

Številka: 6310-0030/2025

Datum: 21. 8. 2025

Obrazec 2: Projektna naloga »Razvoj in uporaba naprednih satelitskih in digitalnih tehnologij za simulacije poplavnih scenarijev«

1. UVOD

V zadnjem desetletju so naravne nesreče, zlasti poplave in zemeljski plazovi, postale vse pogostejše in intenzivnejše, predvsem kot posledica podnebnih sprememb in naraščajoče variabilnosti ekstremnih vremenskih dogodkov (suše, ekstremne padavine, vročinski valovi itd.). Ekstremni vremenski dogodki povzročajo veliko gmočno škodo na naravnem okolju, gospodarski in javni infrastrukturi ter ogrožajo zdravje in varnost prebivalstva.

Katastrofalne poplave v avgustu 2023 so ponovno razkrile nujnost učinkovitejšega upravljanja vodnih virov in zmanjševanja poplavne ogroženosti. Ključnega pomena sta pravočasno opozarjanje in razumevanje dinamike vodnih sistemov, kar lahko dosežemo z uporabo sodobnih informacijskih tehnologij, naprednih numeričnih modelov in zanesljivih prostorskih podatkov.

2. PRAVNE PODLAGE

Projekt mora biti v celoti usklajen z veljavnim zakonodajnim in strateškim okvirom v Republiki Sloveniji in EU, predvsem:

- Zakon o vodah (ZV-1, Ur. l. RS, št. 67/02 s spremembami);
- Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (ZVNDN);
- Direktiva 2007/60/ES o ocenjevanju in obvladovanju poplavne nevarnosti;
- Strategija prilagajanja podnebnim spremembam RS;
- INSPIRE direktiva in standardi ISO za prostorske podatke (npr. ISO 19115).

3. IZHODIŠČA

Obstoječi postopki izdelave poplavnih kart omogočajo izdelavo kart z veliko natančnostjo oz. ločljivostjo, vendar so pogosto zamudni in zahtevajo obsežne ročne posege, kar zmanjšuje njihovo uporabnost za hitre analize in podajo izhodišč za prostorsko načrtovanje.

Z uveljavljanjem novih tehnologij – kot so satelitsko opazovanje, umetna inteligenca in zmogljivi računalniški sistemi – se odpirajo možnosti za hitrejše in avtomatizirano izdelavo informacijskih produktov. V tem kontekstu postaja razvoj enotnega, centraliziranega orodja, ki omogoča hitro, ponovljivo in prostorsko usklajeno simulacijo poplavnih scenarijev za celotno območje Republike Slovenije, ključen korak.

Za uresničitev tega cilja je nujna vzpostavitev in razvoj sistema z avtomatizacijo in optimizacijo na programski in strojni ravni za:

- asimilacije vseh razpoložljivih in potrebnih vhodnih podatkov (topografskih, hidroloških, meteoroloških in satelitskih podatkov ter drugih fizikalnih podatkov o prostoru),
- integracijo podatkov pri vzpostavljanju in verifikaciji numeričnih modelov,
- optimizacijo numeričnih simulacij in obdelavo ter vizualizacijo rezultatov.

Na ta način bo mogoče razviti in vzdrževati digitalne dvojčke porečij, ki bodo služili kot temelj za napredno in učinkovito simuliranje poplavnih scenarijev, vizualizacijo in podporo odločanju v realnem času.

4. PREDMET NAROČILA

Osnovni namen projektne naloge je razvoj celovitega sistema za časovno in prostorsko natančno zaznavanje, modeliranje in vizualizacijo poplavnih scenarijev, s poudarkom na uporabi satelitskih tehnologij, daljinskega zaznavanja, strojnega učenja ter numeričnega modeliranja.

5. CILJ NAROČILA

Glavni cilj naročila je razvoj satelitskih in digitalnih tehnologij za simulacije poplavnih scenarijev v Sloveniji. Zajem satelitskih podatkov bo zagotovljen s satelitskimi tehnologijami za okretno skeniranje rek v kombinaciji z evropskim programom za daljinsko opazovanje Zemlje Copernicus. S sprotno pridobljenimi podatki bo mogoče osveževati digitalne dvojčke slovenskih porečij ter izvajati simulacije poplavnih scenarijev s ciljem učinkovitejšega odločanja in krepitev odpornosti na podnebne spremembe.

Cilji naročila so:

- Vzpostavitev integriranega informacijskega sistema, ki bo omogočal avtomatiziran zajem, obdelavo, validacijo in vizualizacijo podatkov iz različnih virov;
- Razvoj numeričnih modelov za Slovenijo za simulacijo poplavnih scenarijev, z uporabo visokoločljivih podatkov in naprednih metod kalibracije;
- Oblikovanje digitalnih dvojčkov treh pilotnih porečij za simulacijo poplavnih scenarijev - testiranje metodologij in tehničnih rešitev;
- Oblikovanje digitalnih dvojčkov za hitrejše simulacije poplavnih scenarijev na večjih območjih, ob različnih vhodnih podatkih oz. parametrih (padavine – količina in trajanje, pokrovnost, vitalnost vegetacije, različni objekti, različna pretočnost strug...).
- Nastavek odločevalskih orodij za podporo prostorskemu načrtovanju.

6. KONCEPT

Spodnja shema prikazuje celoviti pristop k avtomatizaciji postopkov, ki vključujejo uporabo satelitskih in ostalih podatkov za namen simulacij različnih scenarijev padavinsko poplavnih dogodkov. Sistem temelji na avtomatizirani obdelavi podatkov, simulacijski zanki in vizualizaciji rezultatov, ki skupaj tvorijo podporo pri postopkih prostorskega načrtovanja.



Slika 1. Shema prikazuje *integriran sistem za avtomatizacijo procesov digitalnega dvojčka*, ki združuje podatke iz satelitskih in zemeljskih virov ter omogoča iterativno izboljševanje rezultatov s pomočjo numeričnih simulacij. Sistem vključuje ključne faze zajema podatkov, numeričnega modeliranja in simulacij različnih poplavnih scenarijev, vizualizacije rezultatov ter podporo odločanju in komunikaciji z javnostjo.

Glavne komponente sheme:

- **Satelitski in zemeljski podatki:** vhodni podatki vključujejo okretno satelitsko skeniranje porečij ter klasična opazovanja iz satelitov, zemeljske meritve (npr. LIDAR, geodetski, hidrološki in

meteorološki podatki), pretekli poplavni dogodki in rezultati dostopnih študij modeliranja poplav. Ti podatki predstavljajo osnovo za natančno geografsko in časovno zaznavanje sprememb v rečnih sistemih in okoliških površinah.

- **Zajem in združevanje podatkov:** vključuje sinhronizacijo različnih prostorskih in časovnih podatkovnih nizov, njihovo homogenizacijo ter pretvorbo v vhodne parametre za uporabo v numeričnih simulacijah.
- **Simulacijska zanka:**
 - **Ekstremni meteorološki scenariji:** generirani na podlagi različnih vhodnih podatkov (npr. padavine z različno povratno dobo, jakostjo in prostorsko časovno razporeditvijo).
 - **Solver/model:** uporaba naprednih numeričnih modelov za simulacijo padavinskih in posledičnih poplavnih scenarijev.
 - **Iteracija:** pomeni kontrolno-izboljševalno zanko (kalibracija, verifikacija, validacija), kjer se na podlagi rezultatov in dodatnih podatkov izvede nadgradnja vhodnih parametrov in ponovna simulacija – s ciljem večje natančnosti napovedi.
- **Rezultati:** vključujejo prostorske prikaze (poplavni scenariji), animacije toka in poplav, ter statistične izračune, ki omogočajo oceno vpliva dogodkov na okolje in rabo prostora.
- **Odločevalska in komunikacijska orodja:** rezultati so posredovani različnim deležnikom preko namenskih sistemov za podporo odločanju in komuniciranje z javnostjo. Ti moduli omogočajo hitrejšo podporo odločevalcem, zlasti za namen prostorskega načrtovanja.

Shema ponazarja povezanost med zajemom podatkov, numeričnim modeliranjem in uporabno vrednostjo rezultatov v obliki podpornih orodij. Ključno je, da sistem omogoča avtomatizirano, iterativno in prilagodljivo obdelavo, ki je pripravljena na integracijo v sodobne informacijske platforme za digitalne dvojčke porečij in prostorsko načrtovanje.

7. PREDVIDENE RAZVOJNE AKTIVNOSTI IN METODOLOŠKI OKVIR

Za izvedbo naloge je projekt strukturiran v pet tematskih delovnih paketov (I. DP – V. DP), ki smiselno sledijo logiki dela od zajema in obdelave podatkov, integracije in simulacije, do vizualizacije rezultatov in podpore pri odločanju. Vsak delovni paket naslavlja ključne komponente sistema za spremljanje in obvladovanje poplavne ogroženosti ter digitalnih dvojčkov porečij v Sloveniji.

Delovni paketi vključujejo:

- razvoj in napredno uporabo satelitskih in zemeljskih tehnologij za visoko ločljivo in okretno skeniranje površinskih voda;
- avtomatizacijo postopkov za črpanje in združevanje različnih vrst podatkov (npr. LIDAR, geodetski, meteorološki);
- razvoj postopkov za generiranje, kalibracijo in nadzor numeričnih simulacij, vključno s poplavnimi scenariji;
- napredne metode 3D vizualizacije in digitalno komuniciranje rezultatov preko interaktivnih platform;
- ter razvoj orodij za podporo odločanju in obveščanja javnosti prek crowdsourcing pristopov.

S tem pristopom projekt zagotavlja pokritost celotnega procesnega cikla – od zbiranja vhodnih podatkov do njihove uporabe za načrtovanje in obveščanje javnosti.

Projekt se bo posebej posvetil nadgradnji modelov s:

- uporabo avtomatiziranega črpanja podatkov (LIDAR, ortofoto, meteorološki podatki),
- inverznim določanjem modelskih parametrov iz satelitskih opazovanj,
- razvojem rutin za avtomatski zagon in nadzor simulacij.

Projekt bo neposredno osredotočen na razvoj, testiranje in kakovostno delovanje digitalnega dvojčka, ki bo dolgoročno služil kot orodje za stalno delo pri ocenjevanju poplavnih scenarijev pri različnih padavinskih dogodkih in stanju prostora.

V nadaljevanju so podani predvideni delovni paketi (DP) z aktivnostmi:

I. DP – Napredni zajem satelitskih podatkov:

- Avtomatizacija satelitskega skeniranja rek,
- Optimiranje satelitskih komunikacij in zemeljske infrastrukture za prenos podatkov,
- Vzpostavljane virov visoko ločljivih satelitskih podatkov,
- Inverzna določitev parametrov iz opazovanj,
- Procesiranje podatkov za vhod v digitalne dvojčke.

II. DP – Integracija satelitskih in zemeljskih podatkov:

- Pregled in dopolnitve aktivnosti DP 1,
- Avtomatiziran dostop do LIDAR, geodetskih, hidroloških, meteoroloških podatkov in drugih podatkov, ki so potrebni za vzpostavitev hidrološko hidravličnih/hidrodinamičnih modelov znotraj digitalnega dvojčka,
- Združevanje in homogenizacija podatkov,
- Časovna sinhronizacija podatkovnih nizov,
- Avtomatizacija pretvorbe/priprave podatkov v obliko vhodnih parametrov/podatkov za vzpostavitev modelov,
- Vzpostavitev centralne baze vhodnih parametrov/podatkov in vzpostavljenih modelov.

III. DP – Avtomatizacija numeričnih simulacij:

- Pregled in dopolnitve aktivnosti DP2,
- Generiranje scenarijev,
- Priprava vhodov: batimetrija, digitalni relief,
- Določitev modelskih parametrov (hrapavost, zasičenost...),
- Razvoj avtomatskih rutin za zagon simulacij,
- Iterativno prilagajanje in nadgradnja modelov s ciljem zmanjšanja negotovosti in povečanjem natančnosti rezultatov,
- Migracija in vzpostavitev infrastrukture (na IzVRS) za obsežne simulacije.

IV. DP – Vizualizacija in komunikacija:

- Pregled in dopolnitve aktivnosti DP3,
- Vizualizacija rezultatov digitalnih dvojčkov,
- Animacije simulacij in prostorske projekcije,
- Razvoj interaktivnih kart in spletnih vmesnikov,
- Komunikacija z javnostjo in deležniki.

V. DP – Uporaba rezultatov – predlog sistema odločevalskih orodij:

- Pregled in analiza delnih in končnih rezultatov DP4,
- Simulacije poplavnih scenarijev (poplave, možnost upoštevanja vhodnih parametrov za plazove),
- Usposabljanje, izobraževanje.

Aktivnosti niso zaporedne temveč se tekom projekta, skozi mejnike, nadgrajujejo (dvig tehnološke ravni TRL¹). Projekt bo izveden v treh fazah. V letu 2025 bodo na treh pilotnih območjih preverjene in na tehnološki ravni TRL3 dokazane konceptualne rešitve, ki bodo v 2026 avtomatizirane na prototip digitalnega dvojčka za polovico Slovenije (TRL4). Prototip bo v 2027 razširjen na celotno Slovenijo in dosegel TRL6.

8. OSTALE OBVEZNOSTI IZDELOVALCA

Izdelovalec je dolžan upoštevati navodila, priporočila, smernice in druge dokumente naročnika. Izdelovalec naloge ima poleg vseh nalog, določenih s to projektno nalogo, še sledeče obveznosti:

- sodelovati mora z naročnikom in izdelovalci morebitnih ostalih izvajalcev aplikacij in vsebin (npr. aplikacija vezana na plazove) ter nosilci podatkovnih baz (npr. GURS) in se udeleževati sestankov, na katere je vabljen;
- pripravljati grafična gradiva, predstavitve in tekstualna gradiva za potrebe sestankov in predstavitev;

¹ https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Shaping_the_Future/Technology_Readiness_Levels_TRL

- vsa usklajevanja z deležniki morajo biti izvedena z vednostjo oz. s soglasjem naročnika;
- sprotno obveščati naročnika o vseh dejstvih pomembnih za izvedbo naloge;
- izdelati vizualizacije in kartografsko gradivo, pri čemer se predloga za izdelavo kart uskladi z naročnikom;
- sodelovati pri pregledu/recenziji gradiv, ki jo bo po potrebi organiziral naročnik, in pripraviti popravke gradiva po pregledu/recenziji;
- kot dober strokovnjak prevzeti odgovornost za izdelavo vseh nalog, ki jih je treba izvršiti za uspešno in popolno izvedbo predmetne naloge.

Naročnik si pridržuje pravico dajati izdelovalcu med izdelavo naloge dodatna navodila, ki jih bo moral upoštevati, ne da bi imel pravico do uveljavitve dodatnih stroškov, če taka navodila ne bodo bistveno vplivala na obseg naloge.

Izdelovalec mora nalogo izdelati strokovno korektno, v skladu s projektno nalogo, uveljavljeno metodologijo in dobro prakso.

Izdelovalec mora zagotoviti ustrezen kader za samostojno izvedbo vseh aktivnosti, vezanih na integracijo obstoječih hidrološko hidravličnih modelov HEC-RAS v digitalni dvojček z uporabo naprednih orodij, kot je na primer HEC-RAS 2025 in vseh modulov/rutin/algoritmov, ki omogočajo avtomatizacijo procesov za učinkovito hidrološko hidravlično modeliranje območij/porečij, ki so sestavljeni iz večjega števila medsebojno povezanih modelov.

9. ROKI IZVEDBE NALOGE

• **Mejnik 1: 31. 12. 2025**

Rezultati mejnika:

- M1.1 Gantogram za izvedbo aktivnosti celotnega projekta iz delovnih paketov (poglavje 7) po mesecih (za spremljanje in koordinacijo projekta).
- M1.2 Podrobna tehnična zasnova in shema arhitekture koncepta vzpostavitve digitalnega dvojčka in vseh vključenih procesov z ugotovitvijo načina in zmožnosti njihove avtomatizacije.
- M1.3 Poplavne karte za 3 različne padavinske/poplavne scenarije na 3 pilotnih območjih z (3D) vizualizacijo rezultatov.

• **Mejnik 2: 30. 6. 2026**

Rezultati mejnika:

- M2.1. Vzpostavljene aktivne povezave do vhodnih podatkov za potrebe analiz, modeliranja, pripravljen vhodni modul, ki bo omogočil avtomatizirano vključitev podatkov za numerični model
- M2.2. Preliminarna zasnova avtomatizirane simulacijske zanke.
- M2.3. Seznam možnih padavinsko poplavnih scenarijev (npr. Q100, Q500, padavinski radar, predpisana pot in jakost nevihtne celice, itd.).
- M2.4. Tehnična specifikacija strojne opreme za vzpostavitev digitalnega dvojčka na IzVRS.

• **Mejnik 3: 31. 12. 2026**

Rezultati mejnika:

- M3.1. Vzpostavljen prototip digitalnega dvojčka z integracijo obstoječih hidrološko hidravličnih modelov (cca. 250 na območju polovice Slovenije).
- M3.2. Optimizirano okretno satelitsko skeniranje rek na nivoju Slovenije.
- M3.3. Prototipna zasnova informacijskih produktov (vizualizacija, prostorsko lociranje...) za komunikacijo s strokovno in splošno javnostjo.

• **Mejnik 4: 30. 6. 2027**

Rezultati mejnika:

- M4.1. Preverjena in avtomatizirana veriga za zajem satelitskih in zemeljskih podatkov.
- M4.2. Avtomatizirano prostorsko in časovno poenotenje podatkov v integralni podatkovni bazi.

- M4.3. Avtomatizirane simulacijske zanke.
- M4.4. Zaključena vsebina informacijskih produktov in prototipna avtomatizacija tvorjenja teh produktov.
- M4.5. Vzpostavljena in delujoča infrastruktura, ki zajema strojno in programsko opremo na IzVRS za zagon digitalnega dvojčka ob upoštevanju vseh obstoječih modelov (cca 500 modelov na področju celotne Slovenije) z možnostjo generiranja različnih scenarijev, omogočene avtomatske rutine za določene parametre.

• **Mejnik 5: 31. 12. 2027**

Rezultati mejnika:

- M5.1. Vzpostavljen digitalni dvojček, ki bo pokrival celotno območje Slovenije, in bo omogočal simulacijo različnih padavinskih in odtočnih razmer ter pripravo za vključevanje drugih vhodnih podatkov, ki vplivajo na odtočne razmere in poplavno nevarnost (kot npr.: mostovi ali zacevitve, možnost vključitve simulacij pojava plazov...).
- M5.2. Ocena zanesljivosti rezultatov in usmeritve v nadaljnje delo in razvoj za izboljšanje časovne in rezultatske učinkovitosti.
- M5.3. Razvita orodja za prikaze in objavo rezultatov simulacij digitalnega dvojčka.
- M5.4. Urejene vsebine za diseminacijo in komunikacijo rezultatov projekta.
- M5.5. Končno poročilo.

10. ODDAJA GRADIV

Rezultati spodaj naštetih mejnikov se odda v obliki tehničnih poročil, ki vsebujejo vse relevantne tehnične in druge priloge za preverjanje skladnosti in kakovosti rezultatov. Za vsak mejnik je treba zagotoviti navedeno število natisnjene dokumentacije (poročila in gradiva):

- poročila - 2 kom.;
- priprava gradiv za posvete, delavnice in druge oblike vključevanja javnosti - po dogovoru z naročnikom.

Vsak izvod tehničnega poročila in prilog mora biti oddan v tiskani in digitalni obliki (aktivni in neaktivni). Grafični del mora biti izdelan v merilu, ki je skladen s predpisi in je hkrati pregleden in berljiv.

Izvodi v digitalni obliki ne smejo biti kodirani ali drugače zaščiteni pred razmnoževanjem in kopiranjem. Dokumentacijo v digitalni obliki je potrebno predati na trajnem mediju (CD ali DVD ali ključek), in sicer v naslednjih formatih zapisa:

- tekstovni del v formatu .docx,
- exel preglednice v formatu .xlsx,
- zemljevidi, rezultate simulacij, risbe v formatu .shp,
- video rezultate simulacij . MP4 (s kodekom H.264 ali H.265/HEVC),
- fotografije v formatu .jpg,
- predstavljena gradiva v .ppt,
- terminski načrti v formatu .mpp ali .xls,
- GIS okolje za obdelavo prostorskih podatkov,
- vektorske podatkovne sloje v .shp (koordinatni sistem D96/TM (ESRS)),
- rastrske podatkovne sloje v georeferenciranem .tif (koordinatni sistem D96/TM (ESRS)).

Digitalni prostorski prikazi grafičnih kart morajo biti izdelani v skladu s pravili geografskih informacijskih sistemov. Vsi prostorski podatki morajo biti podani v veljavnem državnem koordinatnem sistemu. Rezultati, ki bodo izdelani v zgoraj navedenih digitalnih oblikah, morajo omogočati izmenjavo podatkov in njihovo uporabo.

Celoten izdelek je treba predati tudi v formatu .pdf s povezavami do dodatnih gradiv npr. .shp. Pri projektni dokumentaciji v .pdf formatu mora biti vsaka risba, zaključen del besedila ter druge priloge, podani v ločeni datoteki. Risbe podane v .pdf formatu morajo biti oblikovno pripravljene za izris.

Vsebinska in oblika projektne dokumentacije v elektronski obliki mora biti enaka obliki in vsebini projektne dokumentacije v natisnjeni obliki ter mora biti pregledno urejena in organizirana v mape in podmape,

enako kot v natisnjeni obliki. Imena vseh map, podmap in datotek morajo biti določena tako, da je iz njihovih poimenovanj mogoče jasno sklepati na njihovo vsebino. Sestava ter označevanje map, podmap in datotek mora biti enotno za celotno projektno dokumentacijo, ki jo je dolžan izdelati izdelovalec.

Vmesno delovno gradivo se oddaja v elektronski obliki.

Izvajalec mora naročniku predati delujoč in brezhiben digitalni dvojček, ki vključuje vse module in numerične modele za dogovorjene lokacije, izdelane skladno z enotno metodologijo. Vsak model mora biti tehnično preverjen, stabilen, pripravljen za takojšnjo uporabo in opremljen z ustrezno dokumentacijo. Modeli morajo vključevati predvidene avtomatizirane module za vključevanje vhodnih podatkov ter omogočati nadaljnji razvoj in nadgradnjo vseh sklopov digitalnega dvojčka. Digitalni dvojček mora biti odprt in prilagodljiv za nadaljnjo uporabo ter mora naročniku omogočati ustrezno podporo, vključno z osnovnim izobraževanjem za samostojno uporabo in vzdrževanje modela, ter mora delovati na lokaciji IzVRS.

Uspešen projekta je, ko naročnik potrdi ustreznost delovanja v produkcijskem okolju naročnika in ustreznost povezane dokumentacije ter drugih izdelkov.

11. NAČIN OBRAČUNAVANJA IN PLAČILA

Način obračunavanja in plačevanja storitev se izvaja skladno s pogodbo in zahtevami iz tega dokumenta. Plačila se izvedejo po potrditvi posameznega mejnika s strani naročnika.

Prvo plačilo se izvede po potrditvi prvega mejnika. Po zaključku prvega mejnika se lahko dinamiko plačil uskladi z »Gantogramom za izvedbo aktivnosti celotnega projekta iz delovnih paketov«, ki je predmet mejnika 1 (M1.1). Spremembo plačila se v tem primeru uredi z aneksom k pogodbi.