

Rīgas Tehniskā universitāte

**Lietišķās Matemātikas
institūts**



**Latvijas
vides
aizsardzības
fonds**

Pazemes ūdens bilance Latvijā

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

Rezultātu publicēšana

Projekta informatīvais pārskats par 4. etapu

Rīga – novembris, 2025

Pazemes ūdens balance Latvijā

Rezultātu publicēšana

Latvijas vides aizsardzības fonda projekta informatīvais pārskats par 4. etapu

Atskaitē ir aprakstīta interaktīvas kartes izveide, ar kuras palīdzību tiek apkopoti un publicēti projektā ar modeli LAMO4 iegūtie rezultāti par pazemes ūdens resursu pieejamību ar urbumu debitiem $10 \text{ m}^3/\text{dnn}$ un $100 \text{ m}^3/\text{dnn}$ apmērā pamatiežu ūdens horizontos ikvienā Latvijas vietā.

Pārskatā kopā ir 13 lappuses, 6 attēli.

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

Adrese:

Rīgas Tehniskā universitāte, Lietišķās Matemātikas institūts

Zunda krastmala 10 , Rīga, LV-1048, Latvija

Tālr. +371 22023316

E-pasts: Irina.Eglite@rtu.lv

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

Saturs

1	Ievads.....	2
2	Risinājuma arhitektūra.....	3
3	Saskarne un datu pieprasījuma apstrāde.....	6
4	Izstrādātās mājaslapas programmatūra un dati.....	11
5	Vietnes lietošanas instrukcija	12
6	Secinājumi	13

1 Ievads

Esošā projekta ietvaros iepriekšējos etapos tika veikta daļēji konkurenta artēzisko urbumu ekspluatācijas modelēšana ar pazemes ūdens ieguves debitiem $10 \text{ m}^3 \text{ dnn}$ un $100 \text{ m}^3 \text{ dnn}$ apmērā, ikvienai Latvijas vietai ik pēc 250 metriem, no Ketlera ūdens horizonta līdz Arukilas ūdens horizontam. Tas nozīmē, ka modelēšanas rezultāti sauszemes teritorijā ir pieejami ne tālāk par 177 metriem no izvēlētās vietas. Izņēmumi ir teritorijas, kur piesaistīti reģionālā hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 hidrogrāfiskā tīkla objekti – upes, ezeri un jūra; kā arī lielo, industriālo urbumu piesaistes vietas. Datu apjoms – modelēšanas eksperimentu rezultāti vairāk nekā 900 tūkstoši urbumiem. Projekta otrajā etapā šie rezultāti tika apkopoti MS ACCESS datubāzē ar atsevišķām tabulām katram pazemes ūdens horizontam.

Esošā etapa ietvaros ir nepieciešams izstrādāt interaktīvu WEB vidē strādājošu līdzekli – mājas lapu, kurā tiktu nodrošināta piekļuve iegūtajiem modelēšanas rezultātiem ikvienam interesentam. Papildus ir nepieciešams apraksts ar skaidrojumiem tabulārai datu kopai un vietnei kopumā.

Esošā etapā risināmais uzdevums ir līdzīgs jau LVAF projektā “Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 pilnveidošana un tā rezultātu publiskošana” realizētajam [5. etapā](#). Pamata atšķirības rodamas datu bāzes un atsevišķās mezgla datu tabulas struktūrā.

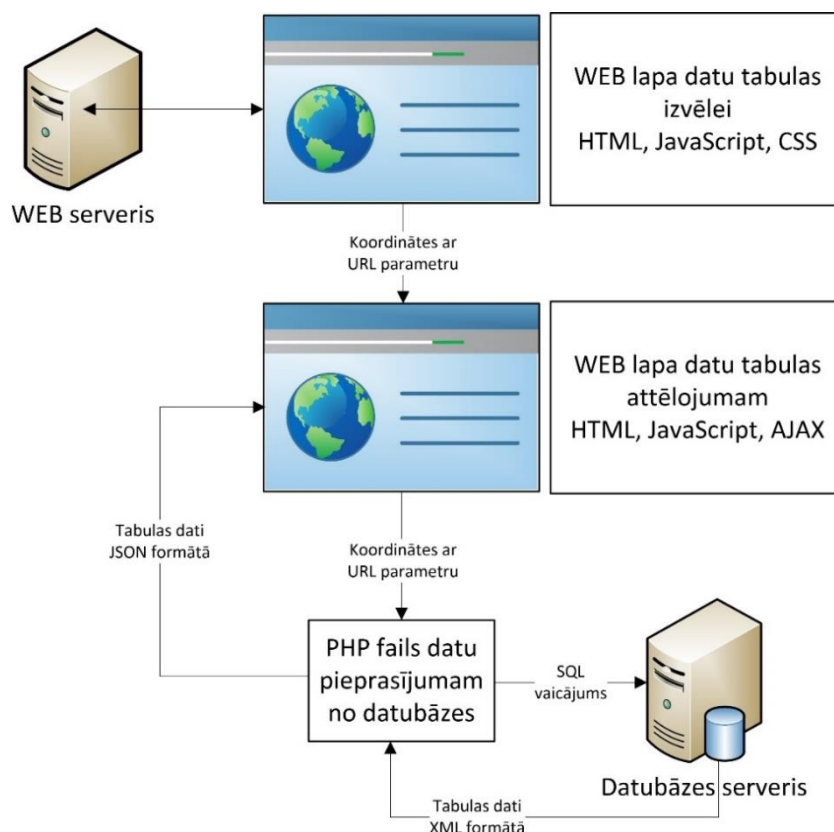
2 Risinājuma arhitektūra

Vietnes arhitektūras izstrādē tiek ietverti trīs pamata elementi – kā tiek glabāti dati, kāds izskatīsies šo datu attēlojums mājaslapā un kādā veidā glabātie dati tiks iegūti un pārveidoti attēlojumā, jeb Model-View-Controller princips, kur Model ir datu bāzes tabulu kopa, View ir lietotāja saskarne mājaslapā, bet Controller – algoritmu kopa, kas savieno datubāzi un lietotāja saskarni.

Izvēlētā ACCESS datu bāze ir pietiekama, lai vienam atsevišķam lietotājam būtu pieejams tās saturs. Tajā pat laikā šis risinājums ir nederīgs daudzlietotāju režīmam. Līdz ar to dati no ACCESS datu bāzes tika importēti MySQL datu bāzē, kas ir optimizēta WEB videi. Tomēr, iepriekš izstrādātais formāts ar vairākām tabulām datubāzē nebija uzskatāms par ērti lietojamu publicēšanas vajadzībām – šāds risinājums prasītu vairākus SQL vaicājumus vienas urbuma tabulas ģenerēšanas vajadzībām. Lai apvienotu urbumu datus dažādiem pazemes ūdens horizontiem vienā tabulā, tika izstrādāta šim nolūkam speciāli paredzēta datorprogramma (ar Intel Visual Fortran).

MySQL datubāze ar vismaz 2GB kvotu un daļēji mājaslapas risinājums realizēts, izmantojot maksas hostingu <https://ifastnet.com/>. Servisa apmaksa vietnes uzturēšanai nav iekļauta esošā projekta izmaksās, tā šobrīd tiek segta no privātiem līdzekļiem.

Kopējā risinājuma shēma skatāma 2.1. att., tā ir identiska LVAF projektā “Latvijas hidroģeoloģiskā modeļa LAMO4 pilnveidošana un tā rezultātu publiskošana” (LVAF 1-08/166/2020) 5. etapā realizētajai.



2.1. att. Mājaslapas arhitektūra

Datu tabulu attēlojumam izmantots sekojošs risinājums – HTML formāta [WEB lapa](#) ar tajā attēlotu Latvijas karti un iespēju izvēlēties interesējošu datu tabulu, izvēloties to ar peli uz kartes vai arī ievadot interesējošās koordinātes atsevišķā ievades logā.

Izvēles rezultāts – datu tabula no LAMO4 datiem, koordināšu precizitāte līdz 177 metri, atkarībā no tā, cik tuvu atrodas izvēlētais punkts no mezgla modelī. Pāreja no attēla pikseļu koordinātēm uz LKS92 koordinātēm, datu pieprasījums un attēlojums tiek realizēts ar programmēšanas valodas JavaScript līdzekļiem.

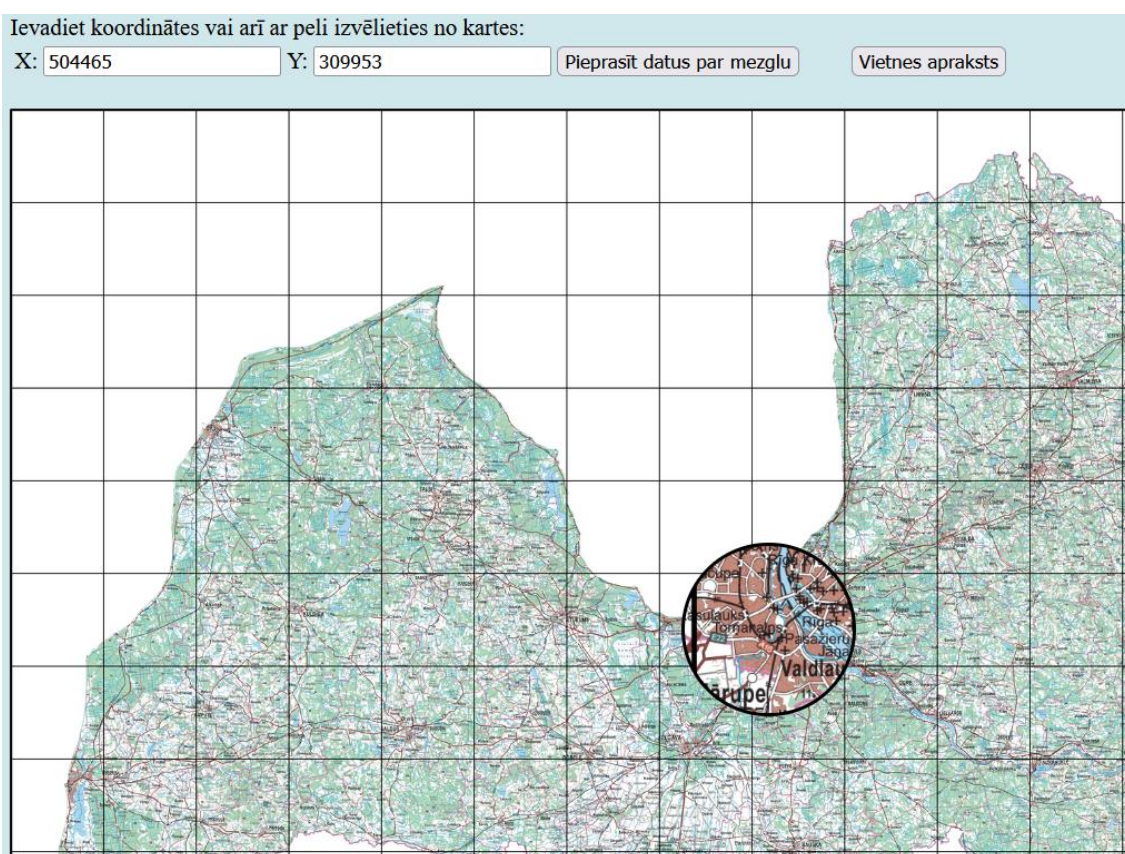
Datu pieprasījums starp dažādām WEB lapā tiek realizēts ar parametru uzdošanu URL adresē. Datu iegūšana no MySQL datu bāzes notiek, izmantojot drošu, uz AJAX tehnoloģijas bāzētu pieprasījumu, kur ar WEB URL adresi tiek nosūtīts pieprasījums datiem izvēlētam mezglam, servera pusē PHP valodā rakstīts skripts izdara SQL pieprasījumu datu bāzei un, saņēmis tos, atgriež datus par mezglu JSON formātā (JavaScript valodas datu apmaiņas formāts). Šī pieeja aizsargā datubāzi no nevēlamām

satura izmaiņām, jo izsaucot PHP failu izpildei, tiek saņemti tikai dati nevis skripta saturs, bez datubāzes adreses, lietotāja vārda un lietotāja paroles sūtīšanas interneta vidē. Esošais risinājums ļauj aizsargāt datu bāzi no izmaiņām.

Salīdzinot ar iepriekšējos LVAF projektos (LVAF 1-08/166/2020 un LVAF 1-08/58/2022) realizēto datu pieprasījuma veidu, lapas ātrākai darbībai tika nomainīta urbuma meklēšana pēc X un Y koordinātes, kas ir divi lauki tabulā, uz vienu – unikālu id, kas apvieno X un Y koordinātes.

3 Saskaņe un datu pieprasījuma apstrāde

Saskarnes izveidei par pamata karti Latvijai tika izmantota LĢIA publiski brīvi pieejamā Latvijas Republikas pārskata karte mērogā 1:250 000. Kartes attēls tika grafiski apstrādāts, aizklājot ārpus Latvijas esošās kartes daļas. Attēla pikseļu koordinātes ar JavaScript palīdzību tiek pārrēķinātas uz ģeogrāfiskām koordinātēm. Ņemot vērā to, ka datora ekrānā pilna izmēra Latvijas karte detalizācijas ierobežojumu dēļ nav labi skatāma, peles kursora tika papildināts ar palielināšanas apgabalu, par pamatu izmantojot w3schools.com doto JavaScript paraugu “Image Magnifier Glass”. Izvēlētais koordinātes no peles kursora ar JavaScript starpniecību tiek nosūtītas uz koordinātu ievades logiem, skat. 3.1. att.



3.1. att. WEB lapas saskaņe

Izvēle izdarāma divējādi:

1. Uzdotot koordinātes tieši, “X” un “Y” lodziņos, un tad nospiežot pogu “Pieprasīt datus par mezglu”.
2. Ar peles klikšķi izvēloties vietu uz kartes ar “Palielinājuma stiklu”.

Abos gadījumos koordinātes tiek transformētas par LAMO4 tuvākajām mezgla koordinātēm, izvadot par to atbilstošu paziņojumu. Izvēlētās koordinātes tiek noapaļotas līdz tuvākajām LAMO4 mezgla koordinātēm.

Līdz ar pogas “Pieprasīt datus par mezglu” nospiešanu vai arī peles kreisā taustiņa klikšķa izdarīšanu JavaScript funkcija izsauc datu tabulas lapu “tabula_urbumi.php”. URL adresē tiek pievienots parametrs q, ar kura palīdzību serverim tiek nodots urbuma id, kas ir apvienotas meklētā urbuma koordinātes. Lapa “tabula_urbumi.php” sākotnēji veido tukšu datu tabulu, un, izsaucot uz datubāzes servera esošo failu “db3.php”, tiek gaidīts datu tabulas saturs JSON formātā.

Līdzīgi kā iepriekš, “db3.php” saņem informāciju par urbuma id ar URL parametra starpniecību. Tādējādi, “db3.php” saņemtās koordinātes izmanto SQL vaicājuma formēšanā MySQL datubāzei, ar tālāku iegūto datu nosūtīšanu lapai “tabula2.php”. Saņemto datu piemēra fragments skatāms 3.2. att.



3.2. att. Faila "db3.php" datu tabulas saturs JSON formātā

Saņemtie dati tiek dekodēti un dinamiski pievienoti aizvietojošā faila “tabula_urbumi.php” sākotnēji tukšo tabulu. Gadījumā, ja ir izvēlēts punkts ārpus Latvijas teritorijas vai arī tas atrodas upes, ezera vai jūras piesaistes zonā, “db3.php” atgriež tukšu failu, savukārt lapa “tabula_urbumi.php” šajā situācijā izvada atbilstošu paziņojumu, skat. 3.3 att.

Artēziskā urbuma debītu prognoze

Ūdens horizonts	Statiskais ūdens līmenis	Ūdens līmenis pie debītiem 10 m ³ dnn	Ūdens līmenis pie debītiem 100 m ³ dnn	Ūdens horizonta 20% nosusināšanas līmenis [m vjl]	Ūdens līmenis 6.3m virs slāņa pamatnes [m vjl]	Ūdens līmeņa rezerve pie debītiem 10 m ³ dnn	Ūdens līmeņa rezerve pie debītiem 100 m ³ dnn

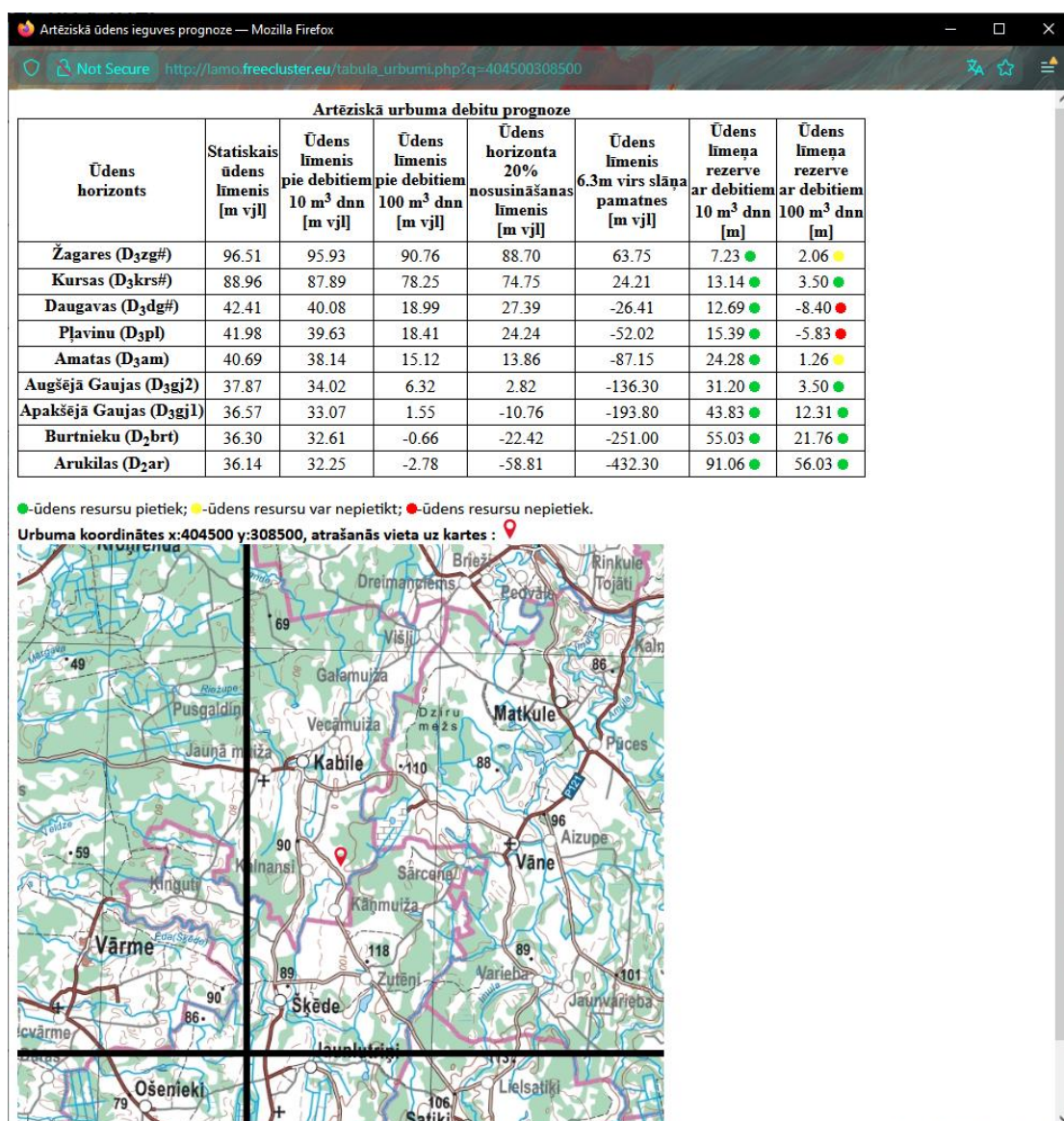
lamo.freecluster.eu

Dotās koordinātēs nav veikta urbumu debītu prognožu modelēšana. Izvēlieties citu punktu uz kartes

OK

3.3. att. Paziņojums situācijā, kur izvēlēta vietā netika veikta debītu modelēšana

Situācijā, kur izvēlēta urbuma koordinātes atbilst Latvijas sauszemes teritorijai, un neatrodas vietās, kur LAMO4 modelī ir piesaistīts hidrogrāfiskais tīkls vai arī industriālo urbumu tiešā tuvumā, tiek sagaidīta artēziskā urbuma debītu prognozes tabula ar tajā iekļautiem datiem par katru šajā vietā klātesošo pazemes ūdens horizontu, no Ketlera ($D_{3ktl\#}$) līdz Arukilas (D_{2ar}), skat. 3.4. att.



3.4. att. Datu pieprasījuma rezultāts, lapa tabula_urbumi.php

Pēc projekta LVAF 1-08/58/2022 beigām piesārņojuma kustības datu tabulas lapa tika papildināta ar grafisku informāciju par piesārņojuma kustības sākumpunktu un galapunktu. Šī pieeja tiek izmantota esošā projektā, lai grafiski attēlotu urbuma atrašanās vietu uz kartes. Tāpat, urbuma debītu dati ir papildināti ar vizuālu informāciju par to vai ir pieļaujama urbuma ierīkošana izvēlētajā pazemes ūdens horizontā ar ieguves debītiem $10 \text{ m}^3 \text{ dnn}$ vai $100 \text{ m}^3 \text{ dnn}$. Ir izmantots luksofora princips – gadījumā ja pazemes ūdens līmenis pie izvēlētajā debīta ir zemāks par pieļaujamo – sarkanā gaisma, savukārt, pieļaujamo pazemes ūdens līmeni apraksta dzeltenās un zaļās gaismas simbols tabulas Ūdens līmeņa rezerves kolonnā. Dzeltenā gaisma atbilst situācijai, kur pazemes ūdens līmeņa rezerve pie urbuma debīta $10 \text{ m}^3 \text{ dnn}$ ir 0 līdz 1 metrs, bet pazemes ūdens līmeņa rezerve pie urbuma debīta $100 \text{ m}^3 \text{ dnn}$ ir 0 līdz 3 metrs. Ņemot vērā to, ka debītu modelēšana ir veikta izmantojot reģionālo modeli, kas pēc būtības satur vien aptuvenus datus, pazemes ūdens līmeņa novērtējums ar dzeltenu gaismas signālu ir izvēlēts piesardzības nolūkā.

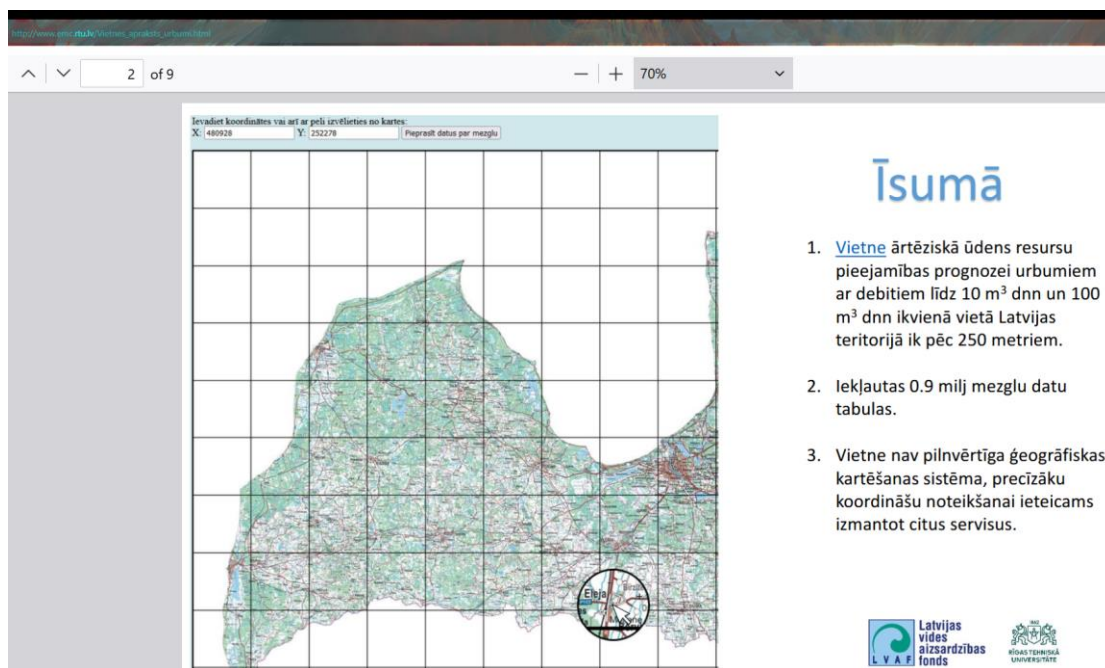
4 Izstrādātās mājaslapas programmatūra un dati

Nemot vērā to, ka WEB vietne “lamo_vulnerability.htm” un tās klienta daļa kopā ar “tabula_urbumi.php” u.c. pavadošiem failiem ir publiski pieejama no mājaslapas http://www.emc.rtu.lv/lamo_urbumi.htm, tad informācija, kas nav pieejama, ir servera faila “db3.php” saturs. Tā saturs ar aiz * simboliem paslēptiem autentifikācijas datiem:

```
<?php
header('Content-Type: text/html; charset=utf-8');
$servername = "****";
$username = "****";
$password = "*****";
$dbname= lamo_urbumi;
try {
    $conn = new PDO(
        "mysql:host=$servername;dbname=$dbname",
        $username, $password,array(PDO::MYSQL_ATTR_INIT_COMMAND
=> "SET NAMES utf8"));
    $conn->setAttribute(PDO::ATTR_ERRMODE,
        PDO::ERRMODE_EXCEPTION);
} catch(PDOException $e) {
    echo "Connection failed: "
        . $e->getMessage();
}
$q = $_REQUEST["q"];
$id=strval($q);
$stmt = $conn->prepare("SELECT * FROM Urbumi where id=:q");
$stmt->execute(['q' => $id]);
$row = $stmt->fetch();
$data=array();
$data[]=$row;
echo json_encode($data, JSON_INVALID_UTF8_IGNORE);
?>
```

5 Vietnes lietošanas instrukcija

WEB vietnei pievienots apraksts par to, kā iegūt nepieciešamos hidroģeoloģiskos datus, kāda nozīme ir tabulā iekļautām. Pieejams no mājaslapā pievienotās pogas “Vietnes apraksts”. Nospiežot to atveras lapa “[Vietnes apraksts urbumi.html](#)” (skat. 5.1. att.) ar tajā iegultu “Vietnes_apraksts_urbumi.pdf”, ko ir iespējams lejupielādēt atsevišķi.



5.1. att. Vietnes apraksta fragments

6 Secinājumi

Projekta ceturtnā etapā “Rezultātu publicēšana” atbilstoši darba uzdevumam tika realizēti sekojoši punkti:

1. WEB vietnē publicēta interaktīva karte ar ūdens ieguves debitiem ikvienā vietā Latvijas teritorijā. (http://www.emc.rtu.lv/lamo_lv.htm, http://www.emc.rtu.lv/lamo_urbumi.htm).
2. WEB vietnē publicēta lietotāja instrukcija izstrādātai sistēmai.

Atskaite publicēta mājaslapā http://www.emc.rtu.lv/LVAF_2024.htm.