://mop.arhiv-spletisc.gov.si/si/delovna_podrocja/podnebne_spremembe/index.html (22.11. 2019)

Medmrežje 13: http://mop.arhiv-spletisc.gov.si/si/delovna_podrocja/podnebne_spremembe/prilagajanje_podnebnim_spremembam/index.html (22.11.2019)

Medmrežje 14: ARSO. <https://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/> (22.11.2019)

Medmrežje 15: ClimateADAPT. <https://climate-adapt.eea.europa.eu/about> (22.11.2019)

Medmrežje 16: Evropska agencija za okolje. <https://www.eea.europa.eu/> (22.11.2019)

Medmrežje 17: Evropski tematski center o vplivih, ranljivosti in prilagoditvi podnebnim spremembam <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-cca/> (22.11.2019)

Medmrežje 18: European Comissin / Climate Action. <https://ec.europa.eu/clima/> (22.11.2019)

Medmrežje 19: IPCC. <https://www.ipcc.ch/about/> (22.11.2019)

Medmrežje 20: RS Ministrstvo za okolje in prostor, Sektor za okolje in podnebne spremembe. <https://www.gov.si/drzavni-organi/ministrstva/ministrstvo-za-okolje-in-prostor/o-ministrstvu-za-okolje-in-prostor/direktorat-za-okolje/sektor-za-okolje-in-podnebne-spremembe/oddelek-za-podnebne-spremembe/> (22.11.2019)

Medmrežje 21: <http://solarscience.msfc.nasa.gov/SunspotCycle.shtml> (24.11.2019)



14 PRILOGE

14.1 Pregledna karta obravnavanega območja

14.2 Raba tal obravnavanega območja

14.3 Raba tal na širšem območju Vrbanskega platoja

14.4 Urbani atlas obravnavanega območja – osnova za razmejitev urbanih in suburbanih območij

14.5 Površinski mestni toplotni otok na primeru Maribora in okolice (19. avgusta 2018 ob 10:30 po SEC)

14.6 Maribor – Urban atlas

14.7 Vodonosnik Vrbanskega platoja

14.7.1 Območje vodonosnika Vrbanskega platoja

14.7.2 Nepropustna podlaga vodonosnika Vrbanskega platoja

14.7.3 Debelina vodonosnika Vrbanskega platoja

14.7.4 Debelina nenasičene cone tal nad vodonosnikom Vrbanskega platoja

14.7.5 Tok podzemne vode z višino gladine na območju vodonosnika Vrbanski plato

14.7.6 Tok podzemne vode k vodnjakom